



Im Test:
RasPi-Alternativen

Smarter Geigerzähler

- Für 60 Euro
- WLAN-fähig mit ESP8266
- Alarm per E-Mail
- Messdaten im Netz teilen



ESP-Projekte

- Kaffee-Tabs-leer-Warner
- Lebend-Mausefalle mit Kamera
- Funkfernsteuerung für Werkstatt

Werkstatt

- Drechseln mit dem Akkuschauber
- Hilft: Anschlag für Bandschleifer
- Low-Cost-3D-Drucker in Farbe

Makro-Keypad

- Tasten mit RGB-Beleuchtung
- Frei programmierbar
- Status-Display



3D-Scanner

- Von gratis bis 700 Euro
- Mega detailliert
- Techniken im Praxistest



3/22
2.6.2022
CH CHF 25.80
AT 14,20
Benelux 15,20
€ 12,90



Neuer Input für Maker

Make Elektronik Special

Make Elektronik Special bietet einen einfachen und praxisorientierten Einstieg in Transistorschaltungen, die Maker in eigenen Projekten einsetzen können. Das mitgelieferte Experimentierset inkl. Breadboard, Kabeln und 45 Elektronikbauteilen enthält alles, um die gezeigten Schaltungen sofort nachbauen und testen zu können.

Heft+PDF für 44,95 €

Auch als einzelnes Heft erhältlich!

 shop.heise.de/make-elektronik21



Inklusive Experimentier-Set und Breadboard

Make Micropython Special

Diese Make-Sonderausgabe zeigt Ein- und Umsteigern, wie man mit MicroPython leicht und schnell eigene Projekte mit dem ESP32 umsetzt.

Wie immer in Make Specials geht's sofort in die Praxis mit Audio-Projekten, einer CO₂-Ampel und mehr.

Heft+PDF für 19,90 €

Auch als einzelnes Heft erhältlich!

 shop.heise.de/make-micropython



Make Picaxe Special

Noch einfacher als Arduino: Im neuen PICAXE Special der Make dreht sich alles um den Einstieg ins Programmieren mit BASIC. Dazu gibt es ein neuentwickeltes Programmierboard für den Einsatz von PICAXE-Chips, das Nano-Axe-Board mit USB-Anschluss. Damit können Sie sofort starten!

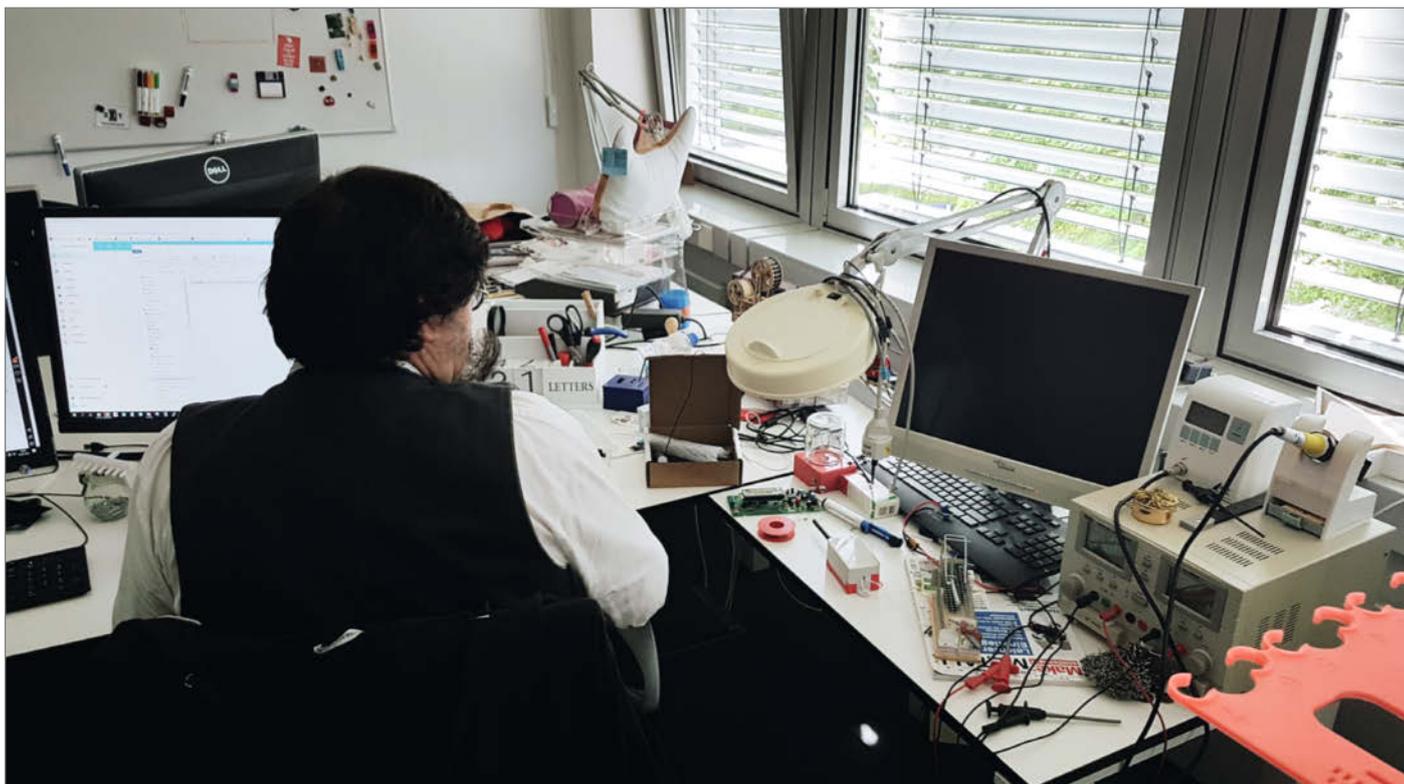
Heft+PDF für 24,95 €

Auch als einzelnes Heft erhältlich!

 shop.heise.de/make-picaxe



Inklusive Nano-Axe-Board mit PICAXE-08M2



Mitmachen! In echt!

Den Aufruf zum Mitmachen bei der Make haben Sie im Heft und womöglich online schon des Öfteren gelesen: Projekte einreichen, Meinungen und Wünsche äußern, eigene Erfahrungen schildern, als Autor Artikel veröffentlichen. Diesmal meine ich das „Mitmachen“ aber im tieferen Sinn – Mitarbeiten in der Redaktion.

Wir suchen Maker für die Redaktion und Social Media! Auf den Seiten 39 und 57 finden Sie unsere offiziellen Stellenanzeigen – hauptsächlich und etwas zurückhaltend formuliert von unserer Personalabteilung. Ich möchte aber ein bisschen aus dem Nähkästchen plaudern, damit Sie einen kleinen Einblick in unsere Arbeit bekommen. Im Kern sind wir ein technikbegeisterter Haufen, der am liebsten den ganzen Tag Dinge ausprobiert, Geräte auseinandernimmt, grillt, Projekte nachbaut, konstruiert und programmiert und den anderen davon erzählt. Wir dürfen den ganzen Tag spielen! Eigentlich ein Traumjob (siehe Wimmelbild oben).

Wenn da nicht immer diese Artikel wären. Für unsere Leser. Das Leben ist kein Ponyhof. Und so schreiben wir nebenbei noch unsere Texte. Denn grundsätzlich erklären wir alle immer sehr gerne, was wir gerade entdeckt, gelernt, gebaut oder auch verbockt haben und schreiben darüber. Mal in langen Übersichten, mal in kurzen Tests. Wir verstehen uns als die technischen Reisebegleiter, die Sie zu den wichtigsten Punkten führen, über Hängebrücken helfen und bei

blockierten Wegen eine Alternativroute suchen. Klar, dass wir dazu die Reise schonmal selbst gemacht haben müssen ...

Apropos Alternativroute: Wir sind eine agile Redaktion. Pläne kann man machen, aber auch kurzfristig über den Haufen werfen, etwa wenn wir merken, dass wir mit dem Plan daneben liegen oder Umstände eine Änderung erfordern. Wie beim Titelthema „Smarter Geigerzähler“. Eigentlich waren CAD-Programme geplant, aber durch den Krieg in der Ukraine werden undichte Atomkraftwerke zum Problem und der Einsatz von Atomwaffen ist plötzlich denkbar. Und dazu machen wir uns natürlich ernsthafte Gedanken!

Vielleicht kennen Sie ja jemanden (Frage für einen Freund), der Lust hat, sich künftig mit uns zusammen Gedanken zu machen? Zum Schluss noch ein Bonmot von Redaktions-„Urgestein“ Carsten Meyer, das unsere Arbeit treffend beschreibt: Der Artikel ist fertig, er muss nur noch geschrieben werden!

Daniel Bachfeld

Daniel Bachfeld

► make-magazin.de/xx53

Sagen Sie uns Ihre Meinung!

mail@make-magazin.de

Inhalt

Makro-Keypad

Sie werden staunen, wie schnell Sie unsere kleine Makro-Tastatur nicht mehr missen wollen: Aus dem eher unrühmlichen RubberDucky-Hackertool entwickelte unser Autor ein Zusatz-Keypad mit luxuriösen Makro-Funktionen, kontextabhängig beleuchteten Tasten und einem Display, das die aktuelle Tastenbelegung anzeigt.

32 Intelligentes Makro-Pad



Smarter Geigerzähler

Messen ist immer besser als schätzen, vor allem bei unsichtbaren Gefahren: Wenn sich unerfahrene Spezialoperatoren durch die Wildnis um die Geisterstadt Prypjat wühlen, setzen sie nicht nur ihre eigene Gesundheit aufs Spiel – der aufgewirbelte Fallout kann bis in hiesige Breiten getragen werden. Unser Geigerzähler warnt nicht nur davor, er kann sogar feststellen, ob die Strahlung alter Leuchtziffer-Uhren, Glühstrümpfe und Objektiv-Linsen auch wirklich harmlos ist.

8 Eigenbau-Geigerzähler mit Alarm

- 3 Editorial
- 6 Leserforum
- 8 **Projekt: Smarter Geigerzähler**
- 17 Maker Faire: Endlich wieder – Besuch auf der Maker Faire Ruhr
- 18 **Test: Raspi-Alternativen in der Chipknappheit**
- 24 Werkstattberichte: Neues aus der Maker-Szene, Comic
- 26 **Test: 3D-Scanner für Maker**
- 32 **Projekt: Makro-Keypad**
- 40 **Projekt: Kaffee-Tabs-leer-Warner**
- 46 Projekt: Zugangskontrolle mit RFID
- 52 Make Education: LED-Armbänder
- 58 Community-Projekte: PICADE 3D-Spielautomat
- 60 Community-Projekte: Leitfähigkeitsbasierte Pegelanzeige
- 62 Community-Projekte: Sonnensystem Pluto
- 64 **Projekt: Funkfernsteuerung für die Werkstatt**
- 70 **Projekt: Lebend-Mausefalle mit Kamera**

ESP-Projekte

Damit der kulturfolgende Nager nicht allzu lange darben muss, überwacht ein ESP32 unsere Lebend-Mausefalle und liefert bei einem Fang sogar Live-Bilder vom Geschehen. Fürsorgliche Arbeit leistet auch das Warngerät für zur Neige gehende Kaffee-Tabs – dann denkt der koffeinbeflügelte Geist auch rechtzeitig an Nachschub.

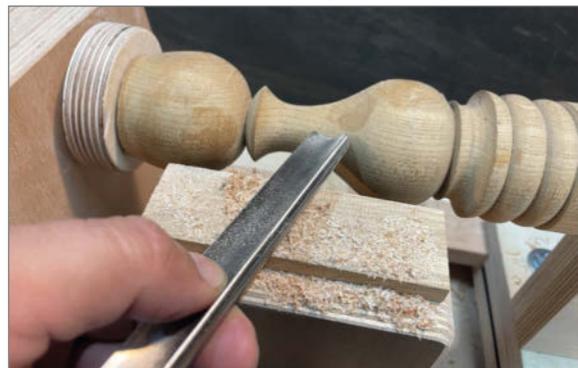
- 40 Kaffee-Tabs-leer-Warner
- 64 Funkfernsteuerung für Werkstatt
- 70 Lebend-Mausefalle mit Kamera



Werkstatt

Zwei Projekte mit Holz, eines mit Plastik: Aus einem Akkuschauber und einer Handvoll einfacher Teile entsteht eine kleine Drechselbank, und unser Bandschleiferhalter vervielfacht die Möglichkeiten des Werkzeugs. Außerdem: Ein modifizierter 3D-Drucker verschönert Kunststoff-Elaborate nun mit farnefrohen Akzenten.

- 82 Drechseln mit dem Akku-Schauber
- 88 Anschlag für Bandschleifer
- 92 Low-Cost-3D-Drucker in Farbe



- 76 Reingeschaut; uDraw Game Tablet PS3
- 78 Report: Chipkrisenmanagement
- 82 **Projekt: Drechseln mit dem Akku-Schauber**
- 88 **Projekt: Anschlag für Bandschleifer**
- 92 **Projekt: Farb-3D-Drucker**
- 98 Tipps & Tricks: CO₂-Druckluft, Magnetkontakte, Backpapier-Klebeschablonen
- 100 Report: Amiga-Audio-Digitizer
- 102 Projekt: Magnetischer Vielzweck-Testaufbau
- 106 Workshop: Raspberry-Pi-Gehäuse mit FreeCAD, Teil 5
- 110 Kurzvorstellungen: Mobiles Netzteil, PiSquare-Multiplexer, Tello-Drohne, Raspizero-Soundkarte, Smartmeter-Lesekopf, Gewichtssensoren, Photogrammetrie-App, Computer Engineering für Babies, Maker-Grillprojekte, Blender-Handbuch
- 114 Impressum/Nachgefragt

Themen von der Titelseite sind rot gesetzt.

3D-Scanner

Überraschend detaillierte Scans zeugen davon, wie enorm viel sich im Bereich der 3D-Scanner inzwischen getan hat: Wir haben aktuelle 3D-Technik von gratis bis rund 700 Euro ausprobiert – und sind von den derzeit mit Photogrammetrie- und Structured-Light-Verfahren zu erzielenden Ergebnissen nachhaltig fasziniert.



- 26 3D-Scanner für Maker

Leserforum

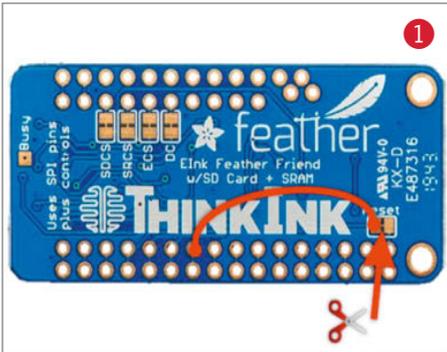
Fehlende Verbindung

Digitaler Bilderrahmen mit ePaper,
Make 2/22, S. 12

Leider ist uns bei der Beschreibung der Verkabelung ein Fehler unterlaufen. Der einfachste Fix: Das Kabel, das RST mit Pin 7 des FeatherS2 verbindet (leider hat das Adafruit-Board Feather-Friend ja keine Pinnummern) nun mit Pin 5 des FeatherS2 verbinden ①. Das BUSY-Kabel kann dran bleiben, wird aber nicht benötigt. Mit dieser Methode müssen keine Codeänderungen vollzogen werden.

Alternativ kann auch die Verbindung von Pin 7 des FeatherS2 nach unten zum FeatherFriend hergestellt werden. Dann muss im Code in Zeile 42 bei `*RST=*` die 5 in eine 7 verändert werden.

Hilft das noch nicht, unter `display.clearScreen()`; noch `delay(20000)`; und hinter `display.drawNative(...)`; noch `delay(30000)`; setzen.



Vorsicht mit Druckluft

Pneumatik: Grundlagen für Maker,
Make 2/22, S. 44

Beim Besuch des Weltkulturerbes Völklinger Hütte bin ich auf das im Bild ② gezeigte Warnschild gestoßen. Ich musste direkt an Euren Warnhinweis zur Verwendung von Druckluft denken. Das Eisenwerk wurde 1986 stillgelegt und das Schild dürfte noch viel älter sein.

Peter Auer

Vielen Dank für das Foto! Wir wollen als Deutschlands gefährlichstes DIY-Magazin Ihre Mail zum Anlass nehmen, Fotos von alten Warnschildern zu sammeln. Wir freuen uns über Bildzuschriften an mail@make-magazin.de.

Wohnraum-Lüftungssystem

Das Taupunkt-Lüftungssystem,
Make 1/22, S. 22

Das Projekt Taupunkt-Lüftungssystem trifft genau ins Schwarze. Alle mir bekannten Bastler sind begeistert. Bei diversen Diskussionen ist jetzt vielfältig der Wunsch nach einem „Wohnraum-Lüftungssystem“ aufgekommen (Einzelraumlüftung, Luftqualität, CO₂, ...). Darf ich Ihnen dieses Thema für ein zukünftiges Projekt ans Herz legen?

Alois Gebhardt



Danke für das Lob und natürlich freuen wir uns, dass das Projekt auf so reges Interesse stößt. Bei ein paar Detailverbesserungen und Erweiterungen sind wir bereits mit Autoren im Gespräch, aber ein umfassendes, durchkonzipiertes und notwendigerweise modulares Lüftungssystem können wir leider nicht mit den Kräften der Redaktion entwickeln. Die Redaktion freut sich allerdings stets über weitere Artikelangebote rund um das Thema Haus- und Klimatechnik.

Wirklich nachhaltig?

Kurzvorstellungen: SneakerKit,
Make 2/22, S. 110

Mit dem Thema „Nachhaltigkeit“ wird in letzter Zeit sehr verschwenderisch umgegangen, so auch in diesem Artikel. Das wesentliche Verschleißteil eines Schuhs ist die Sohle. Diese kann man nur insgesamt austauschen und das für 50 Euro(!), indem man ein komplettes Basis-Set kauft und viel Arbeit investiert. Für 90 Euro erhält man also einen ziemlich primitiven Schuh, der in keiner Weise nachhaltiger ist als ein im Laden gekaufter, wo man für den gleichen Preis mindestens ein Innenfutter bekommt. Die vorgestellte Option, das Oberleder auszutauschen, halte ich für ausgesprochen theoretisch – das war in meinem Leben noch nie notwendig. Bitte geht ein bisschen kritischer mit der Nachhaltigkeit um!

Peter Danisch

Im ergänzenden Online-Artikel (siehe Link) beschäftigen wir uns mit dem Thema Nachhaltigkeit von Sneakern etwas intensiver, auch im Forum dazu wurde das Thema aus unterschiedlichen Perspektiven sehr aktiv diskutiert. Zur Frage der Nachhaltigkeit gekaufter Schuhe lohnt sich auch ein Blick auf das investigative Projekt „Sneaker-jagd“, ebenfalls im Online-Artikel verlinkt.

► heise.de/-6338069

Kontakt zur Redaktion

Leserbriefe bitte an:

heise.de/make/kontakt/

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

 www.facebook.com/MakeMagazinDE

 www.twitter.com/MakeMagazinDE

 instagram.com/MakeMagazinDE

 pinterest.com/MakeMagazinDE

 youtube.com/MakeMagazinDE

Korrekturen

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

Abheben von der Massenware

Nano-Axe-Netzwerktester, Make 1/22, S. 52

Der Netzwerktester ist ein nettes Projekt für Maker, die sich für den Picaxe und etwa sinnvolle Hardware interessieren. Aber bei Materialkosten von 23 Euro bekommt man schon ein Netzwerk-Crimp-Set in der elektronischen Bucht inklusive Steckern.

Aber das ist nicht der eigentliche Grund für meine Anmerkung. Sondern: Der vorgestellte Tester hat meines Erachtens genau wie die käuflichen Tester das Problem, dass man beim Testen immer wieder hin- und herlaufen muss, um die LED an beiden Enden zu kontrollieren. Dabei dauert es zu lang, um jedes Mal die komplette Sequenz der LED anzuschauen.

Mit kleiner Veränderung könnte man beim Selbstbau-Tester aber einen Mehrwert

einbauen: Statt an beiden Enden LEDs dann leuchten zu lassen, wenn eine Kabelstrecke funktioniert, könnte man am Empfänger jeweils die Kabelpaare elektronisch verbinden. Wenn dann der Sender zum Beispiel die Kabelstrecke „blau“ auf *High* stellt, sollte der Sender sofort an „blau/weiß“ das *High*-Signal empfangen und beide Zustände durch LED anzeigen (also „senden“ und „empfangen“). So könnte man das Kabel bequem von einem Ende aus prüfen. Klar weiß man bei einem Fehler nicht, ob ein Kabelbruch vorliegt oder schlicht Kabel vertauscht wurden. Aber unabhängig von der Anzeige des Kabeltests würde man eh' die beiden Stecker genau anschauen und im Zweifel neu verdrahten.

Das als kleine Inspiration, um sich von der Massenware abzuheben. :-)

Stefan Zeidler



3

Alle Jahre wieder beliebt

Fernseh-Star, Make 2/18, S. 66 und Nistkasten 2.0, Make 1/21, S. 28

An dieser Stelle vielen Dank für den Artikel, das Projekt hat meine Familie und mich begeistert und dank der Kaufempfehlung für die Kamera war schnell der in der Schule von den Kindern gebaute Nistkasten umgebaut. Nachdem letztes Jahr die Meise leider ein Ei zurückgelassen hat, haben wir seit einem Monat eine neue Dauermieterin, die nun schon seit sieben Tagen beharrlich brütet. Für die Kinder (und uns auch) ist der Blick auf das Kamerabild immer wieder faszinierend 3.

N.N.



LEGO®-Inspirationen für jedes Alter

Meisterkonstrukteur und LEGO®-Koryphäe Yoshihito Isogawa zeigt dir in seinem neuen Buch, wie du Kurbeln, Winden, Türen und Rotoren baust, um Windkraftanlagen, einen Spirographen u.v.a.m. zu betreiben. Ganz nebenbei lernst du grundlegende Prinzipien aus Mechanik und Maschinenbau kennen – und erhältst Ideen, um eigene Wunderwerke zu erschaffen.

192 Seiten · 24,90 €
ISBN 978-3-86490-899-6



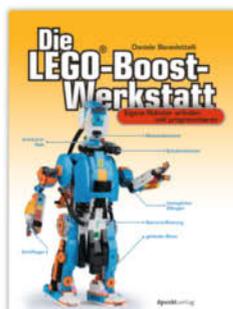
Bundle up!
Print & E-Book
www.dpunkt.de



ca. 248 Seiten · ca. 26,90 €
ISBN 978-3-86490-905-4



274 Seiten · 27,90 €
ISBN 978-3-86490-897-2



272 Seiten · 26,90 €
ISBN 978-3-86490-644-2



316 Seiten · 29,90 €
ISBN 978-3-86490-856-9

© Copyright by Maker Media GmbH.

 dpunkt.verlag

Eigenbau-Geigerzähler mit Alarm

Was tut sich so strahlungsmäßig in der Umwelt? Hoffentlich trotz Ukraine-Kriegs nichts. Mit diesem Projekt können Sie aber sicher gehen, ob der Salat aus dem Garten sein strahlendes Aussehen wirklich nur Ihrem grünen Daumen verdankt. Und falls sich an der Radioaktivität etwas auffällig ändert, schlägt der Geigerzähler sofort Alarm.

von Heinz Behling und Helga Hansen



Radioaktivität (siehe Kasten: *Die drei Strahlungsarten*) ist stets um uns herum. Die natürliche Strahlung, die ihre Ursache in radioaktiven Elementen in Erdboden und Luft sowie im Weltraum hat, ist jedoch recht gering und verursacht normalerweise auch keine Schäden. Anders sieht es aus, wenn der Mensch eingreift und durch Katastrophen in Kernkraftwerken, Kriege mit Einsatz von Nuklearwaffen oder ähnlichen unrühmlichen Vorgängen eine vielfach höhere Strahlung freisetzt. Solche Strahlungsstärken können schwere Schäden in allen Lebewesen verursachen, von Hautverbrennungen über Erbgutveränderungen bis hin zum Tod.

Leider ist diese Strahlung unsichtbar und wird daher von uns nicht bemerkt. Wie die Katastrophe in Tschernobyl 1986 zeigte, kann man auch nicht damit rechnen, von den Verantwortlichen sofort gewarnt zu werden. Man kann Radioaktivität aber relativ einfach messen und es gibt entsprechende Geräte und Bausätze preiswert zu kaufen. Die billigsten Geräte/Bausätze zeigen meist nur akustisch durch Ticken an, dass radioaktive Zerfälle vorliegen. Bessere Geräte messen die Strahlung und zeigen die Strahlendosisleistung meist in der Einheit Mikrosievert/Stunde ($\mu\text{Sv/h}$) an. Aussagekräftige Informationen über die Strahlendosis gibt zum Beispiel das Bundesamt für Strahlenschutz **1**. Einen Alarm bei plötzlichem Anstieg der Radioaktivität bieten nur sehr wenige und teure Anlagen.

Dabei ist das gar nicht so kompliziert: Selbst preiswerte China-Bausätze besitzen auf ihren Platinen einen Ausgangsanschluss, an dem die Tickersignale anliegen. Dieses Signal kann man mit Mikrocontrollern wie Arduino oder ESP8266 auswerten. Bei erheblicher Überschreitung des üblichen Mittelwerts können die Controller dann einen Alarm auslösen und/oder Benachrichtigungen per E-Mail oder ähnlich versenden.

Insbesondere die ESP-Chips sind als Alarmgeber geeignet, da sie über WLAN verfügen und so auch problemlos Alarme weitergeben können, selbst wenn sie außer Haus eingesetzt werden. Deshalb wird in diesem Projekt auch ein ESP8266 auf einem Wemos-D1-mini-Board eingesetzt.

Der Zusammenbau des Bausatzes ist einfach, daher erkläre ich ihn hier nicht näher. Noch besser ist es, gleich ein Fertig-Modul zu kaufen, denn es ist zum Zeitpunkt, in dem dieser Artikel entsteht, nur etwa 3,50 Euro teurer und wird außerdem mit einem USB-Kabel und einem Batteriefach zur Stromversorgung geliefert **2**.

Die Schaltung

Die Schaltung ist recht einfach: Das Geigerzähler-Modul hat einen dreipoligen Ausgang, an dem neben der GND-Leitung auch 5V und

Kurzinfo

- » Geigerzähler-Bausatz mit Arduino-/ESP8266 zum Alarmmelder erweitern
- » Radioaktive Foto-Objektive
- » Unterschiede zwischen Alpha-, Beta- und Gammastrahlung
- » Das Geigerzähler-Messnetz Multigeiger

Checkliste



Zeitaufwand:
3 Stunden



Kosten:
60 Euro

Material

- » Geigerzähler-Bausatz mit Zählrohr M4011
- » ESP8266-Modul zum Beispiel Wemos D1 mini
- » LC-Display 4 Zeilen je 20 Zeichen mit I²C-Anschluss
- » Batteriehalter für 3 x AA-Zellen
- » Schalter
- » Gehäuse Fertiggehäuse oder 3D-Druck

Werkzeug

- » Lötkolben

Mehr zum Thema

- » Helga Hansen, Umweltsensoren einfach eingesetzt, Make 1/20, S. 16
- » Dieter Hoffmann, Alpha-Strahlung visualisieren, c't-Hacks 3/13, S. 36
- » Christiane Rütten, Radioaktive Strahlung messen, c't-Hacks 2/12, S. 34
- » Andreas Stiller, PC-Interface für Geigerzähler, c't-Hacks 2/12, S. 50

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xjij

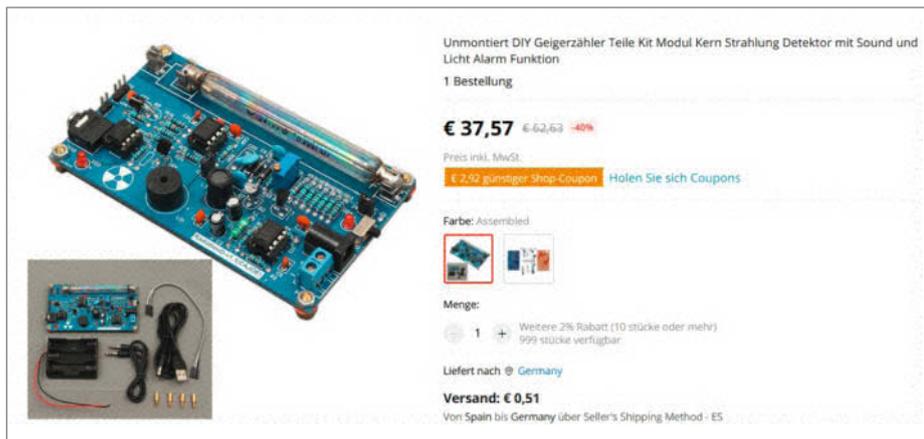


das Geigerzähler-Signal anliegen. Der 5V-Anschluss kann zur Versorgung des ESPs benutzt werden. Das hat den Vorteil, dass mit dem Schalter auf dem Geigerzähler-Board auch der ESP ein- und ausgeschaltet werden kann und die Stromversorgung über das Batteriefach oder die Stiftbuchse des Geigerzählers erfolgen kann **3**.

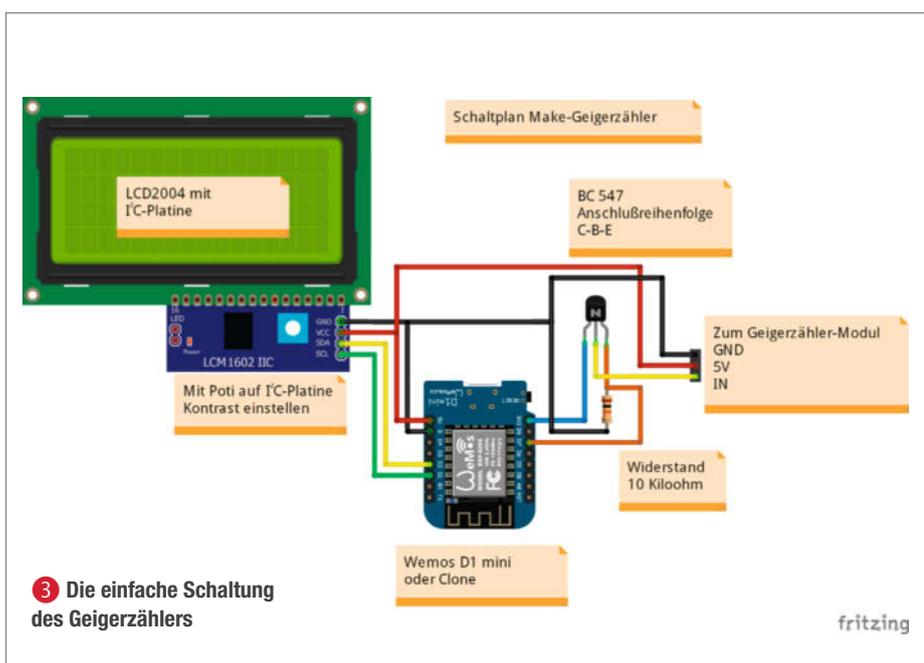
Der Signalausgang benutzt 5V-Pegel, die das ESP-Board bei direktem Anschluss übernehmen. Daher übernimmt ein Transistor (BC547 o. ä. npn-Typen) die Pegelwandlung auf 3,3V-Pegel. Im Prinzip hätte man auch einen Spannungsteiler aus Widerständen verwenden können. Allerdings ist der Signalausgang sehr hochohmig, sodass Widerstände im

1 Dosis-Angaben des Bundesamts für Strahlenschutz

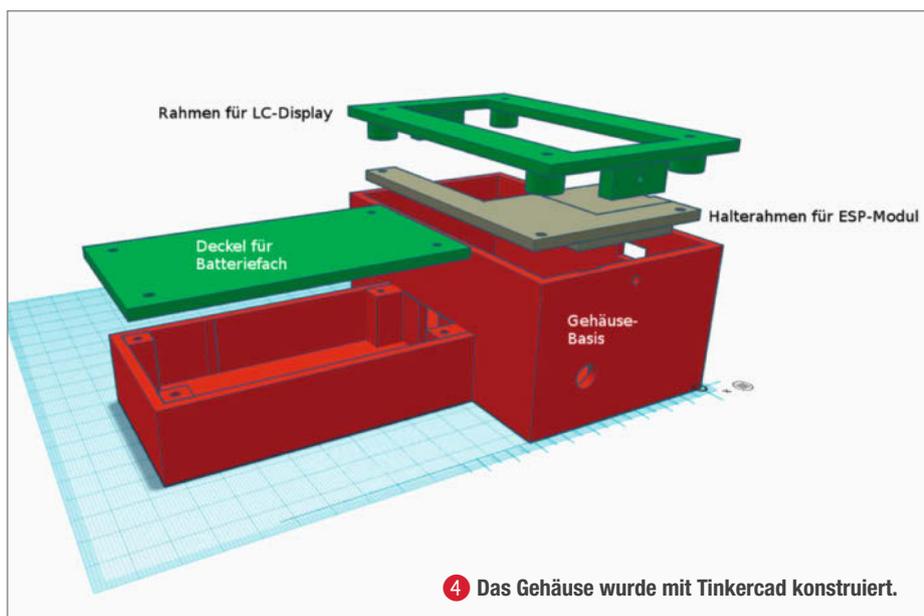
Effektive Dosis	Bemerkung/Wirkung
bis 0,01 mSv/Jahr	Rechnerisch ermittelte Größenordnung der jährlichen Höchstdosis in Deutschland durch Kernkraftwerke im Normalbetrieb
0,01 - 0,03 mSv/Aufnahme	Typische Dosis bei einer Röntgenaufnahme des Brustraums
bis zu 0,1 mSv	Dosis durch Höhenstrahlung bei einem Flug München/Japan
1 mSv/Jahr	Maximal zulässige Dosis für die allgemeine Bevölkerung z. B. durch radioaktive Stoffe aus kerntechnischen Anlagen
1 - 3 mSv/Aufnahme	Typische Dosis bei Computertomografie des Schädels
2 mSv/Jahr	Durchschnittliche Jahresdosis einer Person durch künstliche Quellen (vor allem Medizin)
2 mSv/50 Jahren	Gesamtdosis für eine Person im Voralpengebiet durch Reaktorunfall Tschernobyl
2 - 3 mSv/Jahr	Durchschnittliche Dosis der deutschen Bevölkerung aus natürlichen Quellen
10 - 20 mSv/Aufnahme	Typische Dosis bei Ganzkörper-Tomografie
20 mSv/Jahr	Grenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen
250 mSv	Richtwert für eine Person beim Einsatz lebensrettender Maßnahmen oder zur Katastrophenvermeidung
400 mSv	Berufslebensdosis für beruflich strahlenexponierte Personen



2 Das Fertig-Modul wird mit nützlichem Zubehör geliefert.



3 Die einfache Schaltung des Geigerzählers



4 Das Gehäuse wurde mit Tinkercad konstruiert.

Megaohm-Bereich benutzt werden müssen. Ein Versuch ergab, dass damit keine sichere Signalerkennung durch den ESP erfolgte. Der Transistor beseitigte auch dieses Problem.

Ein Kabel mit zum Geigerzähler-Modul passendem Stecker liegt dem Bausatz übrigens bei. Die im Schaltplan angegebenen Farben entsprechen diesem Kabel, sofern man die schwarze Leitung auf den GND-Anschluss steckt.

Schutz vor hoher Spannung

Das Zählrohr arbeitet mit einer Spannung von etwa 400V. Da ist ein Berührungsschutz wichtig. Deshalb sollte der Geigerzähler unbedingt in ein Gehäuse eingebaut werden. Metallgehäuse kommen hier nicht infrage, da sie die Strahlung abschwächen können und der Geigerzähler dann weniger oder nichts misst.

Wir haben uns für ein 3D-Druck-Gehäuse entschieden (Druckdateien siehe Kurzinfo-Link bzw. QR-Code) 4. Es passt genau zu den Einzelteilen, hat Öffnungen für USB-/Strombuchsen und Schalter, Halterungen für die Einzelteile sowie unter dem Zählrohr eine verringerte Materialstärke (1mm). Außerdem sitzt der Batteriehalter leicht zugänglich unter einem verschraubten Deckel. Selbstverständlich können Sie auch andere Behälter benutzen. Denken Sie bei Eigenkonstruktionen aber an die hohen Spannungen auf dem Geigerzähler-Modul und halten Sie etwa 1cm Abstand zur restlichen Elektronik.

Der Zusammenbau beginnt mit dem LC-Display: Stecken Sie vier Schrauben M3 x 25 durch den Rahmen und setzen Sie das Display darauf. Auf die Schraube neben dem I²C-Anschluss schrauben Sie eine M3-Mutter. Die anderen drei Schrauben bekommen je eine der selbst gedruckten Distanzscheiben 5.

Auf die Schrauben stecken Sie dann den Rahmen für das ESP-Modul. Dann wird auch der Rahmen mit drei M3-Muttern befestigt. Das D1-mini-Board bitte noch nicht in den Rahmen einsetzen. Das würde die Verkabelung erschweren 6.

An das Geigerzähler-Modul schließen Sie das Anschlusskabel fürs Batteriefach an. Es hat einen Stecker, wie er an 9V-Blockbatterien üblich ist, darf aber auf keinen Fall mit solch einer Batterie benutzt werden. Das Modul sowie das ESP-Board D1 mini sind ausschließlich für 5V-Spannungsversorgung geeignet. Bauen Sie das Modul aber noch nicht ins Gehäuse ein. Erst muss alles verkabelt werden.

Die Verkabelung kann zwar auch mit Jumper-Kabeln erfolgen, wenn die entsprechenden Kontaktleisten ins ESP-Board eingelötet sind. Ich rate aber ausdrücklich davon ab. Der Grund: Diese Stecker können bei Stößen aus den entsprechenden Buchsen rutschen und dann mit der hohen Spannung des Geigerzählers in Berührung kommen. Das würde die Elektronik mit Sicherheit sehr übel nehmen.

Daher ist es ratsam, alle Verbindungen zu löten und ein D1-mini-Board ohne Kontaktleisten zu benutzen.

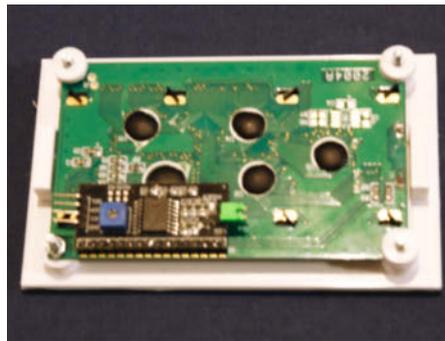
Als erstes schließen Sie den Transistor und den Widerstand an. Ich habe beides direkt ans ESP-Board gelötet: Kollektor (wenn Sie auf die Beschriftung des Transistors schauen und die Drähte nach unten weisen, ist das der linke Draht) an 3,3V des Boards, Emitter (rechter Draht) über den Widerstand an GND und die Verbindungsstelle zwischen Widerstand und Emitter an Pin D7 des Boards. Der Widerstand läuft quer über die Abschirmung des ESP-Chips. Hier sollte etwas Schrumpfschlauch als Isolierung verwendet werden. An die noch freie Basis des Transistors (mittlerer Draht) kommt die gelbe Leitung zum Signalausgang des Geigerzählers. Der rote Draht kommt an 5V und der schwarze an GND der ESP-Platine **7**.

Danach schließen Sie die vier Anschlüsse des Displays ans ESP-Board an. Die Leitungen sollten so kurz wie möglich sein (etwa 10cm reichen). SCL kommt an D1, SDA an D2 **8**. Das Board können Sie nun in den Halterahmen hinter dem Display einsetzen. Es rastet dort ein. Somit wäre die Hardware einsatzbereit, es fehlt aber noch die Firmware auf dem ESP-Board.

Firmware anpassen

Bevor Sie das ESP-Board und das Geigerzähler-Modul ins Gehäuse einbauen, sollte zunächst die Firmware aufgespielt werden, damit ein erster Funktionstest durchgeführt werden kann. Die Firmware namens *Geigerzaehler.ino* erhalten Sie von der GitHub-Projektseite (siehe Kurzinfor-Link). Laden Sie die Firmware auf Ihren Computer und entpacken Sie sie.

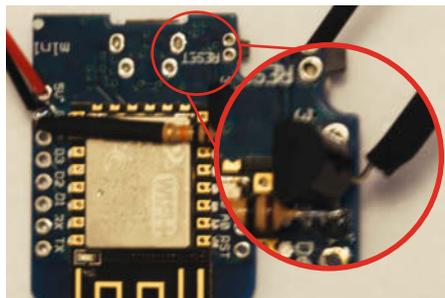
Dann schließen Sie das ESP-Board per USB an den PC an und starten Sie die Arduino-IDE. Stellen Sie unter *Werkzeuge* und *Board* das *LOLIN(WEMOS) D1 mini (clone)* sowie den *Port* (normalerweise die höchste Nummer) ein. Sollten keine ESP-Boards zur Verfügung stehen, finden Sie über den Kurzinfor-Link in der Anleitung *ESP-Boards mit der Arduino-IDE programmieren* Hilfe dazu.



5 Die drei selbstgedruckten Distanzscheiben nicht vergessen!



6 Der Rahmen mit dem Halter für das ESP-Modul muss mit Muttern festgeschraubt werden.



7 Der Transistor (rechts) und der Widerstand werden direkt ans ESP-Board gelötet.



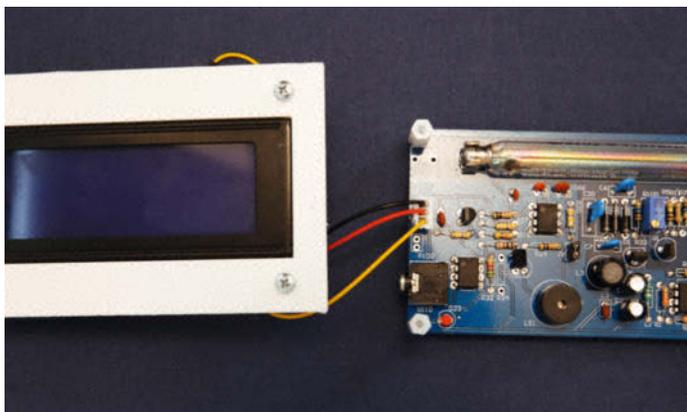
8 Die vier Drähte zum Display gehören an D1, D2, GND und 5V.

```

18 //EMail-Abteilung
19 #define SMTP_server "IHR_SMTP-SERVER"
20 #define SMTP_Port PORTADRESSE
21 #define sender_email "IHRE_EMAIL-ADRESSE"
22 #define sender_password "SMTP-PASSWORT"
23 #define Recipient_email "EMPFÄNGERADRESSE"
24 SMTPSession smtp;
25
26 //WLAN-Abteilung
27 const char* ssid = "SSID";
28 const char* password = "WLAN_PASSWORT";
29

```

9 Hier tragen Sie die WLAN- und Mail-Daten ein.



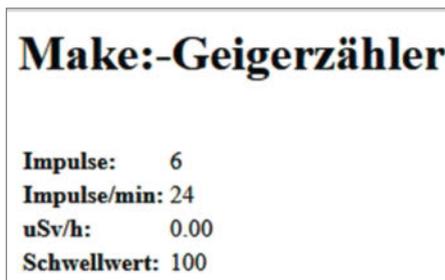
10 So muss der Stecker auf dem Geigerzähler-Modul stecken.



11 Test erfolgreich!



12 Diese Mail werden Sie hoffentlich nie bekommen.



13 Die Web-Oberfläche des Geigerzählers

Jetzt fehlen noch die Bibliotheken: *LiquidCrystal_I2C* und *ESP8266WiFi* finden Sie über *Sketch/Bibliotheken einbinden* und *Bibliotheken verwalten*. Dort im Suchfeld den jeweiligen Bibliotheksnamen eingeben und installieren.

Die Bibliothek *ESP_Mail_Client* gehört nicht zur Standardausrüstung und muss aus einer ZIP-Datei installiert werden (im Firmware-Download

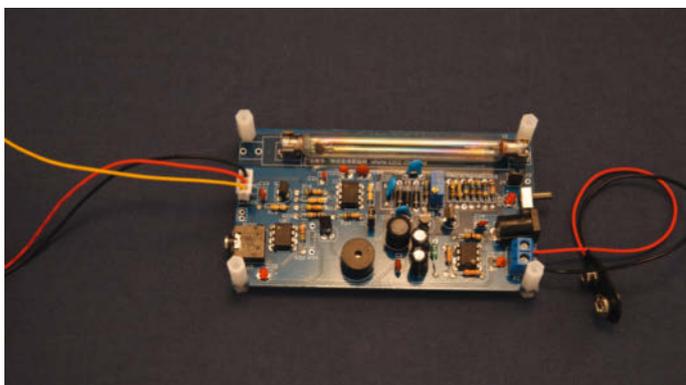
enthalten). Das geht über *Sketch/Bibliotheken einbinden* und *.ZIP-Bibliothek hinzufügen*.

Laden Sie nun die Firmware in die Arduino-IDE. In den Zeilen 19 bis 28 der Firmware müssen Sie noch Ihre WLAN-Zugangsdaten (SSID und WLAN_PASSWORT) sowie die Zugangsdaten zum E-Mail-SMTP-Server und die Empfängeradresse der Alarm-E-Mail eintragen 9.

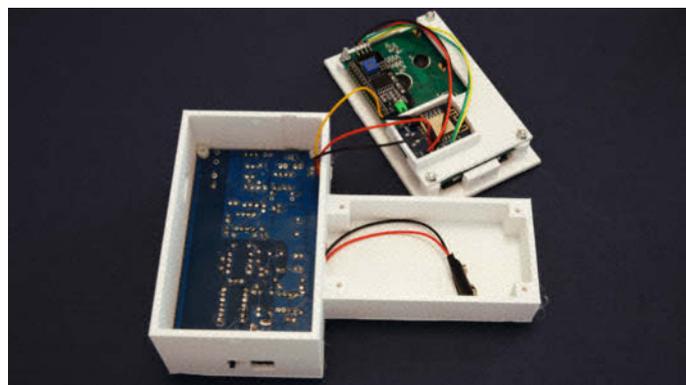
Jetzt können Sie die Firmware mit einem Klick auf den *Hochladen*-Pfeil kompilieren und ins ESP-Board übertragen. Sollte es dabei zu Fehlermeldungen kommen, haben Sie sich entweder bei der Eingabe der Daten vertippt oder Sie haben das falsche Board oder den verkehrten Port gewählt. Ziehen Sie nun den USB-Stecker aus dem Port des PCs.

Jetzt wird es spannend, und zwar in doppelter Hinsicht: Zum einen steht der erste Funktionstest an, zum anderen bekommen Sie es nun mit der hohen Spannung auf dem noch nicht im Gehäuse eingebauten Geigerzähler-Modul zu tun. Stecken Sie also den dreipoligen Stecker vom ESP-Board an den Signalausgang des Geigerzählers. Die schwarze Ader des Kabels muss auf dem *GND*-Stift des Geigerzählers stecken 10.

Den Zähler versorgen Sie nun mit 5V Spannung. Das geht am schnellsten mit dem zuvor abgezogenen USB-Kabel vom PC.



14 So herum müssen die Abstandshalter montiert sein.



15 Nicht vergessen das Batteriekabel durchzustecken.

Die drei Strahlungsarten

Bei der Radioaktivität unterscheidet man zwischen *Alpha*-, *Beta*- und *Gammastrahlen*. *Alphastrahlen* sind Atomkerne des Edelgases Helium. Diese Teile sind groß, weswegen sie bereits von Papier und ähnlichen Materialien abgeschirmt werden. Ihre Reichweite beschränkt sich auch in Luft auf wenige Zentimeter.

Deshalb werden sie oft fälschlicherweise als ungefährlich betrachtet. Dies stimmt jedoch nicht, wenn es sich um gasförmige Alphastrahler handelt wie das oft aus dem Erdboden in Keller einsickernde Radon. Es kann nämlich eingeatmet werden und befindet sich dann in unmittelbarem Kontakt mit empfindlichen Körpergewebe (Lungen-Oberfläche). Dort kann es dann zu schweren Erkrankungen (Krebs) führen.

Alphastrahlung kann nur mit speziellen Messgeräten nachgewiesen werden. Das liegt daran, dass die meisten Strahlungssensoren aus Materialien bestehen, die Alphastrahlen nicht durchlassen. Dies ist auch bei dem hier benutzten Zählrohr der Fall. Über den Kurzinfo-Link kommen Sie jedoch zum Artikel *Alphastrahlung visualisieren* von Dieter Hoffmann, in dem Sie erfahren, wie Sie diese Strahlungsart doch nachweisen können.

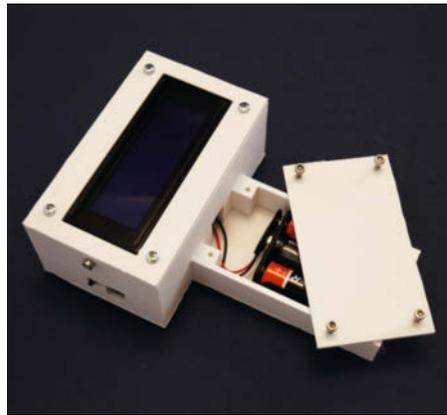
Betastrahlung besteht aus sich sehr schnell bewegenden Elektronen bzw. deren Antimaterie-Pendants Positronen. Da Elektronen sehr klein sind, werden sie nur durch den Einsatz von schweren Bleiplatten oder ähnlichem abgeschirmt. Auch sie können in Lebewesen schwere Schäden am Erbgut auslösen und zu Krebs und ähnlichem führen. Unser Geigerzähler kann Betastrahlung messen.

Gammastrahlen sind elektromagnetische Wellen wie Licht, bestehen also aus Photonen. Die haben aber gegenüber Licht eine erheblich kürzere Wellenlänge und sind damit deutlich energiereicher. Die gegenüber Alpha- und Beta-Teilchen fehlende Ladung bewirkt, dass Gammastrahlung sich schwer abschirmen lässt. Gammastrahlen zerstören in biologischem Gewebe chemische Bindungen vor allem in den großen Molekülen der DNA. Dies führt dazu, dass sich Krebs bilden kann, Nachkommen schwere Schäden aufweisen oder sich die betroffenen Zellen nicht mehr teilen können und somit absterben. Dies wird auch als die sogenannte Strahlenkrankheit bezeichnet, die beispielsweise bei den ersten Rettungskräften in Tschernobyl nach wenigen Tagen zum Tod führte.

Unmittelbar nach dem Einstecken startet der Geigerzähler (rote LED auf dem Modul leuchtet). Er sollte nun ab und zu einen Klick von sich geben. Das sind die Zeichen für die natürliche Radioaktivität. Auf dem Display erscheint nach einigen Sekunden die IP-Adresse, die der Geigerzähler von Ihrem WLAN-Router erhalten hat (bitte notieren). Etwa 15 Sekunden später sollten dann die ersten Strahlungsergebnisse angezeigt werden **11**.

In unseren Breiten sind es nur wenige Impulse (radioaktive Zerfälle) pro Minute. Die Firmware ist so eingestellt (Zeile 38), dass ab 101 Impulsen/min eine Alarmmeldung ausgegeben wird, die auch an den zuvor eingetragenen E-Mail-Empfänger (Firmware Zeile 23) geschickt wird **12**.

Der *Make-Geigerzähler* hat auch eine einfache Web-Oberfläche, die Sie im Browser auf den Geräten in Ihrem WLAN nach Eingabe der zuvor notierten IP-Adresse sehen können **13**.



16 So passt der Batteriehalter.



17 Der fertige Geigerzähler

Nun entfernen Sie wieder das USB-Kabel. Die Elektronik ist nun bereit, ins Gehäuse eingebaut zu werden. Das Geigerzähler-Modul muss dazu mit den mitgelieferten isolierenden Abstandshaltern sowie dem

Anschlusskabel für den Batteriehalter ausgestattet sein **14**.

Das Modul muss mit der Röhre nach unten ins Gehäuse eingesetzt werden. Es wird dann von außen mit vier M3 x 12-Schrauben befestigt.

Radioaktive Linsen

Vielleicht fragen Sie sich, wie ich die in einigen Bildern angezeigten hohen Strahlenwerte erhalten habe. Verblüffenderweise fand sich in meinem Haushalt radioaktives Material, das auch bei vielen Leserinnen und Lesern vorhanden sein könnte: Foto-Objektive. Auch ich hatte solch ein strahlendes Brenn(weiten)element in meinem Besitz.

Bis in die 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts baute man in hochwertigen Objektiven

mit großem Blendendurchmesser (Lichtstärke 1,4 o.ä.) oft Linsen ein, die Thorium enthielten. Das hatte den Vorteil, dass solche Linsen besonders geringe Farbfehler (chromatische Aberration) aufwiesen. Nachteil: Thorium ist radioaktiv und sendet Beta- und Gammastrahlung aus.

Heutzutage baut man solche Objektive nicht mehr. Da die damals hergestellten aber eine recht gute Qualität hatten, sind sie auch heute noch in Gebrauch. Über

den Kurzinfo-Link kommen Sie zur Seite *Radioactive Lenses* bei *Camera-pedia*. Dort sind zahlreiche solcher Objektive aufgeführt. Schauen Sie mal nach, was in Ihren Schränken liegt oder Sie sogar oft in nächster Nähe im Kamerarucksack mit sich tragen.



Bei diesem Fotoobjektiv ist die hintere Linse radioaktiv.

MAL WAS LASERN

auf der

didacta, Köln
Halle 6.1, Stand E123

07.06. - 11.06.2022

Maker Faire, Hannover

10.09. - 11.09.2022

ab 2.195,- € zzgl. MwSt.

LASER, DIE SICH ANPASSEN

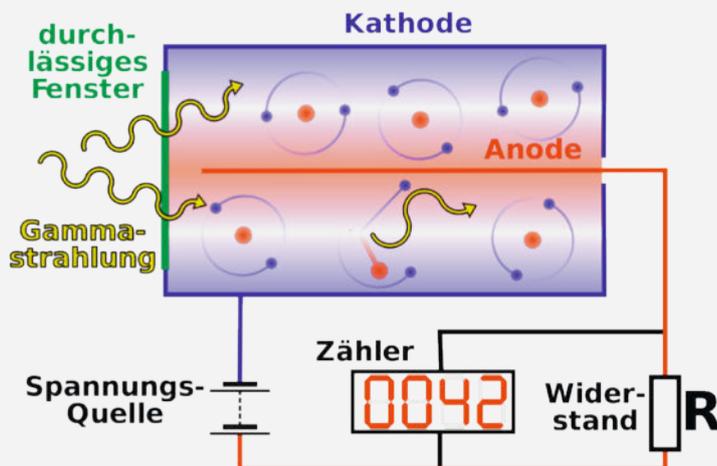
flux-cameolaser.de

Funktionsweise Geiger-Müller-Zählrohr

Radioaktivität wird meist mit einem *Geiger-Müller-Zählrohr* gemessen. Es besteht aus einem metallischen Zylinder, der das Zählgas (oft Argon und Brom) enthält. Mittig durch den Zylinder verläuft ein Draht. Zwischen Draht und Metallmantel liegt eine Spannung von einigen hundert Volt. Der Minuspol liegt am Metallzylinder, der Pluspol am Draht.

Das Gas isoliert, sodass normalerweise kein Strom fließt. Durchdringt ein Strahlungsteilchen die Zylinderwand, schlägt es aus den Gasatomen Elektronen heraus. Die wandern zum Draht (Anode), die entstandenen Gas-Ionen zum Zylindermantel und nehmen dort wieder die fehlenden Elektronen auf. Es fließt also ein Stromimpuls durch die Röhre, der am Widerstand in der Spannungszuführung als Signalimpuls abgegriffen werden kann.

Solange sich die Ionen nicht wieder mit einem neuen Elektron versorgt haben, kann das Zählrohr keine neuen radioaktiven Ereignisse zählen. Dieser sehr kurze Zeitraum von rund 100 bis 200 Mikrosekunden heißt dementsprechend *Totzeit*.



Der Aufbau eines Geiger-Müller-Zählrohrs

tigt. Achten Sie darauf, den Schalterknopf und das Kabel zum ESP-Board nicht zu beschädigen. Der Stecker für den Batteriehalter wird durch eine kleine Öffnung zum Batteriefach durchgeschoben **15**.

Anschließend stecken Sie den Display-Rahmen ins Gehäuse und schrauben ihn seitlich mit zwei M3 x 12-Schrauben fest. Muttern sind hier nicht vorgesehen. Die Schrauben finden im Kunststoff Halt. Die USB-Buchse des ESP muss hinter der entsprechenden Öffnung im Gehäuse liegen **16**.

Jetzt schließen Sie noch den Batteriehalter (mit drei AA-Zellen) an, stecken ihn anschließend ins Batteriefach und verschrauben den Deckel darauf mit vier M3 x 12-Schrauben. Der Geigerzähler zeigt sich nun in voller Schönheit **17**.

Geigerzähler im Smarthome

Dieser Geigerzähler kann mit einer anderen Firmware auch in ein *Home-Assistant*-Smart-home eingebunden werden. Er sendet dann

seine Messwerte an den Server, der sie auswertet und dann zum Beispiel bei Überschreiten eines Grenzwerts akustische Alarme auslösen kann.

Dazu muss im Home Assistant die Integration *ESPHOME* installiert sein. In dieser Integration legen Sie dann ein neues Gerät an. Der Programmcode ist recht einfach (mehr dazu online). Die Messwerte stehen dann unter den Sensor-Bezeichnungen `sensor.ionizing_radiation_power` und `sensor.total_ionizing_radiation_dose` zur Verfügung.

Geigerzähler-Messnetz Multigeiger

Wer mit seinem Geigerzähler noch mehr machen möchte, als ihn ins Smart Home einzubinden, wird bei der Tübinger Gruppe *Eco-curious* fündig. Sie setzen mit ihrem Projekt *MultiGeiger* die Messung von Radioaktivität als *Citizen Science* um – also Wissenschaft, bei der sich alle Interessierten beteiligen können. Ihr Ziel ist der Aufbau eines Messnetzes mit Stationen in ganz Deutschland. Das Konzept ist angelehnt an die Arbeit des Stuttgarter *Open Knowledge Labs*, das unter `luftdaten.info` die Messergebnisse von Feinstaubsensoren sammelt und dazu einen Bausatz entwickelt hat, der auch ohne Vorkenntnisse schnell zusammengesteckt ist (siehe Make 1/20 ab S. 16).

Die Idee zum *MultiGeiger* entstand dabei ebenfalls in Stuttgart, bei einem Spaziergang der *Eco-curious*-Gründerin Nicola Wettmarshausen mit einem Bekannten. Mit einem mobilen Geigerzähler zeigte er ihr, dass die Strahlenbelastung in der Fußgängerzone aufgrund

bestimmter Granitsteine deutlich höher ist als an anderen Orten. Inzwischen arbeitet sie mit mehreren Gruppenmitgliedern am *MultiGeiger* und weiteren Open-Source-Projekten rund um Umwelt, Natur und Technik, wie etwa einem nicht-tödlichen Insekten-Counter. Das Geiger-Projekt hat drei Schwerpunkte: die Open-Source-Messgeräte, die möglichst einfach nachbaubar sind, die vorbereitete Firmware und eine Karte, auf der die gemessenen Daten angezeigt und ausgewertet werden.

Messgeräte

Der *MultiGeiger* ist ein ESP32-basierter DIY-Geigerzähler, der zunächst für das Aufstellen an einem festen Standort entwickelt wurde. Dank eines OLED-Displays auf dem ESP, eines Lautsprechers und einer Powerbank ist er aber auch mobil nutzbar. Unterstützt werden verschiedene 400-Volt-Zählrohre: Für feste

Stationen eignen sich die großen und empfindlichen Rohre *Si21g* und *Si22g*, während kleinere Exemplare wie das *SBM21* für den mobilen Einsatz empfohlen werden. Die Datenübertragung erfolgt über WLAN, das der ESP32 von Haus aus unterstützt. Alternativ kann auch ein LoRaWAN-Board genutzt werden. Um den Zusammenbau zu vereinfachen, hat Gruppenmitglied Jürgen eine Platine entworfen, auf der alle nötigen Bauteile Platz finden. Er ist Bastler und Anti-Atom-Aktivist und hat bei *Eco-curious* die Möglichkeit gefunden, seine beiden Hobbies zu vereinen.

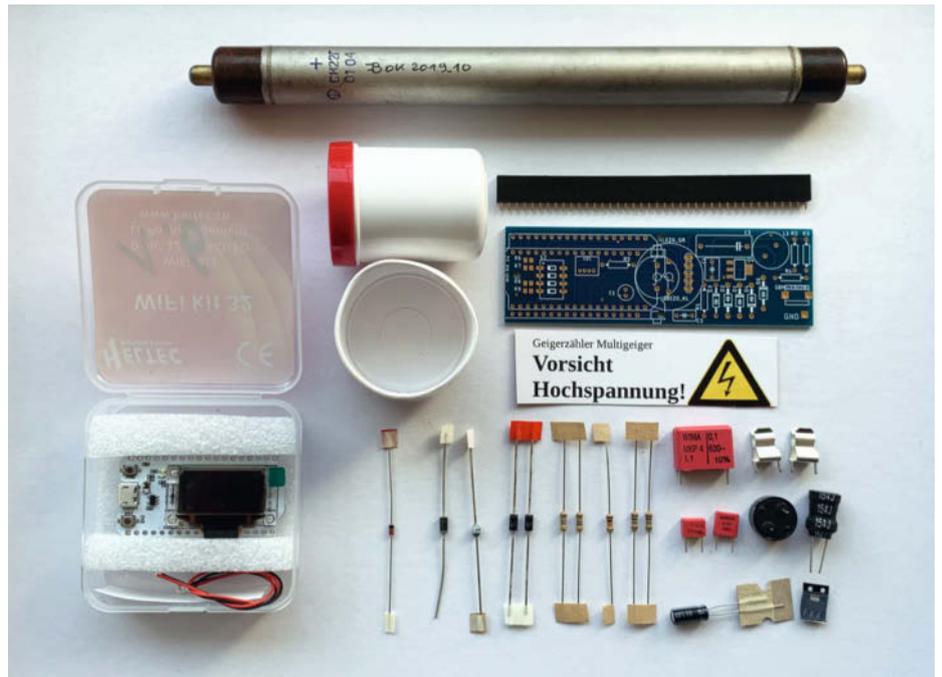
Die meisten Bauteile für seine Schaltung sind über die einschlägigen Elektronik-Händler oder eBay zu beziehen, das Gehäuserohr kommt aus dem Baumarkt. Wer die Platine nicht selbst herstellen lassen möchte oder bei anderen Bauteilen Hilfe benötigt, kann sich unter `multigeiger@ecocurious.de` melden. Bis zum Beginn der Corona-Pandemie gab es

außerdem Workshops, um die Zähler gemeinsam zu bauen. Einen Bericht vom Aufbau eines MultiGeigers finden Sie außerdem online (siehe Link in der Kurzinfo).

Mit dem Aufbau eines MultiGeigers ist die Arbeit noch nicht getan. Um zuverlässige Ergebnisse zu liefern, brauchen stationäre Messstationen einen passenden Standort mit Abregenfläche. Denn der MultiGeiger misst die Zerfallsprodukte radioaktiver Strahlung, nachdem sie vom Regen aus der Luft geholt werden. Er sollte also auf einem Stück Rasen oder Erde aufgestellt werden. Dagegen sind Steinplatten eher ungeeignet, weil der Regen dort weitestgehend abläuft. Nötig sind außerdem ein WLAN oder LoRa-Gateway in Reichweite und die Spannungsversorgung – letzteres ist im Garten durchaus schwierig. Jürgens langfristiges Ziel ist daher, einen autarken Sensor zu entwickeln, der seine Energie über ein Solarpanel bezieht und in einer Batterie zwischenspeichert.

Software

Für die Programmierung des ESP hat die Gruppe eine Firmware vorbereitet. Sie ist in C geschrieben und kann über die kostenlose Arduino IDE auf den Mikrocontroller auf-



Die einzelnen Teile für den Bau eines MultiGeigers

spielt werden. Nach der Einbindung in ein WLAN kommen spätere Updates darüber, der Sensor muss also nicht wieder abgebaut wer-

den. Für das Sammeln der Messergebnisse nutzt Ecocurious die Datenbank von sensor.community, die aus dem Stuttgarter Feinstaub-

Make:markt

BÜCHER / ZEITSCHRIFTEN



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

www.dpunkt.de

METALLBAU



MakerBeam: Mini T-Nut Alu-Profile
Unbegrenzte Möglichkeiten in Modell- und Prototypenbau
Das MakerBeam Sortiment:
- 10mm & 15mm Profile
- Linearlager, Scharniere, Eckwürfel
- Halterungen für Servos & NEMA17
- M3 Schrauben, Nutensteine, Abstandshalter
www.makerbeam.de | www.chartup.com



Was Maker schon alles geschaffen haben!
Die Antwort und viele Beispiele finden Leser in unseren Zeitschriften „Space – das Weltraum Magazin“, „Wissen 2022“ und dem „Urknall“ vieler Computer- und Make-Enthusiasten – dem „Retro Gamer“.
www.emedia.de

Make:markt

Der **Make:markt**. Nur 150,00 Euro je Ausgabe für eine Basisanzeige.

Weitere Informationen erhalten Sie unter maos@heise.de



Bild: Steffen Grau

Projekt entstanden ist. Die festen Geigerzähler können dort wie Feinstaubsensoren angemeldet werden und senden anschließend ihre Messergebnisse alle zweieinhalb Minuten über das Internet.

Auswertung

Für die Auswertung bietet Ecocurious eine Weltkarte mit allen Messstationen auf ihrer Webseite. Ähnlich wie beim Vorbild *Luftdaten.info* sind hier die aktuellen Strahlenwerte der angeschlossenen Zählrohre zu sehen. Außerdem sind auf der Karte die Atomkraftwerke (AKWs) und Forschungsreaktoren auf der Welt verzeichnet. Mit einem Klick lassen sich auch die aktuellen Windverhältnisse einblenden. Die Messergebnisse einzelner Sensoren lassen sich in unterschiedlichen Darstellungen ansehen: als Kurve der Messwerte oder gleitender Mittelwert der letzten Stunde, als Strahlungsverlauf über eine Woche oder den letzten Monat. Ganz im Sinne von Citizen Science stehen die Daten im Archiv für weitere Projekte und Auswertungen zur Verfügung.

Ein Phänomen hat Bastler Jürgen damit schon dokumentieren können, das andere

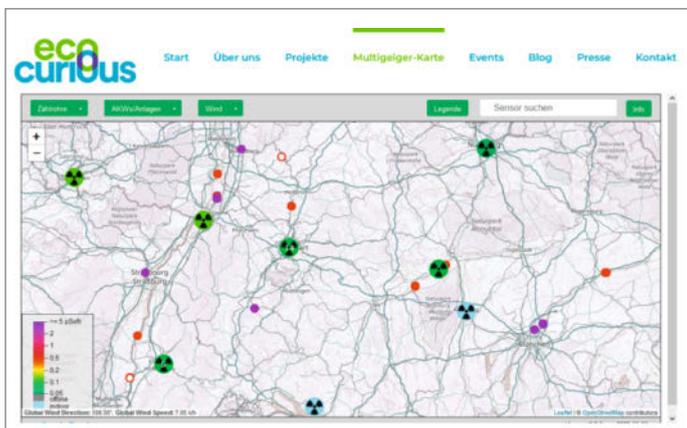
DIY-Zähler nicht erkannten: den natürlichen Fallout von Radon-Peaks. Das radioaktive Gas kommt überall auf der Welt in der Erde vor und gelangt immer wieder in die Atmosphäre. Die Zerfallsprodukte aus der Luft sind in circa jedem zehnten Regenguss nachweisbar. Seine Beobachtung hat er mit den Daten abgeglichen, die das Bundesamt für Strahlenschutz kostenlos im Internet zur Verfügung stellt. Doch auch wenn die Daten heute verfügbar sind, hallen bei Nicola und ihm die Erfahrungen mit der Katastrophe in Tschernobyl und der fehlenden Kommunikation 1986 nach: „Vertrauen ist gut, aber Kontrolle ist auch nicht schlecht“.

Gerade mit den mobilen Geigerzählern ergeben sich außerdem weitere Anwendungsgebiete, wie den Stadtrundgang, mit dem alles angefangen hat. Denn in Deutschland haben die unterschiedlichen Regionen durchaus spezielle Probleme mit Radioaktivität: Im Erzgebirge etwa ist die Radonbelastung immer wieder besonders hoch, da dort das Schwermetall Uran im Boden lagert und zu Radon zerfällt. Sammelt sich das Gas in Innenräumen, wie etwa Kellern, kann es gesundheitsgefährdende Konzentrationen erreichen. In Tübingen sind es die vielen Atomkraftwerke,

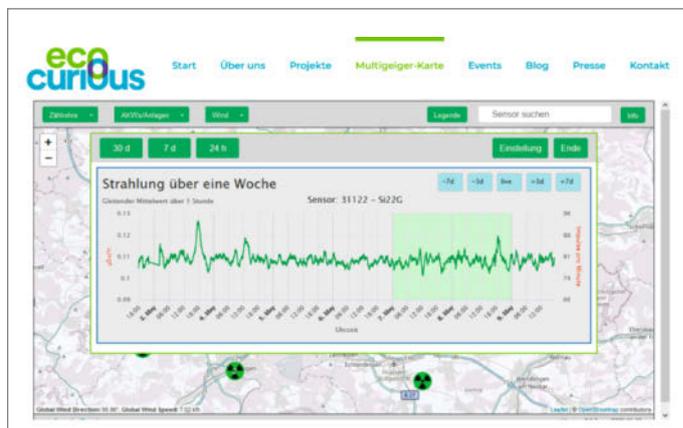
die in der Umgebung stehen und der Gruppe Kopfzerbrechen bereiten. Da Frankreich sogar weitere Meiler bauen will, arbeitet Ecocurious inzwischen an Kooperationen mit französischen Makerspaces. Bisher nicht erfolgreich waren dagegen Anfragen in Richtung Osteuropa.

Ausblick

Neben dem Ausbau des stationären Messnetzes stehen für die Gruppe noch weitere Punkte auf der To-Do-Liste. So soll die Outdoor-Variante des mobilen MultiGeigers noch einmal verbessert und die Nachbauanleitung fertiggestellt werden. Noch in der Prototypen-Phase ist auch eine Smartphone-App für unterwegs, die über Bluetooth die Messergebnisse abrufen. Um sie dauerhaft zu speichern, muss außerdem die Datenbank erneuert werden. Schließlich soll auch die Multigeiger-Firmware die Einbindung ins Smart Home unterstützen. Hier freut man sich bei Ecocurious über Interessierte, die mitarbeiten wollen. Auch wer weder einen Sensor aufstellen noch programmieren kann, kann das Projekt unterstützen und etwa die Texte überarbeiten. —hgb/hch



Die Radioaktivitäts-Symbole kennzeichnen die Zählstationen, die Punkte sind aktive (rot) oder stillgelegte AKWs (roter Ring) sowie in violett sonstige Nuklearanlagen.



Die Karte bietet auch grafische Auswertungen der Messergebnisse. Sie können etwa als gleitende Mittelwerte oder als Messwerte über verschiedene Zeiträume angesehen werden.

Endlich wieder Maker Faire

– ein Besuch auf der Maker Faire Ruhr



Am 26. & 27. März war es so weit: Die Tore der Maker Faire Ruhr in der DASA in Dortmund wurden geöffnet und nach zwei Jahren Pandemie konnten sich Maker wieder in einem inspirierenden und lehrreichen Umfeld über Themen rund um Wissenschaft, Making, Handwerk und Robotik persönlich austauschen **1**.

Trotz der zu diesem Zeitpunkt unklaren Pandemiebedingungen konnte die Maker Faire Ruhr unter dem Titel „Limited Edition“ rund 2300 Besucher anziehen, die sich von den vielseitigen Projekten der Maker begeistern ließen. In lockerer Atmosphäre genossen die Besucher den lange ersehnten, persönlichen Austausch mit Makern. Kinder und Erwachsene erkundeten kreative Projekte, konnten viel selbst ausprobieren und lernen.

Ein besonderes Highlight war die physikalische Wissenschaftsshow von Sascha Ott. In einem vollen Hörsaal vermittelte der Wissenschaftsjournalist auf unterhaltsame Art physikalische Grundkenntnisse – Kinder aus dem Publikum durften dabei stets assistieren. Als Finale wurde eine große Explosion inszeniert.

Unter den Ausstellern tummelten sich auch die Schüler des ARTandTECH.space Projektlabors mit motorisierten Sesseln, Mofas, Lokomotiven und weiteren verrückten Fahrzeugen. Interaktive Steampunk-Projekte zum Ausprobieren gab es beim Dampfzirkus Papenburg **2**. Am Stand der Freien Maker e.V. aus Aachen konnten lasergecuttete, serienreife Spielautomaten von Flipper über Tetris bis hin zu Mastermind angespielt werden **3**.



Mit der *Kenterprise* präsentierte Jan von *basement engineering* ein Aufklärungsschiff, das mit Sensoren die Seen erkunden kann – ein Projekt, das sich in einer Mini-Variante auch für den Nachbau im Schulunterricht eignet. Die *Un-Hack-Bar* wiederum nutzte die Maker Faire, um Nachwuchs für ihren Hackerspace anzuwerben.

An vielen weiteren Ständen sowie im Workshop-Areal wurden vor allem Kinder im Schulalter mit einfachsten Mitteln an die Grundlagen von Wissenschaft und Forschung herangeführt. Insgesamt präsentierten sich bei der 5. Maker Faire Ruhr „Limited Edition“ Maker an 30 Ausstellerständen. Das ergänzende Rahmenprogramm umfasste Vorträge

über Produktsicherheit, KI, Brillen-Hilfsprojekte und Robotik sowie Workshops rund um Löten, *Bibberiche*, Programmieren lernen mit Python und Roboterbau. Weitere Eindrücke und einen ausführlichen Bericht gibt es online unter folgendem Link:

► make-magazin.de/xp6x

Wer sich nun auch endlich wieder auf einer Maker Faire austoben oder präsentieren möchte, ist herzlich dazu eingeladen, am 10. & 11. September auf die Maker Faire Hannover zu kommen. Der *Call for Makers* ist bis zum 10. Juli geöffnet, Tickets sind im Online-Ticketshop zu erwerben. —Kristina Fischer/akf



Weitere Termine und Links

09. & 10. Juli 2022:
Maker Faire Sachsen
<https://www.make-faire-sachsen.de>

10. & 11. September 2022:
Maker Faire Hannover
<https://maker-faire.de/hannover/>

19. November 2022:
Maker Faire Sindelfingen
<https://www.make-faire-sindelfingen.de>

Die Maker Faire Baden-Württemberg ist abgesagt.

Raspi-Alternativen im Jahr der Chipknappheit

Ein Raspi muss her, aktuell ist das gewünschte Modell aber nur zu Mondpreisen oder mit Wartezeit zu bekommen. Sind Alternativen verfügbar und ersetzen sie das Original für die angepeilte Anwendung?

von Carsten Wartmann



Der Raspberry Pi ist immer noch der beliebteste Einplatinencomputer (SBC, Single Board Computer) für Maker: Er ist (normalerweise) preiswert, wird ständig von der Pi-Foundation weiterentwickelt und lässt sich in vielen Gebieten einsetzen. Durch die hohe Verbreitung findet man zu jedem Problem Lösungen und die Dokumentation ist sehr vorbildlich. In den letzten Monaten wurde es durch die weltweite Chip-Knappheit aber immer schwieriger, einen der begehrten Raspis zu kaufen, der Bedarf konnte nicht mehr gedeckt werden, die Preise stiegen und sogenannte *Scalper* kaufen große Posten, um diese dann mit Profit zu hohen Preisen weiterzuverkaufen.

Möchte man ein Projekt starten, so bietet sich in der Regel der Raspberry Pi 4 im klassischen Format an, die kleineren Versionen wie Zero2 und das Compute Module (CM) betrachten wir hier erst einmal nicht. Auch die älteren Modelle im klassischen Formfaktor lohnen sich als Neukauf kaum. Aber was tun, wenn der Raspi 4 nicht verfügbar ist oder man nicht warten

Kurzinfo

- » Alternativen zum Raspberry Pi 4 in Zeiten der Chipknappheit
- » Vergleich der SBCs in Leistung und Ausstattung
- » Benchmarks zum selber Testen und Vergleichen

Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Wenn der Raspberry nicht mehr reicht, Make 3/19, S. 32
- » Heinz Behling, Das richtige Board für Ihren Zweck, Make 4/19, S. 34
- » Heinz Behling, Raspberry 4 B+, Make 4/19, S. 30
- » Video: Boards im Test



Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xnq

Exemplarische Anwendungsbereiche

Wir listen hier Anwendungsgebiete auf und ordnen die Boards ihrer Eignung nach in den Ampelfarben ein. Dies soll Ihnen in Zukunft helfen, neue und unbekannte SBC besser einzuordnen. Wir können hier nicht jeden Spezialfall abdecken aber die wichtigsten und exemplarischen Anwendungen und Kriterien dafür sind:

- ungeeignet
- bedingt geeignet
- geeignet

Entertainment: Mediaplayer, Games, Emulatoren

Hier kommt es auf eine gute Unterstützung der Grafik und Tonausgabe-Hardware durch die Distribution an. Daher sollten immer spezielle Distributionen für den jeweiligen Einsatz benutzt werden. Sollen Videos von lokalen Speichermedien abgespielt werden, ist die Anbindung und Geschwindigkeit der Schnittstellen wichtig. Bei Streaming sollte das WLAN schnell genug sein, sofern kein LAN zur Verfügung steht.

Internet: (VPN)-Router, (Web)-Server, Werbeblocker

Für VPN: Werden vorhandene Crypto-Engines benutzt und gibt es Treiber dazu? Dies kann den Einsatz als VPN-Router erheblich beschleunigen. Ist die Netzwerkschnittstelle schnell genug angebunden, um Server und Dienste anzubieten? Reicht die Geschwindigkeit der Massenspeicher für die abgefragten Daten?



Datenspeicher: Netzwerk-Speicher (NAS), Cloud Speicher, Datenbankserver

Ist der Zugriff auf Massenspeicher schnell genug und gibt es genügend Anschlüsse für USB-Medien (USB 3.0) und SSD bzw. Laufwerke? Ist die Netzwerkanbindung schnell genug, um die Daten weiterzutransportieren?



Rechenleistung: Robotik, KI

Eine Vielzahl von Ein- und Ausgängen (GPIO) ist hierbei wichtig. Insbesondere serielle Busse (UART, SPI, I²C) sollten in großer Zahl vorhanden sein, mit deren Hilfe können wiederum viele Ein- und Ausgabegeräte angeschlossen werden. Für komplexe Steuerungen, KI und Bilderkennung sollte genügend Rechenleistung auf möglichst vielen Kernen verfügbar sein und die Möglichkeit bestehen, Kameras und ein LC-Display anzuschließen.

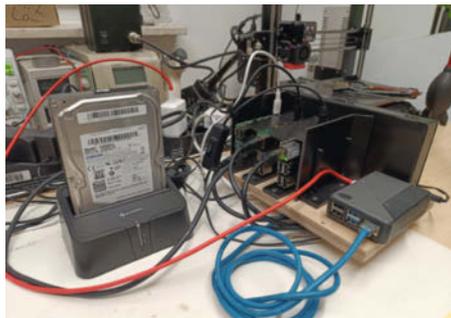


Zugänglichkeit: Basteln, Maken, Hausautomation, Messen, Steuern, Regeln

Hier geht es um gute Dokumentation für den Maker. Die hoffentlich in großer Zahl verfügbaren GPIOs genügen für den Anfang meistens, aber wenn schon Analog-Digitalwandler und PWM-Ports in ausreichender Zahl vorhanden sind, werden komplexere Mess-, Steuer- und Regelaufgaben ohne weitere Hardware möglich.

Benchmarks der Boards

Boardname	Raspberry Pi4B	Asus Tinker-board S R2.0	Rock3a	Odroid C4
Ergebnisse				
7Zip (Com./Dec.), 4 Kerne	4169/7386 MIPS	3472/6562 MIPS	1630/6172 MIPS	3159/7044 MIPS
tinymembench	2710 MB/s	1527 MB/s	2885 MB/s	3430 MB/s
hdparm (cached)	1073 MB/s	830 MB/s (eMMC)	800 MB/s	1137 MB/s
openssl (kB/s)	78328	89117	83804	77733



Testrack in der Werkstatt

möchte? Gibt es gleichwertige Alternativen oder sind diese genauso von der Chipknappheit betroffen? Was können diese Alternativen, wenn man sie bekommt?

Unsere Auswahl war von der sehr knappen Verfügbarkeit geprägt, wir versuchten dennoch ein paar exemplarische Vertreter zu bekommen. Leider kann morgen oder bei Heftstart schon wieder alles anders aussehen, die grundlegenden Gedanken und Empfehlungen bleiben aber bestehen.

Augen auf beim Kauf

Egal ob Raspi oder ein alternatives Board: Fallen Sie nicht auf Scalper und unseriöse Wiederverkäufer herein. Seien Sie wachsam bei Ihrer Suche, einige Händler und manch private Verkäufer nehmen es nicht so genau mit

Lieferdaten und Verfügbarkeiten. Da werden Seiten so präpariert, dass gängigen Preissuchmaschinen eine Verfügbarkeit suggeriert wird, die dann aber im Shop nicht zutrifft. Preise werden z. B. in Grün geschrieben, erst wenn man genau schaut, sieht man das mögliche Lieferdatum. Wer warten kann, bestellt bei den offiziellen Händlern vor.

Möchten Sie es sportlich mit Nervenkitzel, können Sie auch bei Webdiensten wie *RPI-Locator* (Link in Kurzinfor) schauen, wo es aktuell Raspis zu kaufen gibt. Dann heißt es schnell sein. So habe ich vor kurzem meinen persönlichen Raspi 4 mit 4GB RAM bei einem offiziellen Händler kaufen können. Dort war er allerdings schnell ausverkauft und die Bearbeitungszeit war höher als gewohnt. Begründet wurde dies durch den hohen Ansturm auf die Meldung von RPiLocator hin. Was aber auch bedeutet, dass es größere Stückzahlen gab.

Bei Bestellungen aus dem Ausland bedenken Sie bitte die Lieferzeiten, Versandkosten, Zoll und Mehrwertsteuer. Sollte es Probleme mit dem Produkt geben, ist eine Rückabwicklung oft nur sehr umständlich oder ökonomisch nicht lohnend.

Gebrauchtkauf kann eine Alternative sein, ist aber unter Umständen mit einem höheren Risiko verbunden. Fragen Sie doch einmal bei Ihren Bekannten oder im lokalen Makerspace nach, vielleicht finden sich hier noch Boards in der Schublade. Auch Online-Communities,

die sich mit speziellen Boards beschäftigen sind eine mögliche Quelle für seriöse Angebote von „Schubladeboards“.

Betriebssystem

Je beliebter ein SBC ist, desto mehr Distributionen und Betriebssysteme hat man zur Auswahl, aus denen man für seinen Anwendungsfall wählen kann. Kriterien zur Auswahl sind, wie gut die Hardware des SBC unterstützt wird, ob man schon Vorlieben zu einer bestimmten Distribution und ihren Werkzeugen hat, welche Desktopumgebung benutzt wird und so weiter. Zur Wahl stehen etwa *Raspberry Pi OS* (auf Debian 10/11 basierend), *Armbian*, *Debian*, *Ubuntu*, *Manjaro*, *BSD*, *RiscOS*, *Kodi/LibreElec*, Game-Emulatoren (*Lakka*, *RecalBox* etc.), *Android* und sogar *Windows*. Die Auswahl fällt nicht immer leicht.

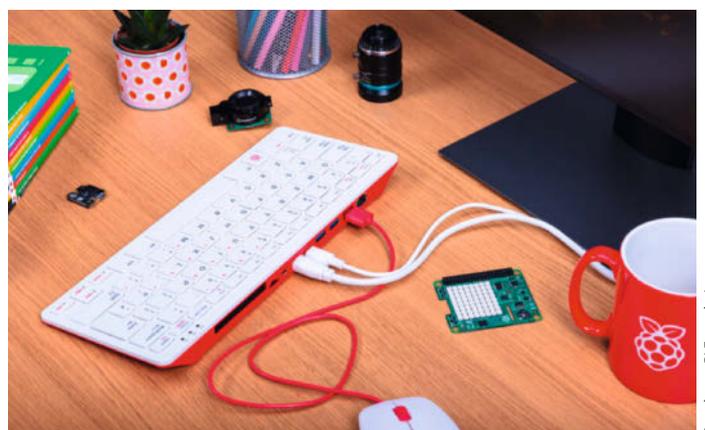
Raspberry Pi OS ist genau auf die Hardware der Raspis zugeschnitten. Ein Raspi kann auch mit einem Debian, Ubuntu und einem Haufen weiterer Systeme betrieben werden. Ein beliebiger SBC kann aber nicht mit Raspberry Pi OS betrieben werden, das zu stark an die Raspi-Hardware angepasst ist.

Bei Nicht-Raspis ist man sehr von der Community oder dem Hersteller abhängig. Die Community läuft oft der Entwicklung hinterher, der Hersteller gibt vielleicht die Entwicklung auf, wenn die Hardware nicht genug einspielt. Allerdings sind die Nachfolger oft Weiterentwicklungen, sodass man nicht alle Arbeit neu machen muss. Distributions-Updates (z. B. Debian 10 nach 11) werden oft nicht mehr vom Hersteller nachgeliefert. Die Pi Foundation agiert bei Updates vorsichtig, inzwischen ist man aber dazu übergegangen, eine aktuelle und eine ältere Version (*Legacy*) gleichzeitig zu pflegen, was den Raspberry-Pi-Boards ein langes Leben beschert.

Größtes Problem sind die Treiber für Multimedia Hardware (Video, GPU, Sound), die oft sehr spezielles Insiderwissen oder sogar proprietäre Firmware zum Funktionieren brau-



Vergleich der thermischen Reaktion von vier Probanden auf Spitzenlast (CPU)



Der Raspberry Pi 400, die Desktop-Alternative

Boards im Überblick

Board	Raspberry Pi 4B	Asus Tinkerboard S R2.0	Rock3a	Odroid C4
Hersteller	Raspberry Pi Ltd.	ASUSTeK Computer Inc.	Radxa Limited	Hardkernel
SOC				
Typ	Broadcom BCM2711	Rockchip RK3288-CG.W	Rockchip RK3568	Amlogic S905X3
CPU-Kerne	4 × A72	4 × A17	4 × A55	4 × A55
Takt (max.)	1800MHz	1800MHz	2000MHz	2000MHz
Architektur	AArch64/ARMv8-A	ARMv7-A	AArch64/ARMv8-A	AArch64/ARMv8-A
GPU	Videocore VI	ARM Mali T764	ARM Mali G52	Mali-G31P MP2
Arbeitsspeicher	2/4/8GB LPDDR4	2GB	2/4/8GB LPDDR4	4GB DDR4
Anschlüsse				
USB (2.0/3.0)	2/2	4/0	2(+1 OTG)/2	1(OTG)/4
Ethernet/WLAN/Bluetooth	1000M/(b/g/n/ac)/5.0BLE	1000M/(b/g/n), BT4.2	1000M/-/-	1000M/-/-
PoE	ja (HAT)	opt. Splitter Board	ja (Pins)	-
M.2	-	-	2	-
Monitor	2 × HDMI 2.0 (Mini)	HDMI 4K@30hz	HDMI 4k@60Hz	HDMI 2.0a
LCD/Video	1 × DSI/Composite	1 × DSI	1 × DSI	-
Kamera	1 × CSI	1 × CSI	1 × CSI	-
Audio	3,5mm/HDMI	Analog/HDMI/SPDIF	3,5mm/HDMI	-
Audio Eingang	-	3,5mm (Headset TRRS)	-	-
Stromversorgung	USB-C/GPIO	Micro-USB	USB-C/12V ext.	Hohlbuchse 5,5/2,1mm 7-17V
GPIO				
ADC	-	-	1 (1,8V)	2 (1,8V)
PWM	4	2 + 1 ext. Pin	7	4
SPI	5	2	1	1
UART	1	4	6	1
I ² C	6	2	3	2
CAN	-	-	2	-
Extra	-	1 PCM/I2S	1 (USB2)	SPDIF/I2S
Massenspeicher				
MicroSD	bis 1TB	Bis 1TB	bis 128GB	bis 1TB
eMMC/M.2.PCIE/Sata Anschlüsse	-/-/-	128MB/-/-	128GB/2TB SSD/-	128GB/-/-

chen. Hier können dann oft nur die Hersteller weiter helfen oder es muss aufwändig *reverse engineered* werden. So laufen dann viele Distributionen grundsätzlich auf dem speziellen SBC, oft aber nur im Terminal-Mode, d. h. ohne die grafische Benutzeroberfläche – für reine Serveranwendungen gut, für Desktop-Anwender oder ein Mediacenter ein *No-Go*.

Zusatzmaterial Online

In unserem Online-Artikel (Link in der Kurzinfo) und im Video haben wir noch viele weitere Informationen zur Kühlung, den Benchmarks und der GPIO-Problematik der Boards zusammengetragen, die hier keinen Platz mehr fanden.

Benchmarks

Die Benchmarks sind wie immer mit Vorsicht zu genießen, sie bilden nur jeweils einen Aspekt der Leistung ab. Beim Vergleich mit den Benchmarks aus den Artikeln des Jahres 2019

(siehe *Mehr zum Thema* im Kurzinfo-Kasten) ist zu bedenken, das sich seither einiges auf der Seite der Software getan hat. Beim Vergleich von Raspis unter Raspberry Pi OS (Debian-basierend) und den Alternativen unter Debian oder Ubuntu vergleicht man zwar sehr ähnliche Linuxe, aber trotzdem können je nach Ausrichtung der Distributionen auch hier größere Unterschiede auftreten. Dazu kommt beim Hands-On-Benchmark (*Usability*, Geschwindigkeit der Oberfläche), dass je nachdem, welches Speichermedium gewählt wird, die Performance *geföhlt* und *real* sehr unterschiedlich sein kann: Boards, die per schnellem USB3, SATA oder eMMC booten, fühlen sich einfach schneller an. Bei datenintensiven Aufgaben spielen sie dies dann aus, auch wenn vielleicht die Rechenleistung geringer als beim Vergleichs-Board ist.

Wir testeten wieder mit *ZZip*, *openssl*, *tiny-membench* und *hdparm*. Online (siehe Link in der Kurzinfo) haben wir auch noch die

Messwerte bei gleicher Taktfrequenz und jeweils 32- bzw. 64-Bit-System auf dem Raspi 4 veröffentlicht. Der Raspi 4 mit 1,5GHz Taktfrequenz dient dort als Vergleich zu den alten Messwerten. Die Parameter und Optionen der Benchmarks finden Sie ebenfalls online, um bei Bedarf selbst testen zu können.

Video

Wie schon 2019 festgestellt: Auch wenn mit 4K und mehr geworben wird, ohne die richtige Software verkommt sogar oft ein YouTube-Video im Browser zu einer Slideshow. Speziell als Mediaplayer angepasste Versionen der Betriebssysteme, Spezialversionen der Player oder Plug-ins sind nötig, um zum vollen Filmgenuss zu kommen. Der Platzhirsch *Kodi*, der auf der *LibreElec*-Distribution basiert, schafft es auf einem Raspi 4 sogar Filme in 4K bei 60Hz in HDR (**High Dynamic Range**) abzuspielen.

Raspberry Pi 4

Der Raspberry Pi ist sicher **der** Maßstab in seiner Klasse. Wir haben ihn schon ausführlich getestet und verglichen. Aber die Zeit ist nicht stehen geblieben: Auch wenn sich die Hardware nicht geändert hat, so wurde doch an der Firmware und dem Raspberry Pi OS (früher: Raspian) gearbeitet. Auch die Entwickler anderer Distributionen sind nicht untätig geblieben und so kann die Mediaplayer-Distribution Kodi nun auf einem Raspberry Pi 4K Video in 60Hz in HDR10 (**H**igh **D**ynamic **R**ange, **10** Bit) wiedergeben.

Schon länger kann man einen Raspberry Pi 4 per SD-Karte, USB oder Netzwerk booten. Neu ist, dass man inzwischen auch per Ethernet (nicht per WLAN) einen Raspi komplett installieren kann, ohne einen weiteren Computer zu benötigen, der Imager befindet sich bereits in der Firmware des Boards. So eine Installation zeigen wir im Video zum Artikel.

Auch der *Raspberry Pi Imager*, egal ob auf dem PC oder dem Raspi, kann nun mit Vor-

einstellungen zu User, Hostname, Zeitzone, Tastatur, Bootverhalten, ssh, Angaben für das WLAN und weiterem gefüttert werden (und merkt sich dies auf Wunsch auch): Nach dem Booten steht dann ein komplett eingerichteter Raspi zur Verfügung. Und noch etwas ist neu: Der Standard-Benutzer ist nun nicht mehr *pi* mit dem Passwort *raspberrypi*, es wird nun explizit nach einem Nutzernamen gefragt: Dies dient der Sicherheit. Ältere Tutorials und Software könnten aber Probleme bekommen, daher ist diese Kombination auch weiterhin möglich, aber nicht empfohlen.

Ein weiterer Grund, einen Raspi zu wählen, ist für viele Benutzer die kostenlose *Mathematica Pi Edition*, die praktisch den gleichen Funktionsumfang bietet wie die kommerzielle Version. *Mathematica* und die dazugehörige Programmiersprache *Wolfram* ist ein mathematisch-naturwissenschaftliches Programmpaket mit sehr umfangreichen Fähigkeiten: Grund genug für viele Wissenschaftler, Stu-

denten und Ingenieure einen Raspberry Pi als Zweitcomputer zu besitzen.

Der Raspberry Pi 4 steht weiterhin als guter Allrounder bereit, der sich in keiner Disziplin verstecken muss. Spitzenreiter ist er in verfügbarer Dokumentation und Support.



ASUS Tinker Board S R2.0

Das Board kommt nett verpackt mit einer Kurzanleitung auf Englisch und einem kleinen aufzuklebenden Kühlkörper. Das liest sich alles einfach, aber eine URL, wo man welches Betriebssystem herunterladen soll, wäre toll. Die Installation und Inbetriebnahme ist mit der eMMC problemlos: Man steckt das Board am PC an und spielt per Imager (z. B. *Etcher*) die Distribution auf, das funktioniert genauso wie mit einer SD-Karte. Wir haben das aktuelle *Tinker OS* (Debian-Buster-v3.0.11) installiert.

Das Tinker Board trat an, um in Sachen Bastelcomputer mit dem Raspberry Pi 3 zu konkurrieren. Leistungsmäßig liegt es etwa auf Raspi-4-Niveau und mit der eMMC auf

dem S R2.0 Board fühlt es sich wirklich schnell an. Teil der Strategie von Asus war es auch, die Dokumentation so wie beim Raspi hinzubekommen – dies glückte nur teilweise und der Aufwand, der inzwischen in die Arbeit an der Dokumentation gesteckt wird, scheint etwas zu erlahmen. Die Website ist unübersichtlich und direkt bei *Asus.com* trifft man auf kaputte Links.

Für den audiophilen Maker kann das Tinker Board ein Tipp sein, da es HD-Audio per I2S und PCM ausgibt und einen Mikrofoneingang bietet. Die Videoausgabe ist leider nicht so fix im Tinker OS. Besser wird es in speziellen Mediaplayer-Editionen die sich aber nicht so zahlreich und aktuell wie beim Raspi finden.

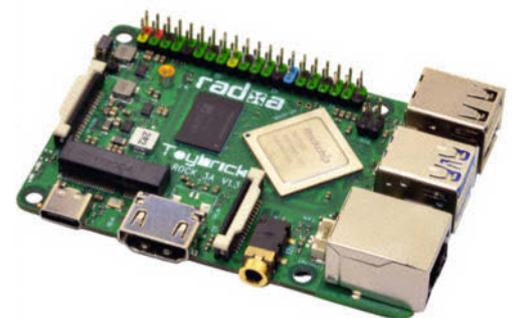


Radxa Rock 3A

Eigentlich vom Namen her als Raspi-3-Konkurrenz platziert, überraschte uns der *Rock 3A*: Selbst ohne Kühlkörper blieb er immer schön kühl, ohne das er langsam gewirkt hätte. Wir haben das vom Hersteller *Radxa* empfohlene *Debian Buster* für den *Rock 3A* auf einer SD-Karte installiert. Daneben gibt es noch *Ubuntu Server* und einige Distributionen aus der Community. Media-Distributionen sucht man allerdings vergeblich, da der verwendete *Rockchip* eher ungewöhnlich ist.

Dafür bietet der *Rock 3A* eine interessante Plattform für klassische Linux-Anwendungen wie Server oder Werbeblocker. Durch die zweifache M.2-Schnittstelle können schnelle SSDs und fixes WLAN angebunden werden. Die GPIOs sind sehr reichhaltig und sogar ein Analog-Digitalwandler steht zur Verfügung. Das Board kann mit 12V versorgt werden, gut für mobile Robotikaufgaben.

Sucht man also ein SBC ohne Entertainment-Fähigkeiten für Basteleien oder klassische Linux-Aufgaben, so ist der *Rock 3A* ein guter Kandidat.



ODROID-C4

Hardkernel ist ein Hersteller, der schon früh mit seinen Boards (*U2, U3, C2, XU4, N2* usw.) gegen die Raspberry Pis antrat und deren Leistungen die der Originale übertrafen. Immer lagen die Boards hinsichtlich der Speicherausstattung, Prozessorperformance oder Hardware-Unterstützung von Videocodecs vor dem jeweiligen Pi. Durch den guten Preis und z. B. die frühe Unterstützung von 64-Bit Betriebssystemen, sind diese Boards eine gute Alternative. Anfangs gab es Probleme bei der Unterstützung der Hardware, bedingt durch die Distribution, aber die große Community konnte zusammen

mit dem Hersteller die Probleme lösen: So sind die Boards inzwischen auch als Mediaplayer sehr beliebt.

Der C4 kann sich durchaus behaupten: Die vier USB 3.0 Ports sprechen für einen Einsatz als NAS, die gute und von den Mediaplayer-Distributionen unterstützte Videohardware macht ihn zum Media-Player. Die flexible Spannungsversorgung zwischen 7 und 17V ist ideal für mobile Robotik-Experimente ohne Kamera, auch weil die Vielzahl der GPIOs und die Rechenleistung stimmen. Einen ausführlichen Test (Link in Kurzinfor) gegen einen Raspi 4 (1,5GHz) finden Sie online.



Bild: Hardkernel Co., Ltd.



Weitere Alternativen

Nicht gut: Ein Projekt steht an, aktuelle Raspis sind grad nicht zu bekommen, die verfügbaren Alternativen passen nicht in das geplante Konzept, Budget oder zum eigenen Wissensstand?

Vielleicht liegt aber noch ein Raspi 1B oder Raspi 2 irgendwo in einer Schublade bei einem selbst, bei Freunden oder man kauft auf dem Gebrauchtmarkt. Die alten Raspis können sicher nicht bei Multimedia, Desktop oder als Fileserver mithalten, einfache Bastel- und Steueraufgaben wuppen sie aber problemlos. Auch Intra- oder Internetserver für nicht zu viele Benutzer sind kein Problem.

Ich habe z. B. das Projekt *RadiOpi* aus Make 1/22 mit einem Raspi 1B nachgebaut. Ja, man

braucht etwas Geduld beim Installieren, aber wenn er läuft, bemerkt man nur eine höhere Umschaltzeit zwischen den Sendern. Auf einem Raspi 2 unter *Ubuntu Mate* läuft ein Desktop, mit dem in der Werkstatt ein USB-Oszilloskop bedient wird und auf dem *Octoprint* für meinen 3D-Drucker läuft. Wenn ich nicht geplant oder aus Versehen eine Sicherung auslöse, dann laufen diese kleinen Raspis jahrelang ohne Probleme durch und sind dabei noch sparsamer als aktuelle Boards. So geht es mit sehr vielen Projekten, die in der Make veröffentlicht wurden: Bei Neukauf ergibt es zwar normalerweise keinen Sinn, nicht den neuesten Raspi zu kaufen und zu verwenden, in der aktuellen Situation geht das aber nicht und ist oft auch nicht nötig.

Ein Raspi 3 ist fast genauso schnell wie ein Raspi 4, allerdings ist die Stromversorgung und Kühlung nicht ganz einfach zu handhaben, wie ich in meinem Bartop-Arcade feststellen musste. An seine Grenzen stößt er ebenfalls durch die relativ schwache Videoleistung sowie dadurch, dass er nur USB 2.0 bietet und auch das Ethernet darüber angebunden ist. Durch seine Beliebtheit und die gute Dokumentation ist er aber immer noch ein guter SBC für viele Fälle.

Weiterhin kann man sich in unseren Vergleichs-Artikeln (siehe *Mehr zum Thema* in den Kurzinfor) informieren, wie sich die schon älteren SBC schlagen.

Die anderen und die ganz anderen

Möchte man eher einen Desktop-Computer, so sollte man sich in der aktuellen Situation vielleicht den *Raspi 400* anschauen, der immer noch gut verfügbar und günstig ist. Der Bastelfaktor ist nicht ganz so groß, aber die GPIOs sind doch bequem zu erreichen.

Wenn der Formfaktor nicht Raspi 4 ähnlich sein muss, so ist auch der *Raspberry Zero 2 W* eine Überlegung wert: Für kleine Handheld-Anwendungen oder in Robotern prädestiniert, ist der mit dem Raspi 3 verwandte SBC eine gute Alternative, mit für viele Fälle ausreichender Leistung bei allerdings knappen Speicher.

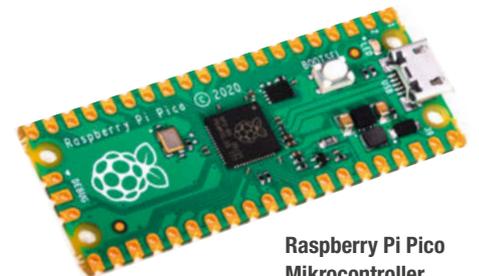
Die diversen *Compute-Modules* (CM) mit den Raspi-Rechenkernen darauf sind ein weiterer Weg, um zusammen mit einem Basis-Board zu einem SBC zu kommen. Hier ist aber aktuell die Marktlage noch angespannter, da die CMs bevorzugt an Hersteller geliefert werden, die ihre Produkte dann damit austatten. Nichtsdestotrotz ein Thema, mit dem

wir uns zu einem günstigeren Zeitpunkt noch beschäftigen wollen.

Mini-PCs mit *Intel*- oder *AMD*-Prozessor, günstige Laptops, NAS-Geräte mit hackbarem Betriebssystem: Es gibt einen ganzen Zoo von Geräten, die für verschiedene Projekte verwendet werden können. Zu bedenken sind aber immer der Stromverbrauch und die Einarbeitungszeit für solche Geräte.

Viele Sachen sind unter Linux bequem machbar, für manche Aufgaben ist Linux allerdings Overkill: Alles, was man bequem in ein einzelnes Programm gießen kann, wird auch durch moderne Mikrocontroller bewältigt. Wenn WLAN im Spiel ist, so können *ESP32*-Boards, programmiert mit C oder Python, eine wirklich großartige Alternative sein, die Leistung reicht auch für KI (**K**ünstliche **I**ntelligenz) und Bilderkennung, wie wir in diversen Projekten gezeigt haben.

Seit einiger Zeit ist die Raspberry Foundation auch mit dem sehr erfolgreichen *Raspi*



Raspberry Pi Foundation

Raspberry Pi Pico
Mikrocontroller

berry Pi Pico am Start, einem Mikrocontroller, der für fünf Euro viel Leistung und 40 GPIOs mitbringt: Programmiert wird er z.B. in Python oder C (Arduino IDE, VSCode etc.). Der *RP2040*-Chip des Pico wird auch einzeln verkauft und so bringen immer mehr Hersteller eigene Boards auf den Markt, die um Features wie WLAN, SD-Kartenslots und Sensoren erweitert sind.

Nicht zuletzt können auch der klassische *Arduino* oder seine moderneren Nachfolger vieles erledigen, was der Maker so für seine Projekte braucht: auch Netzwerk und Multimedia sind dem Urahn aller Bastlerboards nicht mehr fremd. So setze ich einen alten *Arduino-UNO* mit Ethernet-Modul ein, um meinen *Amiga* Computer in das LAN zu bringen. —caw

Neues Fablab bei Karlsruhe

Nach über drei Jahren Suche hat das Fablab Bruchsal eine geeignete Location gefunden und zieht seit Anfang April in die Bahnhofstrasse 2 ein.

fablab-bruchsal.de

Maker-Termine

Maker-Camp

7. – 9. Juni
Stadtbibliothek
Ludwigsburg
events-stabi.ludwigsburg.de

Feminist Hardware Festival

bis 14. Juni
Mz* Baltazar's Lab Wien
mzbaltazarslaboratory.org

Abschluss Coding da Vinci BW

24. Juni
Landesmuseum
Württemberg
codingdavinci.de

KI Fabrigk

30. Juni – 1. Juli
Kavalier Dalwigk,
Ingolstadt
ki-fabrigk.de

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

Veranstalten Sie selbst?

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

mail@make-magazin.de



Bild: Shackspace

Shackspace im Umzugsstress

Der Hackerspace muss sich nach 10 Jahren verkleinern

Dem Stuttgarter *Shackspace* wurde Anfang des Jahres überraschend gekündigt. Nach 10 Jahren in der Ulmer Straße 255 hieß es, schnell neue Räume zu finden. Das hat man geschafft und zieht rund 450 Meter von der bisherigen Unterkunft ein – in die Ulmer Straße 300 („U300“). Sechs der Räume im Erdgeschoss des Gebäudes werden zur neuen Heimat, wobei der space-nahe Verein zum Erhalt klassischer Computer dort ebenfalls unterkommen wird. Für nötige Renovierungsarbeiten und den eigentlichen Umzug werden noch Helferinnen und Helfer gesucht. Denn es stehen einige Herausforderungen an.

Bisher waren im Shackspace rund 230 Kubikmeter an Material und Geräten vorhanden. Das entspricht

circa elf bis zwölf Fahrten mit einem 7,5-Tonner, so erste Schätzungen aus dem Space. Neben der üblichen Hackerspace-Ausrüstung sind etwa ein Getränke- und ein Snackautomat, Telefonzellen und ein Klavier vorhanden. Allerdings kann nicht alles mitgenommen werden, denn mit dem Umzug verkleinert sich der Shackspace deutlich, von 14 Räumen und 450 Quadratmeter auf gerade einmal 150 Quadratmeter. Bis zum 30. Juni muss der alte Space geräumt sein. Seit Anfang April wird im neuen Space schon renoviert. —hch

► wiki.shackspace.de/project/umzug2022

Neue Werkstatt in Passau

Fünf Studierende haben das InnWerk gegründet

Anfang Mai feierte in Passau das *InnWerk* seine Eröffnung. Die offene Werkstatt wurde von fünf Studierenden ins Leben gerufen, deren WG-Zimmer für größere Bauprojekte einfach zu klein waren. Als sie von den Räumen in der Mariahilfstraße 6 erfuhren, war die Idee des InnWerks geboren. Da der Raum klein ist, sind die Werkstattbereiche modular aufgebaut: Gebastelt wird an Fahrrädern und Textilien, mit Metall, Holz und Elektronik. Gefördert wird das Projekt von der Uni Passau und dem Europäischen Solidaritätskorps.

„Wir sind dabei keine Dienstleister,“ so das Vorstandsmitglied Julia Gasser. „Jede und jeder muss das Werkzeug schon selbst in die Hand nehmen.“ Gleichzeitig soll hier kein exklusiver Ort für Profibastler entstehen. Stattdessen sind alle Passauerinnen und Passauer eingeladen, ihren Spaß am Handwerken und Basteln zu entdecken. Ein weiterer Fokus ist das Reparieren und lernen, wie Dinge funktionieren. Im Juni steht außerdem die Projektwoche „Visionen einer nachhaltigen Zukunft“ auf dem Programm, die in Zusammenarbeit mit der Hochschulgruppe Nachhaltigkeit durchgeführt wird.

Wer weitere Ideen hat oder einfach nur neugierig ist, kann gerne vorbeikommen. Ab sofort ist das InnWerk am Montag am Donnerstag von 14 bis 17 Uhr, am Dienstag von 17 bis 20 Uhr und am Samstag von 14 bis 16 Uhr geöffnet. Alle zwei Wochen trifft sich das Team zusätzlich Mittwoch abends um 20 Uhr in der Hans-Kapfner-Str. 14b im Seminarraum 008. Unter anderem steht die Gründung eines Trägervereins auf der Agenda. —hch

► innwerk.org



Bild: InnWerk

Umbruch in Ulm

Das Verschwörhaus hat eine neue Leitung bekommen

Im Mai hat die Stadt Ulm für das *Verschwörhaus* ein neues Nutzungskonzept vorgelegt, um es als kreatives Digitallabor weiterzuentwickeln. Mit Niklas Schütte gibt es außerdem einen neuen Leiter, nachdem sein Vorgänger Stefan Kaufmann das Haus zum Ende des vorigen Jahres verlassen hatte. Er hatte das Projekt mit ins Leben gerufen, das 2015 aus der Ulmer Open-Data-Gruppe entstanden war und sich seither einen Ruf als Vorbild für die Kooperation von Stadtverwaltung und Ehrenamtlichen erarbeiten konnte. Über das Programm „Zukunftsstadt 2030“ wurde das Verschwörhaus von der Stadt gefördert, die die Miete für das Gebäude, einen Teil der Ausstattung und die Stelle des Leiters finanzierte. Das Programm und weitere Ausstattung stellten die Ehrenamtlichen, die sich seit 2019 auch als Verein Verschwörhaus organisieren. So gibt es Werkstätten für die Arbeit mit Elektronik, Holz, Metall und Textilien und eine Bibliothek. Außerdem treffen sich dort verschiedene Gruppen, etwa zu den Themen LoRaWAN, OpenStreetMap und *Frauen und Computer Kram*. Regelmäßige Veranstaltungen bietet auch das *Jugend Hackt Lab*.

Nun soll das Programm weiter ausgebaut werden. Nach dem gerade verabschiedeten Nutzungskonzept

soll der Veranstaltungskaufmann Schütte neue, offene Angebote entwickeln, zusätzlich sollen Veranstaltungen zu Projekten des Stadtkonzerns Ulm im Verschwörhaus stattfinden und Kooperationen mit weiteren Einrichtungen begonnen werden. Der Verein Verschwörhaus darf die Räume daher nicht mehr alleine nutzen, sogar der Auszug steht im Raum. Denn die Stadt hat sich die Rechte am Namen und Logo des Verschwörhauses gesichert, was im Verein für Unmut sorgte. Sollte der Widerstand bleiben, wird die Stadt dem Verein aber keinen neuen Nutzungsvertrag geben, berichtete der *Tagesspiegel*. Bis zum Redaktionsschluss gab es noch keine Einigung.

—hch



Bild: Open Knowledge Foundation / Holger Dom (CC BY 4.0)

► verschwoerhaus.de

Raumsuche in Stralsund

In Stralsund entsteht mit dem Port39 gerade ein neuer Hackerspace. Aktuell ist man noch auf Raumsuche.

port39.de

Berliner Leihladen

Eine Bibliothek der Dinge gibt es jetzt im Stadtteilzentrum Friedrichshain in Berlin. Dort können von der Drahtbürste bis zum 3D-Drucker Maschinen und Werkzeug ausgeliehen werden.

friedrichshain.leihpunkte.de

49 Horror-Klicks

Kolophonium

von und mit @beetlebum

Panel 1: OHA! HEUTE MIT EINER ANLEITUNG ZUM BAU EINES GEIGERZÄHLERS!

Panel 2: AM BESTEN FINDE ICH DAS CHARAKTERISTISCHE KLICKEN DURCH DIE SPANNUNGSENTLADUNG IM ZÄHLROHR.

Panel 3: EIN GERÄUSCH, DAS WOHL EINE GANZE GENERATION AUS DER ZEIT DES KALTEN KRIEGES UND TSCHERNOBYL TRAUMATISIERTE...

Panel 4: ICH FRAGE MICH, OB MAN NICHT MIT KLEINEREM AUFWAND EINEN FAKE-GEIGERZÄHLER BAUEN KÖNNTE...

Panel 5: LAUT SPECHER, MP3-DECODER, SD-KARTE MIT HIGH-QUALITY GEIGER-KLICK-MP3s, ARDUINO NANO, OLED ANZEIGE, ROT BUNT BLINKENDE LEUCHTDIODEN, ENTFERNUNGSMESSER.

Panel 6: UM DAMIT ZUM NÄCHSTEN HALLOWEEN

Panel 7: HÄLLOWEEN! DES IST DOCH NUR EINE ERFINDUNG DIESER AMERIGANER...

Panel 8: UM UNS BÜRSCHERN DAS GELD AUS DER DASCHE ZU...

Panel 9: OH OH... KLK! KLK!

Panel 10: ...EINEN BOOMER IN ANGST UND SCHRECKEN ZU VERSETZEN.

Panel 11: KRKRK KRKRKR KRKRKRK

Panel 12: WAS „OH OH“?

Panel 13: WAAAS?! UND DAS BESTE?

Panel 14: BIS ZUM NÄCHSTEN HALLOWEEN IST NOCH RICHTIG VIEL ZEIT ZUR UMSETZUNG!

Panel 15: TO DO PROJEKTE

3D-Scanner für Maker

Es hat was von Magie: Mit einer gewöhnlichen Kamera oder einem speziellen Tiefensensor umkreist man einen Gegenstand und im Rechner entsteht ein digitaler Zwilling in Form einer 3D-Datei. Die kann man mit dem 3D-Drucker reproduzieren oder auch in Computerspiele oder Virtual-Reality-Umgebungen einbauen. Wir haben aktuelle 3D-Technik von gratis bis rund 700 Euro mal ausprobiert – und sind nachhaltig fasziniert.

von Peter König



Vor ein paar Monaten tauchten im Netz faszinierend feine 3D-Dateien auf, die zwei aktuelle 3D-Scanner hervorgebracht hatten: das Open-Source-Projekt *OpenScan Mini* (siehe Titelbild des Artikels) und das kommerzielle Produkt *Revopoint Pop 2* ❶. Bei letzterem stiegen wir kurzerhand in die Kickstarter-Kampagne ein, ersteren hatten wir bereits seit einer Weile als Bausatz da, pimpten den aber noch mit der neuen 16-Megapixel-Autofokus-Kamera *Arducam IMX516*. Dann ging es an den Test und der war nebenbei Anlass, mal wieder einen Blick auf den Stand Maker-tauglicher 3D-Scan-Technik zu werfen.

Structured Light

Ähnlich wie beim *3D-Druck* stecken hinter dem Oberbegriff *3D-Scan* eine ganze Reihe von unterschiedlichen Verfahren und Techniken. So nutzt der hier vorgestellte *Revopoint Pop 2* das *Structured-Light-Verfahren*: Ein Projektor wirft ein Lichtmuster auf das Zielobjekt, eine Kamera schaut aus deutlich anderem Blickwinkel auf die Projektion auf der Oberfläche und registriert, wie das Lichtmuster durch die Form des Gegenstands verzerrt wird. Daraus berechnet die Software die 3D-Form.

Viele klassische und professionelle 3D-Scanner projizieren hierfür nacheinander eine Kaskade immer feinerer schwarzweißer Streifenmuster mit einem Beamer auf das Objekt (beispielsweise der *Scan in a Box*, siehe Link in der Kurzinfo). Doch das prominenteste Beispiel für einen solchen Structured-Light-Sensor dürfte die erste *Kinect* von Microsoft gewesen sein. Die arbeitete allerdings mit einem Infrarotlichtmuster – der *Pop 2* tut es ihr nach, sein Lichtmuster ist also mit bloßem Auge nicht zu sehen.

... und Photogrammetrie

Der *OpenScan Mini* hingegen arbeitet nach dem Prinzip der *Photogrammetrie*: Die Software fahndet auf einer Fotoserie, die das zu scannende Objekt aus möglichst vielen unterschiedlichen Blickwinkeln zeigt, nach Details, die auf möglichst vielen Fotos auftauchen. Die setzt sie dann in Relation und rekonstruiert daraus die räumliche Situation – zunächst die Positionen der Kamera bei den verschiedenen Aufnahmen und dann die Geometrie des eigentlichen Objekts.

- ❷ Obere Reihe: Die Kunststofffigur (links) wurde ohne Vorbehandlung aufgenommen, die Zahl der erkannten Features (grüne Punkte, Mitte) ist relativ gering, das Scan-Ergebnis (rechts) überzeugt nicht.
- Untere Reihe: Dank Kreidespray gibt es deutlich mehr Features und ein hervorragendes Scan-Ergebnis (Aufnahmen aus dem *OpenScan Mini*, verarbeitet in der *OpenScan Cloud*).

Kurzinfo

- » Verfahren unter der Lupe: Photogrammetrie und Structured Light
- » Wie man Objekte für optimale Scans vorbereitet
- » Praxistests: Revopoint Pop 2 und OpenScan Mini
- » Gratis-Alternativen für Photogrammetrie

Mehr zum Thema

- » Peter König: Ausprobiert: Scan In A Box, Online
- » Mario Lukas, Das 3D-Scanner-Praxisbuch, Grundlagen, Nachbau, Nachbearbeitung, dpunkt.verlag 2020
- » Video: Die 3D-Scanner in Aktion

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xsy6




❶ Kompakt wie ein Schokoriegel, aber vollgepackt mit Technik – der Revopoint Pop 2.



Thomas Megel / OpenScan.eu



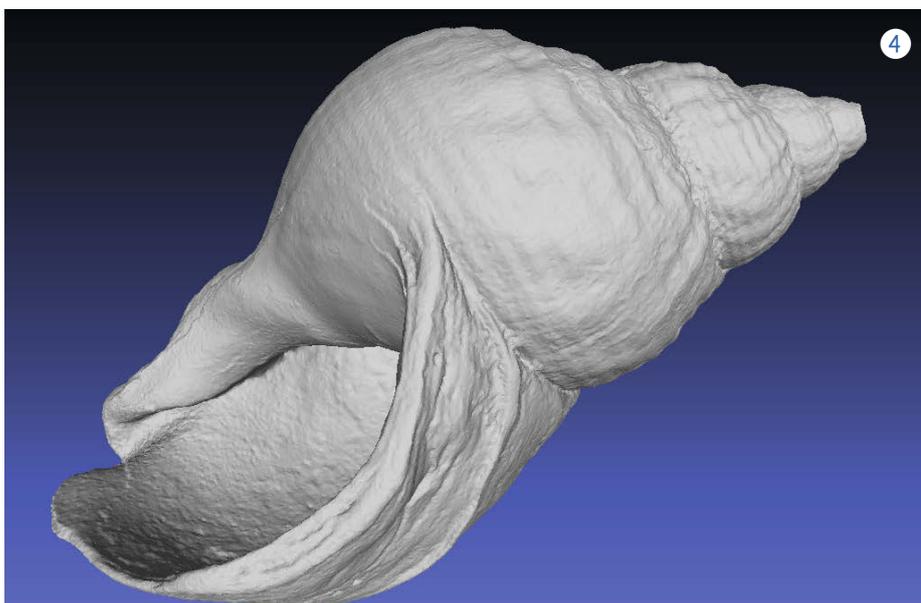
Weitere Techniken zur Erfassung von 3D-Formen sind etwa das *Lichtschnitt*-Verfahren mittels Linienlaser oder *Time-of-Flight*-Sensoren wie beim *Lidar*, das aktuelle iPhones der Oberklasse bieten. Die sind alle im Folgenden kein Thema, aber falls Sie sich zum Beispiel für Apps interessieren, die das Lidar auf dem iPhone fürs 3D-Scannen nutzen, freuen wir uns über Rückmeldungen an mail@make-magazin.de. Vielleicht werden sie dann Thema in einem zukünftigen Artikel.

Was geht

Der *OpenScan Mini* ist ein ausgesprochener Miniaturens scanner: Die *maximale* Objektgröße wird mit 9cm in allen drei Dimensionen angegeben – wie man trotzdem größere Objekte photogrammetrisch bearbeiten kann, dazu später mehr. Beim *Revopoint Pop 2*

hingegen liegt die *minimale* Objektgröße bei 2cm in jede Richtung, eine Obergrenze gibt es theoretisch nicht. Allerdings arbeitet der Sensor nur auf eine Distanz zwischen 15 und 40cm, große Objekte muss man deshalb aus der Nähe ringsherum abfahren und dabei stets den Abstand im Auge behalten.

Sowohl Photogrammetrie als auch Structured Light benötigen eine optisch klar definierte Oberfläche zum Scannen – was glänzend oder gar spiegelnd, halb- oder ganz transparent ist, macht große Probleme. Solche Gegenstände muss man deshalb vorübergehend mattieren, etwa mit einem abwaschbaren Kreidespray oder einem speziellen 3D-Scan-Spray, das nach einer Weile von selbst verschwindet. Bei der Photogrammetrie sind zudem Polfilter gegen Reflexionen und Glanzlichter nützlich.



Features entscheiden

Ein Gegenstand muss zudem ausreichend *Features* bieten. Dieser Begriff taucht immer wieder auf, wenn man sich mit 3D-Scannen oder Bildverarbeitung beschäftigt. Eine wörtliche Übersetzung ist schwer, gemeint sind *unverwechselbare und damit eindeutig identifizierbare Details*.

Wer dabei an die Ecken und Kanten denkt, denkt zu kurz: Deren Anzahl reicht schlicht nicht aus. Die Software findet ihre Features – idealerweise mehrere Zehntausend pro Bild! – bevorzugt in Mikrostrukturen, gerade auf größeren glatten Flächen, etwa in der Maserung eines Stück Holzes oder der sichtbaren Körnung eines Steins. Wichtig ist dabei, dass solche Strukturen kontrastreich genug sind und nicht zu regelmäßig – maschinell aufgedruckte Raster aus Punkten oder Linien, seien sie noch so fein, sehen an zu vielen Stellen sich selbst ähnlich und verwirren die Software.

Auch auf einfarbigen Oberflächen findet die Software zu wenig Anhaltspunkte. Hier hilft man deshalb am besten wieder mit farbigem Kreidespray nach, das man aber nicht flächendeckend aufsprüht, sondern in feinem Nebel, sodass sich auf der Oberfläche ein feines, aber hinreichend chaotisches Punktmuster absetzt.

Man darf sich da nicht verwirren lassen: Das menschliche Auge wird durch das feine Sprenkelmuster in seiner Wahrnehmung der Form eher verwirrt, für die Photogrammetrie-Software ist es hingegen ein gefundenes Fressen ②.

Klebspunkte statt Kreide

Scannt man hingegen mittels Structured Light, darf die Oberfläche übrigens auch einfarbig sein – hier sorgt das projizierte Lichtmuster für die nötigen Features. Allerdings ergeben sich bei dieser Technik Probleme, wenn die *Form* des Gegenstands an sich zu viele ähnliche Stellen aufweist, etwa eine gleichmäßige Riffelung. Auch ein Pappbecher sieht für den Sensor von jeder Seite identisch aus. Bei so etwas kann der Scanner schon mal den Faden verlieren. Beim *Revopoint Pop 2* gibt es dafür den Scan-Modus nach *Markern*, kleinen Klebspunkten mit schwarzem Rand und weißem Zentrum. Die muss man dann in hinreichender Dichte, aber möglichst ungleichmäßiger und damit unverwechselbarer Anordnung auf das Objekt kleben, um Orientierungspunkte für die Software hinzuzufügen.

Punktwolken-Fusion

Beim Scannen muss der Gegenstand irgendwo drauf stehen, aber Kamera oder Sensor können durch diese Unterlage nicht hindurch-

sehen – die Unterseite bleibt ungescannert. Möchte man ein rundum durchmodelliertes 3D-Modell haben, muss man das Objekt in mehreren Ausrichtungen scannen und die Ergebnisse zusammenführen.

Die gute Nachricht: Das funktioniert bei beiden hier getesteten Scannern praktisch vollautomatisch und dabei in der Regel sehr gut, ohne jegliche manuelle Nacharbeit. Der mit dem *Revopoint Pop 2* gescannte Spielzeugwidder zeigt nach drei Scan-Durchgängen (aufrecht stehend, einmal auf der rechten und einmal auf der linken Seite liegend) sogar seine unten gespaltenen Hufe **3**, die Wellhornschnecke aus dem *OpenScan Mini* ist nach zwei Durchgängen bis tief in die erste Windung hinein auch innen modelliert **4**. Beide 3D-Dateien haben auch farbige Texturen, die in den Bildern der Deutlichkeit halber weggelassen wurden. Ansonsten haben wir die Dateien nicht angerührt, keine Artefakte entfernt oder Stellen geglättet – die jeweilige Scan-Software hat sie genau so als Datei im Standardformat .OBJ abgeliefert.

Diese 3D-Modelle mit Textur sowie noch mehr Scan-Ergebnisse gibt es online über den Link in der Kurzinfo zu sehen, im Video und auch als 3D-Dateien, denn flach ins Heft gedruckt geht auch viel Faszination verloren...

Die automatische Fusion der einzelnen Scans ist wirklich ein riesiger Fortschritt gegenüber früher, als es oft noch ein mühsamer Vorgang war, aus mehreren Durchgängen ein Modell zu machen: Da mussten 3D-Punktwolken einzeln in Software geladen und unerwünschte Punkte entfernt werden, bevor die Wolken höchstens halbautomatisch aneinander ausgerichtet und dann verschmolzen wurden – wobei durchaus viele Oberflächendetails verloren gehen konnten, wenn man Pech hatte.

Revopoint Pop 2

Der *Revopoint Pop 2* ist mit 638 Euro für die Standardversion und 714 Euro für das Premiumpaket kein echtes Schnäppchen, aber er hat es in sich: Im kompakten Gehäuse (15cm × 4cm × 2,5cm) steckt ein Infrarot-Laser-Projektionssystem, dessen Lichtmuster von einer Stereokamera aufgenommen wird. Eine RGB-Kamera nimmt farbige Texturen für die 3D-Modelle auf. Mit an Bord sind auch WLAN und ein 6-Achsen-Gyroskop für die Erkennung der aktuellen Lage des Scanners im Raum – und ein *Dual Core ARM Cortex-A7*, der die ganzen Input-Daten direkt auswertet und verarbeitet.

Der Scanner wird über ein USB-3.0-Kabel an den Rechner (Windows oder Mac) angeschlossen, auf dem die Steuerungssoftware des Herstellers läuft, die keine besonderen Systemansprüche stellt. Das mitgelieferte Dreibeinstativ dient im zusammengeklappten Zustand auch als Handgriff. Zwischen Scanner



und Griff passt auch noch der mitgelieferte Smartphone-Halter – die Scan-Software gibt es auch als Apps für Android und iOS. Smartphone und Scanner kommunizieren dabei über WLAN; unter Android alternativ auch über ein USB-C-Kabel, im Test haben wir das allerdings nicht zum Laufen bekommen.

Am Rechner hängend holt sich der Scanner seinen Strom über das USB-Kabel, mobil muss er mit einer Powerbank versorgt werden. Das *Premium Package* des *Pop 2* enthält dafür eine Powerbank mit Stativgewindeschraube, die gleich als Handgriff dienen kann **5**. Ebenfalls nur beim Premium Package ist der simple Drehteller enthalten, den man auf dem Bild **6** sieht und der beim Scannen kleinerer Objekte nützlich ist.

Auf dessen Oberfläche sind gleich eine Reihe von Markern aufgedruckt, die man von Revopoint auch selbstklebend in 500er-Packs

bekommt. Für das Scannen mit Markerhilfe gibt es in der Software einen eigenen Betriebsmodus, außerdem solche nach *Features* (da sind sie wieder), wobei der Scanner sich nicht nur am Input aus seinem IR-Tiefensensor orientiert, sondern auch an den optischen Information aus der RGB-Kamera. Ein *Dark-Modus* ist auf das Scannen dunkler Gegenstände spezialisiert, außerdem gibt es noch drei Modi alleine für das Scannen von Personen: *Face, Head und Body*.

Den Spielzeugwidder von den Bildern **3** und **6** haben wir in drei Durchgängen auf dem Drehteller gescannt und dabei nach jedem Durchgang die Software die gewonnene Punktwolke gleich *fusionieren*, also zu einer Oberfläche zusammenrechnen lassen. Der Vorteil: Im nächsten Durchgang gelingt der Software das Kunststück, die frisch erfassten 3D-Daten mit der Form aus der vorigen Runde





in Deckung zu bringen und am Ende alles zu einem rundum durchmodellierten Objekt zu verschmelzen – ohne Artefakte. Dank des Tiefensensors sind die Maße des Scans zudem genau, man muss die 3D-Datei deshalb nicht mehr mühsam im Slicer skalieren, wenn man etwa eine Kopie eines Gegenstands in 3D drucken will. Dafür mussten wir im Test bei der Orientierung nachbessern, der Widder stand in der Datei nicht auf allen vier, sondern balancierte nur auf den Vorderhufen. Einen rein weißen Styroporkopf scannte der Pop 2 im Test auf Anhieb perfekt, ohne dass zusätzliche Features durch Sprühkreide oder Marker nötig waren **7** – und auch keine Nachbearbeitung der erzeugten OBJ-Datei.

Frei Hand größere Objekte zu scannen erfordert mit dem *Revopoint Pop 2* dann allerdings einige Konzentration: Man muss sich langsam genug bewegen, damit die Software Schritt halten kann und dabei den Abstand zwischen 15 und 40cm halten. In diesem Fall

ist das Scannen mit eingespanntem Smartphone das Mittel der Wahl, weil man so gleichzeitig das Zielobjekt und die App mit dem Scanfortschritt im Auge behalten kann. Viel Rechenpower auf dem Telefon belegt der Vorgang nicht – allerdings spielt offenbar der Speicher eine Rolle, denn bei unseren Tests war gelegentlich Schluss, weil die App meldete, der Speicher wäre voll. Offenbar wird an der Software auch noch gearbeitet... Dennoch: Durch die verschiedenen Scan-Modi und seine Fähigkeit, auch große Dinge erfassen zu können, aber auch genügend Details bei kleinen Objekten abzubilden, ist der *Revopoint Pop 2* ein nützliches Werkzeug, dessen Anschaffung etwa für einen Makerspace einen Gedanken wert ist.

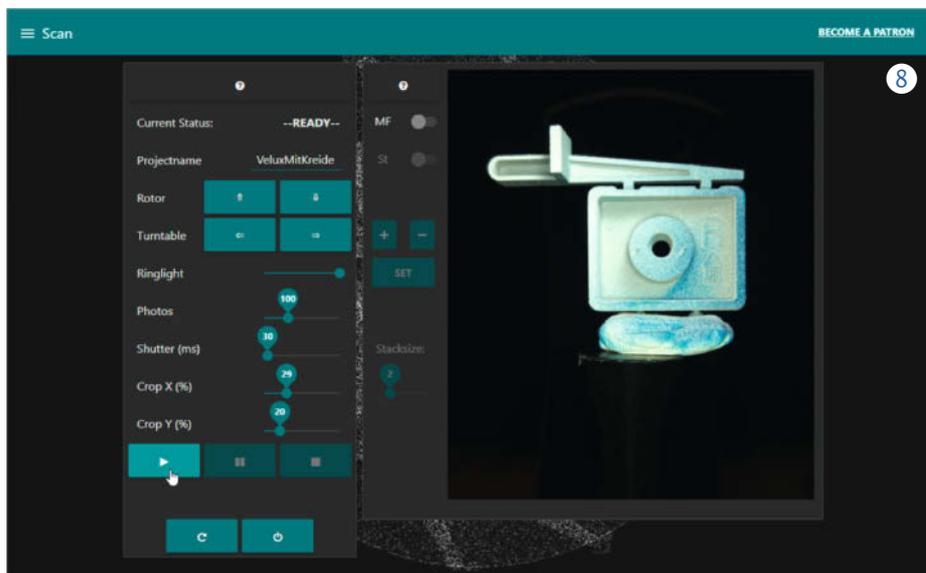
OpenScan Mini

Der *OpenScan Mini* ist ein Open-Source-Projekt von Thomas Megel und ist strengge-

nommen gar kein vollständiger 3D-Scanner, sondern ein Photogrammetrie-Fotoautomat: Das Zielobjekt wird auf dem pilzförmigen Drehteller in der Mitte der Konstruktion platziert (auf dem Titelbild zu diesem Artikel füllt der grüne *Makey* diese Rolle aus), der von einem Schrittmotor gedreht wird. Ein zweiter Motor bewegt den Rotorring, an dessen Ende die Kamera sowie ein Ringlicht aus LEDs angebracht sind, um das Objekt zu beleuchten. Im Sockel sitzt wahlweise ein Raspberry Pi 3 oder 4 und ein spezielles Shield, das unter anderem die Motortreiber trägt.

Für den Raspi gibt es ein vorbereitetes Image zum Herunterladen. Nach Konfiguration des WLAN und Start des Scanners ruft man die Bedienoberfläche im Browser unter der lokalen Adresse <http://openscan/> auf und kann dort alle gewünschten Parameter einstellen **8** – etwa die Zahl der Bilder, die der Scanner in diesem Durchgang schießen soll. Aus der ermittelt die Software dann die einzelnen Bewegungsschritte für Drehteller und Rotor, sodass das Objekt aus möglichst unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen wird. Das dauert dann ein paar Minuten, je nach Bildzahl. Anschließend wird man gefragt, ob man noch eine Serie desselben Objekts aufnehmen will – falls ja, einfach den Gegenstand auf dem Drehteller umdrehen und wieder klicken; die Bilderserien werden automatisch zusammengefasst.

Zum Schluss kann man die Bilderserie entweder als Zip-Archiv herunterladen und in eine Photogrammetrie-Software füttern (mehr dazu weiter hinten unter *Lokal statt Cloud*) oder in die kostenlose, aber spendenfinanzierte *OpenScan Cloud* hochladen, die Thomas Megel ebenfalls betreibt. In unserem Test haben wir das durchweg so gemacht, denn deren Ergebnisse fielen in der Regel absolut überzeugend aus – um nicht zu sagen: Uns fiel häufiger die Kinnlade herunter. Dank



der *Arducam IMX516* sind die 3D-Dateien so fein aufgelöst, dass sich sogar die einzelnen Kreidespritzer plastisch abbilden [9](#). Dünn sprühen lohnt sich also. Die 3D-Scans haben mangels Kalibrierung nicht dieselben absoluten Maße wie das Original, sind aber in sich von den Relationen stimmig, sodass sie sich später in der 3D-Software der Wahl leicht skalieren lassen.

Der *OpenScan Mini* ist eine relativ minimalistische Konstruktion, die man locker an einem halben Tag zusammenbaut. Alle mechanischen Teile kann man sich selbst in 3D drucken (die Druckzeit kommt in diesem Fall natürlich dazu); Schrittmotoren, Kabel etc. sind Standardteile. Speziell sind eigentlich nur Ringlicht, Shield und der empfehlenswerte Polfilter – und die kann man einzeln im Online-Shop kaufen, den Thomas Megel unter *OpenScan.eu* betreibt. Wer selbst bestückt und auch den Filterrahmen selber druckt, ist mit 54 Euro für diese Teile dabei. Der Komplettbausatz in der Maximalausstattung (inklusive fertiger Druckteile, allerdings ohne Raspberry Pi) kostet 253 Euro. Fazit: Wer einen arbeitslosen Raspberry 3 oder 4 rumliegen und schon viele Kleinigkeiten zum Scannen im Kopf hat, findet im *OpenScan Mini* ein Maker-Projekt mit überschaubarem Aufwand und hohem Nutzwert, das frappierende Ergebnisse liefert.

Alternativen

Darf's ein wenig größer sein? Dann gibt es noch den *OpenScan Classic*, der Objekte bis zu

einer Größe von 18cm vor einer beliebigen Kamera dreht und wendet – sei es digitale Spiegelreflex, Smartphone oder wiederum eine Pi-Kamera.

Und noch größer? Und zum Nulltarif und damit ganz ohne Spezialhardware? Schließlich steht ja „Von gratis bis 700 Euro“ auf dem Titelblatt dieser Ausgabe ... Bitte sehr: Die *OpenScan Cloud* steht nicht nur Besitzern eines *OpenScan Mini* zur Verfügung, sondern man kann auch einfach per Mail einen *Token* für die Benutzung der Cloud beantragen (Link in der Kurzinfor), dann Bilderserien hochladen und bekommt – im Erfolgsfall – spätestens nach ein paar Stunden einen Dropbox-Link gemailt, über den man die OBJ-Datei herunterladen kann. Das kostet erst einmal nichts. Wer diesen Dienst von Thomas Megel allerdings häufig benutzt, sollte sich der Fairness halber mit einer einmaligen Spende pro Scan oder auch einem monatlichen Beitrag über den Link in der Mail bedanken.

Weniger ist mehr

Die Grenzen, die man als Nutzer der *OpenScan Cloud* einhalten muss, sind aktuell ziemlich großzügig: Jedes Bilderset darf bis zu 1000 Fotos umfassen, die Dateigröße insgesamt 2 Gigabyte. Nach 100 Gigabyte verarbeiteter Daten muss man den Token erneuern lassen. Allerdings bringt es gar nicht so viel, die maximale Zahl der Bilder pro Set ausreizen. Besser sind 50 bis 150 möglichst hoch aufgelöste, kontrastreiche und scharfe Fotos voller *Fea-*

tures – ein paar hundert zusätzliche Bilder liefern dann praktisch keine weiteren Details für das 3D-Modell, machen die Berechnung aber nur aufwändiger.

Lokal statt Cloud

Natürlich kann man mit seinen Bilderserien auch selbst Photogrammetrie-Software füttern. Da gibt es kommerzielle Tools, die man gratis testen oder mit Einschränkungen kostenlos nutzen kann, etwa *3DF Zephyr*, das in der Free-Version bis zu 50 Bilder verrechnet. Andere bieten ein *Pay-per-use*-Modell an, das für Gelegenheitsnutzer interessant sein kann, etwa *RealityCapture* (ausführlich online beschrieben, siehe Link in der Kurzinfor). Es gibt aber auch echte Freeware wie *VisualSFM*, *COLMAP* oder *Meshroom* – in all diese Werkzeuge muss man sich allerdings einarbeiten; man braucht zum Teil spezielle Hardware wie eine CUDA-fähige Grafikkarte dafür und das Ergebnis erfordert oft auch noch einige Nachbearbeitung.

Wer tiefer in diese Materie einsteigen will, findet übrigens im *3D-Scanner-Praxisbuch* von Mario Lukas (siehe *Mehr zum Thema* in der Kurzinfor) eine Fülle von Anleitungen, unter anderem zum Feinschliff von 3D-Scans mit kostenloser Software. Und wenn Sie sich jetzt von unserer (neu entflammten) Begeisterung fürs 3D-Scannen haben anstecken lassen, schicken Sie uns gerne Mails – mit Ihren Fragen, Wünschen für weitere Artikel zum Thema oder auch Scan-Ergebnissen. —pek



Unterschiedliche Photogrammetrie-Software kann aus identischem Bildmaterial durchaus unterschiedliche 3D-Ergebnisse erzeugen, etwa in Bezug auf die Grenzen des Modells oder die Oberflächengüte: Links die Rekonstruktion einer barocken Brunnenfigur durch 123D Catch vor rund zehn Jahren mit 330.000 Polygonen, rechts das Ergebnis der *OpenScan Cloud* von heute mit 200.000 Polygonen, aber glatterer Oberfläche.

Intelligentes Makro-Pad

Das duckyPad ist ein beleuchtetes USB-Makro-Keypad zum Selbstbau, mit dem Sie schneller und effektiver arbeiten, streamen und spielen können – die bequem programmierbare Funktion jeder Taste wird über ein kleines OLED-Display angezeigt.

von Allen Wong (Übersetzung: Kurt Diedrich)



Unser *duckyPad* ist ein universelles Macro-Pad mit 15 hochwertigen Tasten, das Ihnen hilft, Ihre Arbeitsabläufe durch die Automatisierung von Tastatur- und Maus-Eingaben erheblich zu beschleunigen. Mit seinem schlanken Design bietet es neben dem leichtgängigen Tasten alle Vorzüge eines High-End-Keyboards: RGB-LEDs für jede Taste und USB-C-Standard. Daneben verfügt *duckyPad* auch über Funktionen, die es bisher bei Makrotastaturen noch nicht gab, zum Beispiel:

- ein OLED-Bildschirm, der die Funktion jeder Taste anzeigt
- hochentwickeltes, mehrzeiliges Scripting mit *duckyScript*
- 32 Profile mit 15 Tasten für insgesamt 480 Makros
- automatische Profilschaltung je nach aktivem Programm
- Speicherung relevanter Daten auf Micro-SD-Karte
- funktioniert mit allen gängigen Betriebssystemen, kein Treiber erforderlich

Jede gedrückte Taste führt ein vom Benutzer erstelltes *duckyScript* aus, um Tastatureingaben zu automatisieren und Ihre täglichen Arbeitsabläufe zu beschleunigen. Die Skripte können einfach sein wie zum Beispiel die Tastenkombinationen *Strg+C* oder anspruchsvoll wie das Starten von Anwendungen, das Verwalten von Livestreams, das Bewegen des Mauszeigers oder das Abrufen von Passwörtern – ganz nach Ihren persönlichen Anforderungen!

Das *duckyPad* ist ein vollständiges Open-Source-Gerät und respektiert Ihre Privatsphäre. Sie müssen kein Konto einrichten, es werden keine Daten gesammelt und es ist keine Internetverbindung erforderlich. Sie müssen nicht einmal die dazugehörige App verwenden, wenn Sie das *duckyPad* stattdessen manuell einrichten.

Unsere Makro-Tastatur lässt sich aus einem zum Teil vorgefertigten Bausatz in einer halben Stunde ohne Löten zusammensetzen. Sie können es auch von Grund auf selbst zusammenbauen, wenn Sie Erfahrung im Bestücken von SMD-Bauteilen haben. Die Unterlagen dazu (Schaltbild, Bestückungsplan, Platinenlayout) finden Sie unter dem Link im Info-Kasten.

Zusammenbau

Ziehen Sie zunächst die Schutzabdeckung von der Vorder- und Rückplatte ab **1**. Legen Sie die Rückplatte vor sich hin und achten Sie auf die Ausrichtung der Löcher **2**. Beginnen Sie mit einem Loch in der Mitte und setzen Sie die 8mm langen Schrauben von der Rückseite her ein. Schrauben Sie dann den 2mm-Abstandsbolzen auf; nur handfest anziehen, andernfalls könnte sich die Acrylplatte verformen oder brechen. In das untere rechte Loch kommt

Kurzinfo

» *duckyPad*-Funktionen und Features

» Zusammenbau

» Tipps und Tricks für Keyboard-Makros

Checkliste



Zeitaufwand:
0,5 bis 2 Stunden



Kosten:
50 Euro (Platine selbst bestückt)
bis 90 Euro (Bausatz)



Löten:
Bestücken einer SMD-Platine
(falls nicht fertig bezogen)



Werkzeug:
Schraubendreher, Kombi-Zange

Alles zum Artikel
im Web unter
make-magazin.de/x8nw



eine nur 2,8mm lange Schraube mit Abstandsbolzen. Legen Sie nun die Leiterplatte (mit sauberen Händen!) ausgerichtet auf und befestigen Sie sie mit weiteren 4mm-Abstandsbolzen. Rechts unten wird die Platine mit einer 2,8mm-Schraube gehalten.

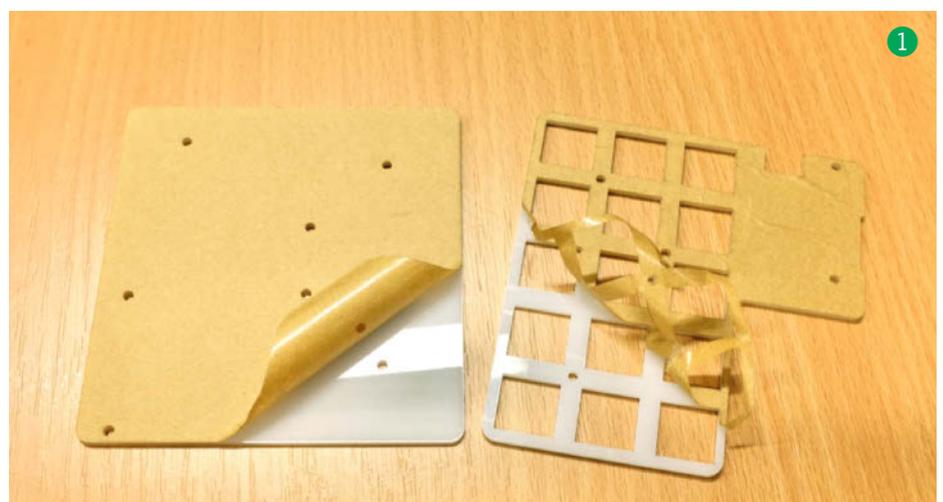
Montieren Sie die Frontplatte mit den verbleibenden 2,8-mm-Schrauben. Ziehen Sie die Schrauben zuerst nur locker an und ziehen Sie sie dann nacheinander fest (aber nicht allzu fest) an. Dadurch wird sichergestellt, dass die Platine nicht verkantet/verspannt und richtig ausgerichtet ist. Drehen Sie die Platine um, säubern Sie die Rückseite mit einem trockenen Tuch, falls sie verschmutzt ist, und bringen Sie die Anti-Rutsch-Pads an den Ecken an. Vorsicht: Acrylglas (Plexiglas) ist empfindlich gegen Alkohole und reißt bei Kontakt von den Kanten her ein (sogenannte Spannungsrisskorrosion).

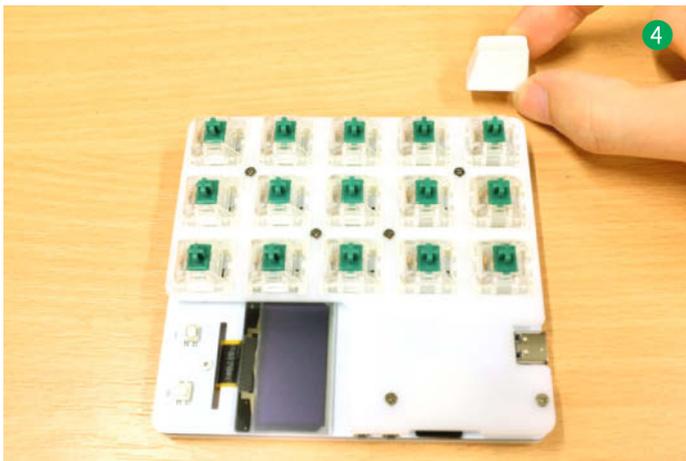
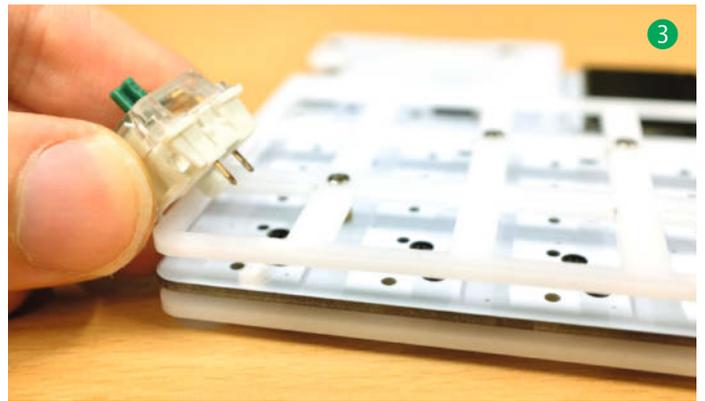
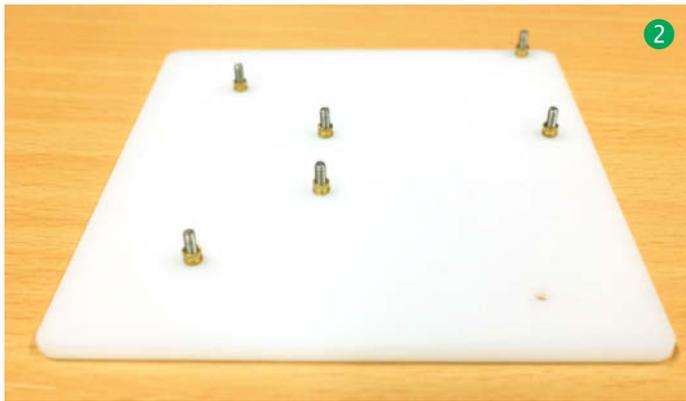
Tasten montieren

Die mit dem Bausatz gelieferte Platine ist so genau gefertigt, dass die Tasten lötfrei montiert (und sogar im laufenden Betrieb ausgetauscht!) werden können; der Kontakt zu den Pads der Platine wird durch die leicht federnden Anschlussstifte sichergestellt. Wenn Sie die Platine in Eigenregie fertigen (lassen), kann es erforderlich sein, die Anschlusspins zu verlöten.

Achten Sie darauf, dass die Stifte gerade ausgerichtet sind, sonst könnten Sie die Leiterplatte oder den Taster beschädigen. Bringen Sie die Schalter dann genau über die entsprechenden Aussparungen und drücken Sie sie vorsichtig hinein, bis sie einrasten **3**.

Jetzt sind die Tastenkappen an der Reihe; die schräge Seite zeigt in Abbildung **4** nach links. Drücken Sie sie einfach beherrsigt auf. Die





Oberseiten der Tasten müssen sich nach der Montage alle auf gleicher Höhe bzw. auf einer Ebene befinden. Ziehen Sie zum Schluss noch die Schutzfolie des OLED-Bildschirms ab, und schon sind Sie fertig. Herzlichen Glückwunsch!

Das duckyPad-Kit wird mit einer bereits installierten Micro-SD-Karte geliefert, auf der einige Demoprofile gespeichert sind. Stecken Sie die Karte einfach in Ihren Computer ein, und los geht's!

- Drücken Sie eine Taste, um das entsprechende Skript auszuführen.
- Um zwischen den Profilen zu wechseln, drücken Sie die Plus- und Minus-Tasten unter dem Display.
- Um das Profil schnell umzuschalten, halten Sie die Plus-Taste gedrückt.

- Um die Helligkeit der RGB-Hintergrundbeleuchtung zu ändern, halten Sie die Minus-Taste gedrückt.

- Um das Tastaturlayout zu ändern, halten Sie die obere linke Taste während des Einsteckens gedrückt und wählen Sie dann Ihr Layout.

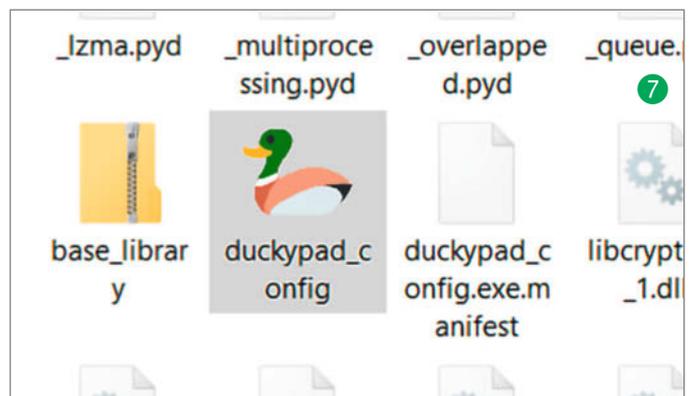
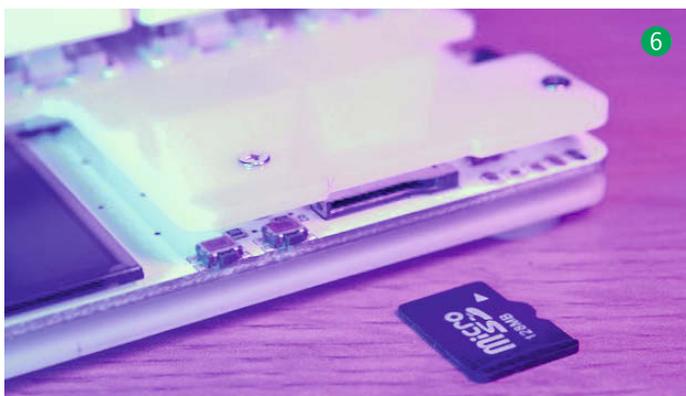
Die Micro-SD-Karte speichert Ihre eigenen Profile, Skripte und Einstellungen. Sie können die SD-Karte einlegen oder entfernen, während duckyPad eingeschaltet ist (6). Wenn Sie Ihre eigene SD-Karte verwenden möchten, sollte diese mit FAT32 oder FAT formatiert sein.

Auf github.com/dekuNukem/duckyPad/releases finden Sie die neueste Version des *duckyPad Configurator* für Windows, MacOS oder Linux. Entpacken Sie die ZIP-Datei und

starten Sie die Anwendung, indem Sie auf *duckypad_config.exe* klicken (7). Linux-Anwender führen einfach das Skript *duckypad_config.py* mit Python 3.6 oder höher aus.

Nachdem Sie die App gestartet haben, vergewissern Sie sich, dass Ihr duckyPad eingesteckt ist, und drücken Sie den Button *Connect*. Die App sollte dann alle Daten vom duckyPad laden (8). Sie können die Daten auch von der SD-Karte laden. Nehmen Sie die Karte aus dem duckyPad, stecken Sie sie in Ihren Computer und wählen Sie die SD-Karte aus. Die Daten sollten auf die gleiche Weise geladen werden (9).

In der Benutzeroberfläche ist die Spalte ganz links für Ihre Profile vorgesehen (10). Jedes Profil enthält eine Gruppe von Skripten, die



Vertrauenswürdig?

Ihr System könnte sich beschweren, dass diese Software „nicht vertrauenswürdig“ sei. Das liegt daran, dass der Code nicht digital signiert wurde, was Hunderte von Euro pro Jahr kosten würde. Sehen Sie sich die Code-Datei `pc_software` im Github-Repository an. Wenn Sie der Anwendung wirklich nicht trauen, können Sie das Skript `duckypad_config.py` selbst mit Python 3 ausführen oder Ihr ducky-Pad stattdessen manuell konfigurieren (`manual_setup.md`).



duckyPad als Ergänzung für einen Laptop: Das Display zeigt in fünf Zeilen die Belegung der 15 Tasten.

den Tasten auf dem duckyPad entsprechen. Wie Sie sehen, erstellen Sie normalerweise für jede Anwendung, die Sie steuern möchten, ein gesondertes Profil. Verwenden Sie die unter der Liste angeordneten Schaltflächen, um ein neues Profil zu erstellen (*New*), ein bestehendes Profil zu duplizieren (*Duplicate*), zu entfernen (*Remove*) oder umzubenennen (*Rename*). Verwenden Sie die Pfeiltasten nach oben oder unten, um Ihre Profile neu anzuordnen. Wählen Sie eine Hintergrundfarbe für die RGB-Hintergrundbeleuchtung. Als *Activation Color* wird die Farbe bezeichnet, in die eine Taste wechselt, sobald Sie gedrückt wird. Bei der Einstellung *Auto* wäre dies die Umkehrung der Hintergrundfarbe. Standardmäßig sind unbenutzte Tasten gedimmt. Sie können dies außer Kraft setzen, indem Sie die Checkbox `dim unused keys` deaktivieren.

In der mittleren Spalte in Abbildung 8 lassen sich die 15 duckyPad-Tasten konfigurieren. Klicken Sie auf die auszuwählende Taste und geben Sie einen Namen ein, oder klicken Sie zum Löschen auf *Remove*. Sie können jeder Taste eine eigene Farbe zuweisen und auch die

gleiche Farbe als Hintergrund verwenden. Mittels *Drag and Drop* kann die Reihenfolge der Tasten geändert werden. Die Spalte ganz rechts ist für Skripte vorgesehen. Wenn Sie eine Taste auswählen, wird hier das auszuführende Skript angezeigt.

Eigene Skripte

duckyScript ist eine einfache Skriptsprache zur Automatisierung der einzelnen Tastenfunktionen. Sie wurde ursprünglich für *USB Rubber Ducky* entwickelt, das sowohl Hacker als auch Experten für Systemsicherheit (Pentester) benutzen, um umständliche Tastatureingaben abzukürzen (shop.hak5.org/products/usb-rubber-ducky-deluxe). duckyScript ist sehr einfach und unkompliziert zu schreiben, man gibt im Grunde genommen nur an, welche Funktionen des regulären Keyboards ausgeführt werden sollen. Schauen wir uns zunächst einige Beispiele an, bei denen duckyScript eine Zeitersparnis mit sich bringt.

Öffnen des Task-Managers:

```
CONTROL SHIFT ESC
```

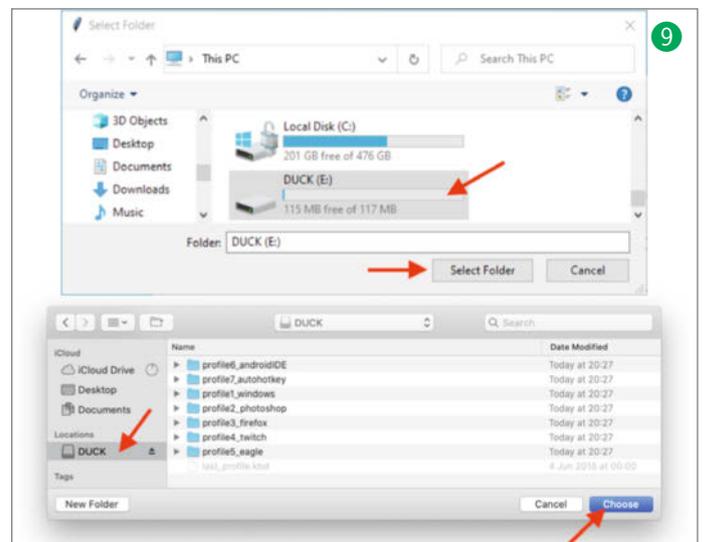
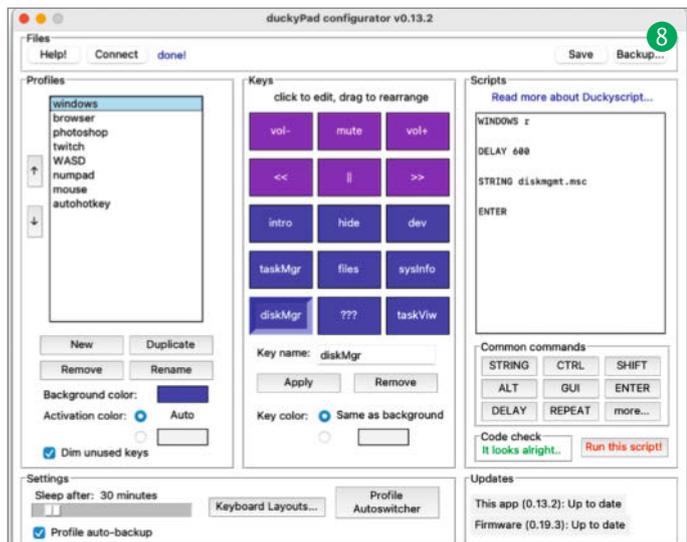
Öffnen einer Webseite unter Windows:

```
WINDOWS r
DELAY 400
STRING https://www.youtube.com/watch?v=dQw4w9WgXcQ
ENTER
```

Webseite speichern und schließen:

```
CONTROL s
DELAY 600
ENTER
DELAY 600
CONTROL w
```

Verwenden Sie `REM` für Kommentare, `DELAY`, um das Skript anzuhalten (nützlich, um zu warten, bis die Benutzeroberfläche aufgebaut ist), und `STRING`, um Text einzugeben. Der





sowie Media-Tasten (Lautstärke, Play, Pause, usw.), Numpad-Tasten, Maustasten, Scrollrad, Mausbewegungen (x-y-Koordinaten) und mehr. Außerdem werden Dutzende von Tastatur-layouts unterstützt.

Neben dem Standard-Layout für die englische Sprache steht auch ein umfangreiches Angebot an weltweit gebräuchlichen Belegungen (zum Beispiel Dvorak, Französisch, Deutsch usw.) zur Verfügung. Weitere Details finden Sie unter dem Link im Info-Kasten.

Klicken Sie auf *Run this script*, um einen Testlauf auf Ihrem Computer durchzuführen. Vergewissern Sie sich, dass Sie dem Skript vertrauen! Der Testlauf beginnt nach einer Verzögerung von zwei Sekunden mit einer Windows-Benutzerkonten-Überprüfung. Wenn der Testlauf unter macOS nicht funktioniert, gehen Sie zu *System Preferences/Security & Privacy/Accessibility, unlock, remove* und fügen Sie die Anwendung hinzu.

Der Testlauf ist möglicherweise nicht hundertprozentig genau: Einige Tasten wie *CAPS-LOCK* und *NUMLOCK* können in der Software nicht emuliert werden. Führen Sie Ihre Skripte stets mit dem dafür geeigneten Computer durch. Drücken Sie abschließend die Schaltfläche *Save*, um die Änderungen zu speichern.

eine SD-Karte vornehmen, stecken Sie diese wieder in das duckyPad und schalten es ein. Auch hier gilt: Drücken Sie eine Taste, um das entsprechende Skript auszuführen, und drücken Sie die Tasten "+" und "-", um das Profil zu wechseln. duckyPad kann auch automatisch zwischen den Profilen wechseln, je nachdem, welches Fenster gerade aktiv ist, zum Beispiel von Windows 11 zu Twitch 12, zum Webbrowser 13 oder zu einem Platinenlayout-Programm 14. Die *Profile Auto Switcher*-App finden Sie unter github.com/dekuNukem/duckyPad-profile-autoswitcher.

Der naheliegende Anwendungsfall besteht darin, häufig verwendete Tastenkombinationen auf duckyPad zu speichern. Erstellen Sie einfach ein Profil und fügen Sie die Kombinationen hinzu. Für viele Anwendungen gibt es eine offizielle Liste von Tastenkombinationen. Suchen Sie einfach bei Google unter dem Namen des betreffenden Programms und den dazugehörigen Shortcuts.

Tipps und Tricks

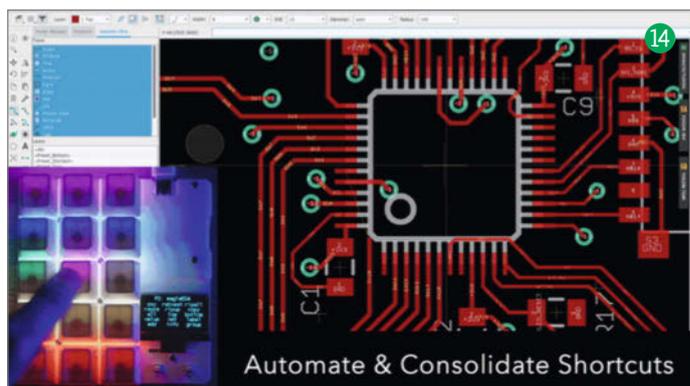
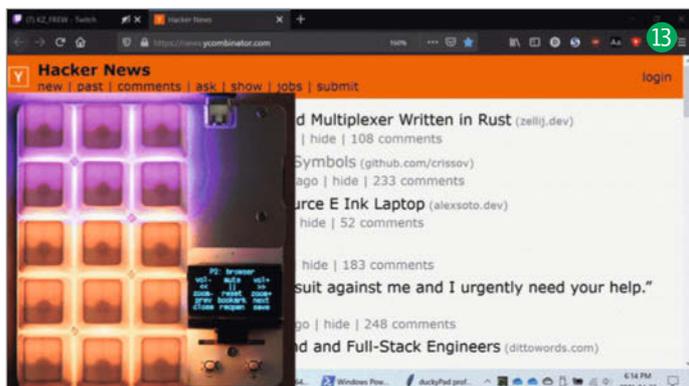
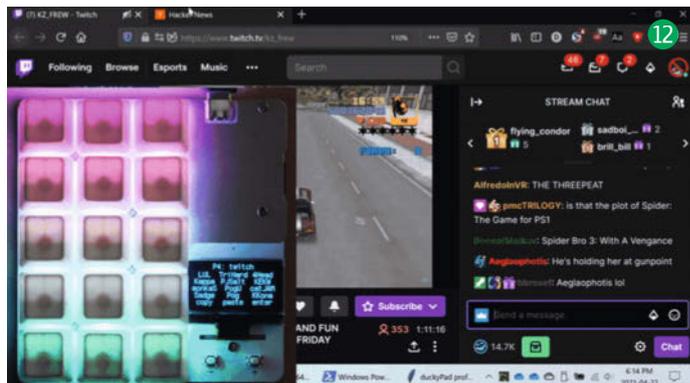
Eine weitere beliebte Einsatzmöglichkeit von duckyPad ist das Starten von Programmen. Es gibt zwei Möglichkeiten, dies zu tun. Hier die erste: Suchen Sie die Software, die Sie über die Taskleiste starten möchten, im Explorer und klicken Sie dann mit der rechten Maustaste darauf. Wählen Sie aus dem nun erscheinenden Menü den Eintrag *An Taskleiste anheften*.

Code wird während der Eingabe überprüft und Fehler werden gelb markiert.

duckyScript unterstützt alle Sonder- und Funktionstasten (ESC, CTRL, RCTRL, COMMAND, CAPSLOCK, BACKSPACE, F1-F24, usw.),

Ausführen!

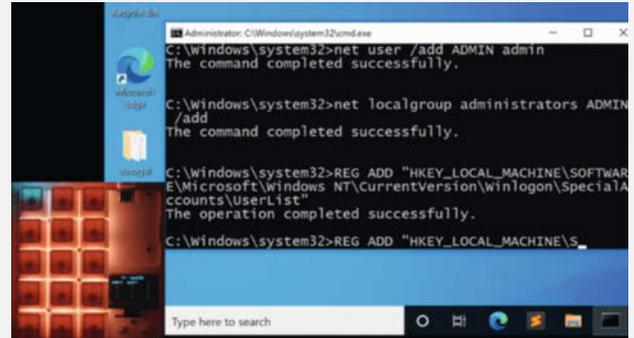
duckyPad sollte mit *Save* automatisch neu starten. Ihre neuen Skripte sind dann einsatzbereit; wenn Sie die Konfiguration über



Gefahren

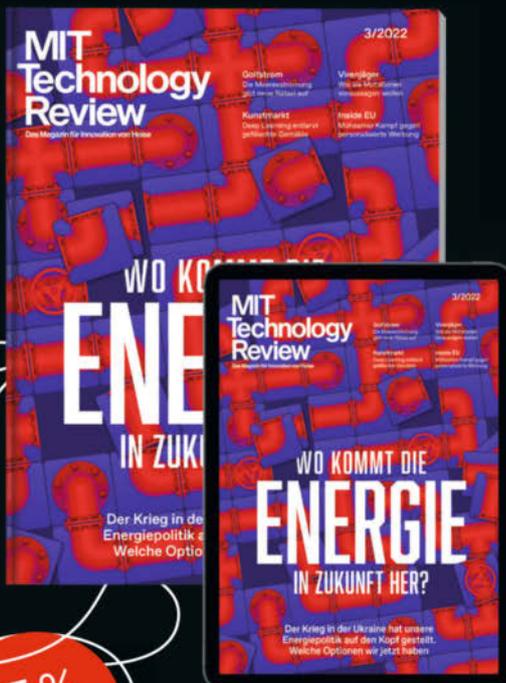
Seien Sie vorsichtig mit Passwörtern! Es mag verlockend sein, häufig benutzte Passwörter durch duckyPad eingeben zu lassen, doch das ist keine gute Idee. Alle Skripte sind im Klartext auf der SD-Karte gespeichert und können mit einem SD-Kartenleser oder über HID-Befehle leicht ausgelesen werden. duckyPad ist nicht für sicherheitsrelevante Anwendungen gedacht: Seine Verwendung erfolgt auf eigene Gefahr.

Mit der Fähigkeit, Tastatureingaben zu automatisieren, ist es möglich, einen ganzen Computer mit einem Tastendruck zu übernehmen. Diese Methode ist als „BadUSB attack“ bekannt und war der ursprüngliche Zweck von duckyScript und USB Rubber Ducky.



Jetzt können Sie WIN + <Nummer> verwenden, um die Anwendungen aus der Taskleiste heraus zu starten ¹⁵. In duckyScript wären das die Befehle WINDOWS 1, WINDOWS 2 usw.

Die alternative Methode funktioniert mit jeder Datei, nicht nur mit Anwendungsprogrammen. Stellen Sie zunächst eine Desktop-Verknüpfung her. Klicken Sie nun auf das neu hinzugekommene Desktop-Icon mit der rechten Maustaste und wählen Sie den Eintrag

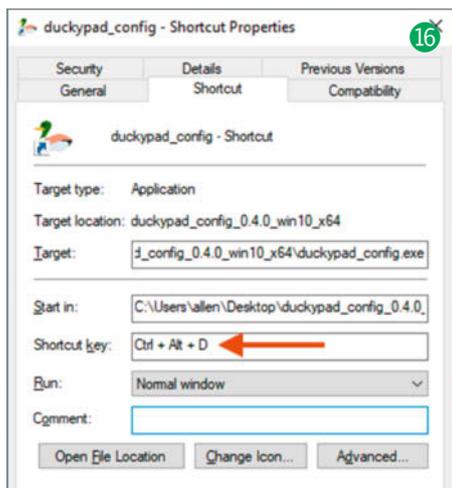


Tech-Trends von MORGEN schon HEUTE entdecken

2 Ausgaben MIT Technology Review als Heft oder digital inklusive Prämie nach Wahl

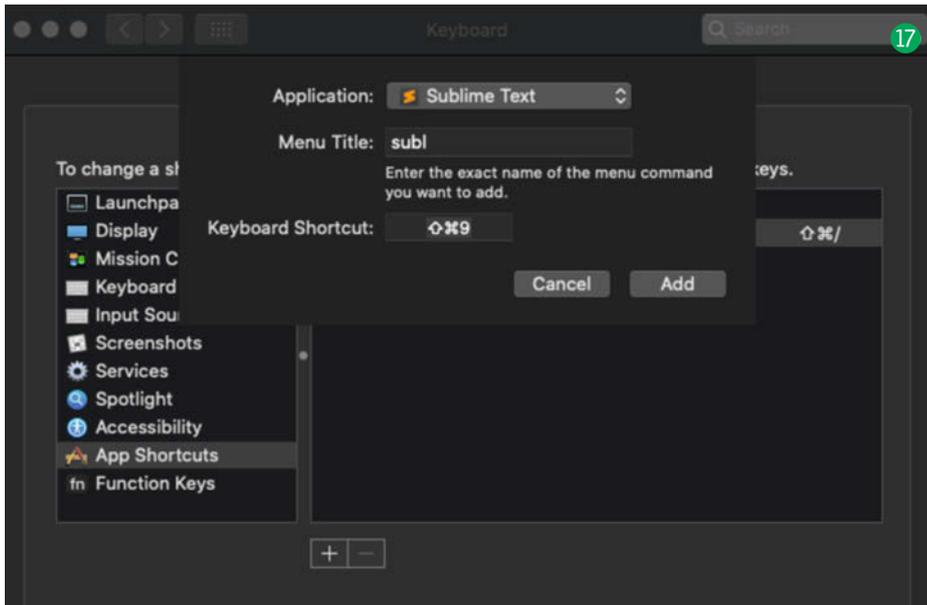
35% Rabatt

mit-tr.de/testen



Eigenschaften. Legen Sie im Tab *Verknüpfung* unter Tastenkombination einen Hotkey fest. Anschließend können Sie mit duckyPad diese Tastenkombination mit nur einem Tastendruck zur Ausführung bringen. Im gezeigten Fall **16** lautete das duckyScript dann CONTROL ALT D. Die Tastenkombinationen können beliebig kompliziert sein, verwenden Sie zur Vermeidung von Verwirrungen also solche, die nicht schon standardmäßig (z.B. für *Cut & Paste*) vorgegeben sind.

Unter macOS gehen Sie zu *Systemeinstellungen/Tastatur/Tastenkombinationen/App-Verknüpfungen*. Drücken Sie die Plus-Taste, wählen Sie die zu öffnende Anwendung, weisen Sie einen Hotkey zu und richten Sie duckyPad entsprechend ein **17**.



Für noch anspruchsvollere Aufgaben können Sie die kostenlose Open-Source-Software *AutoHotkey* (autohotkey.com) verwenden, zum Beispiel für die (sonst mit duckyPad nicht mögliche) Steuerung von Mausbewegungen oder das Öffnen von Hinweisfenstern. Dazu richten Sie duckyPad so ein, dass Sie zum Beispiel eine einfache Tastenkombination wie WIN + F1 eingeben können, die dann von AutoHotkey erfasst wird, um ein komplexeres, benutzerdefiniertes Skript auf Ihrem PC auszuführen.

Laden Sie AutoHotkey herunter und installieren Sie es. Laden Sie dann das folgende

Beispielskript herunter und speichern Sie es als Datei mit der Endung ahk: raw.githubusercontent.com/dekuNukem/duckyPad/master/resources/duckypad_autohotkey_script.ahk. Schalten Sie das Profil Ihres duckyPads auf *autohotkey* um und führen Sie das AutoHotkey-Skript aus, indem Sie mit der rechten Maustaste auf *Run Script* klicken. Die duckyPad-Tasten öffnen nun als Demonstration die von AutoHotkey generierten Hinweisfenster. Auf dem Mac gibt es eine ähnliche Anwendung, die sich *BetterTouchTool* nennt. —cm

Keeb Nerds

Das Anpassen und Verändern von Tastaturen ist bei vielen Computer-Freunden ein beliebtes Hobby. Den „Keeb-Nerds“ geht es nicht nur um Geschwindigkeit, also um schnelleres Tippen, Programmieren oder Spielen, sondern auch um Ästhetik, wie zum Beispiel ein cooles Design, kunstvoll gefertigte Tastenkappen in limitierter Auflage, bunte Beleuchtung oder Soundeffekte. Natürlich spielt auch die Haptik der verschiedenen Tastenschalter eine nicht unwesentliche Rolle: Entscheidet man sich für weiche, leise, lineare Tasten, für taktile Schalter mit mäßigem Feedback oder für Schalter mit lautem Klicken? In den einschlägigen Foren wird auch schon einmal hitzig diskutiert, welche Kontaktschmiermittel für ein bestimmtes Anschlagsgefühl die besten sind.

Einen ersten Eindruck von dieser speziellen Tuning-Szene erhalten Sie auf



Christian Fehmer aus Köln (keeps.fehmer.info) baute diese farbenfrohe Custom-Tastatur im CNC-gefrästen Walnussgehäuse. Fehmer verwendete Zealio-V1-Schalter, eine DZ60-Controllerplatine und Tastenkappen von Signature Plastics, Typ „1976“.

reddit.com/r/MechanicalKeyboards und bei den unter alexotos.com/keyboard-vendor-list und keebmap.xyz aufgeführten Anbietern. Billig ist das Ganze nicht: Für einen einzelnen Tastenschalter mit speziellen Qualitäten werden bis zu 9 Euro aufgerufen, und

kunstvolle Tastenkappen kosten schon einmal 40 Euro – pro Stück, wohlgemerkt. Als Tastatur-Controller sind derzeit der Raspberry Pi Pico und andere RP2040-Boards beliebt, die problemlos als USB-HID-Geräte fungieren können.



Redakteur (m/w/d) / Volontär (m/w/d)

Du hast ein Gespür für Technik-Trends und Maker-Themen und lässt Dich davon zu eigenen DIY-Projekten inspirieren? In der Make-Redaktion setzt Du Deine kreativen Ideen selbst um, probierst verschiedene Lösungen und Materialien aus und lässt die Leser teilhaben.

Deine Aufgaben

- Du verfasst Print- und Online-Texte von der Bauanleitung über Grundlagenartikel bis zu Testberichten und Buchrezensionen.
- Auch Porträts über interessante Maker aus der Szene und Reportagen zu besonderen Projekten, FabLabs und Events sind Stoff Deiner Artikel.
- Du bist vielseitig aktiv – testest Produkte, probierst Anleitungen aus, redigierst Texte von Lesern, fotografierst selbst und drehst Videos.
- Auf Veranstaltungen und im Netz hältst Du Kontakt zur Maker-Community und erfährst, worüber die Szene spricht und womit sie bastelt.

Deine Talente

- Du bist selbst als Maker (m/w/d) aktiv und steckst mit Deiner Kreativität, Neugierde und Freude am Selbermachen unsere Leser an.
- In neue Techniken und Themenfelder arbeitest Du Dich selbstständig, kurzfristig und sorgfältig ein und hast Lust, Dein Wissen zu erweitern.
- Du kannst Einsteigern ohne viel Vorwissen technische Zusammenhänge verständlich erklären – in einem Artikel oder in einem Video.
- Zudem bist Du kontaktfreudig und kommst gerne mit anderen ins Gespräch, etwa bei der Recherche für Artikel, bei der Betreuung von Autoren oder auf Events.
- Deutsch auf Muttersprachniveau und solide Englischkenntnisse sind Grundvoraussetzung.

Deine Benefits

- Wir bieten die eigenständige Mitarbeit in einem innovativen, kreativen Medium mit wachsender Leserschaft, das Experimente wagt.
- Profitiere von flexiblen Arbeitszeiten und der Möglichkeit, auch mobil arbeiten zu können.
- Werde Teil des Make-Teams und gestalte aktiv die Zukunft des Magazins, des Online-Auftritts und unserer Veranstaltungen mit.
- Wir bieten Dir zudem tolle Mitarbeiter-Events, eine vielseitige und subventionierte Kantine, ein Mitarbeiter-Fitnessprogramm und einiges mehr.

Haben wir dich neugierig gemacht?

Besuche uns auf karriere.heise-gruppe.de oder auf Xing und Kununu.



Dein Ansprechpartner

Daniel Bachfeld, Chefredakteur Make
Tel. 0511 5352-335

Bitte bewirb dich online: karriere.heise-gruppe.de

Wir freuen uns auf Deine Bewerbung!

Bei uns ist jede Person, unabhängig des Geschlechts, der Nationalität oder der ethnischen Herkunft, der Religion oder der Weltanschauung, einer Behinderung, des Alters sowie der sexuellen Identität willkommen.

Maker Media GmbH (Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover)

Das Magazin Make berichtet sieben Mal im Jahr über die Maker-Szene und bringt Bastel- und Bauanleitungen für spannende DIY-Projekte, aber auch Grundlagen für Einsteiger. Damit bietet es der Maker-Community im deutschsprachigen Raum die wichtigste Informationsplattform. Parallel präsentiert Make die Veranstaltungsreihe Maker Faire, auf der sich Maker zum Netzwerken treffen und um ihre Projekte einem breiten Publikum zu präsentieren. Ziele des Magazins und des Veranstaltungsformats sind, die Begeisterung für Technik, Wissenschaft und IT und den kreativen Umgang damit zu fördern. Die Maker Media GmbH ist ein Tochterunternehmen von Heise Medien und gehört damit zur Heise Gruppe.

CoffeeGuard

Das kennt doch jeder: Genau dann, wenn man den Kaffee am meisten braucht, sind die Pads alle und man hat gleich doppelt Stress - nämlich keinen Kaffee mehr und die Sorge um den Nachschub. Ärgerlich. Da muss eine intelligente Lösung her: dieser elektronische Kaffee-Wächter.

von Ramon Hofer Kraner



Das Zählen von Teilen über ihr Gewicht ist eine altbewährte Methode und wird auch in der Industrie rege benutzt, zum Beispiel beim Zählen von Schrauben, Unterlegscheiben oder ähnlichen Teilen. Die Herausforderung dabei besteht eigentlich einzig im Installieren einer genügend genauen Waage. Denn wenn die Genauigkeit nicht genügend fein ist, dann kann nicht zuverlässig gezählt werden. Logisch.

Die Waage in diesem Artikel soll beim lebensbedrohlichen Unterschreiten der Mindestmenge an Kaffeepads auf sich aufmerksam machen. Dies erfolgt in Form einer E-Mail an die Personen, die für das Auffüllen verdonnert worden sind. Um aber ganz sicherzugehen, werden auf einem separaten Kanal über MQTT noch Live-Daten des aktuellen Zustands geschickt. So ist der besorgte Kaffeejunkie jederzeit im Bilde über die Verfügbarkeit seiner Stimulanz des Vertrauens.

Gewichtiger Anfang

Damit man elektronisch Gewicht messen kann, ist eine Vorrichtung nötig, die so funktioniert: An den dünnsten Stellen eines Aluminiumbalkens sind **Dehnmessstreifen (DMS)** aufgeklebt. Bei einer Verformung des Balkens werden diese Streifen ebenfalls verformt. Die sehr feinen Drähte im Inneren der DMS werden dabei gedehnt oder gestaucht und ändern damit ihren Widerstand. Da die Änderungen im Widerstand sehr gering sind (zum Beispiel um $0,1\Omega$ bei einem DMS-Widerstand von 120Ω), kommt eine sogenannte Brückenschaltung zum Einsatz. Diese kann durch die Verwendung von 4 DMSs einen Messwert generieren, der auch mit einfacheren Mitteln gut gemessen werden kann **1**.

Zum Glück müssen wir uns über die genaue Beschaltung keine weiteren Gedanken machen, denn es gibt bereits fertige Module, die diesen Knochenjob übernehmen und uns stabile und genaue Messwerte liefern. Hierzu zählt das HX711-Modul. Es besteht aus einem Chip mit 24-Bit-A/D-Wandler, einer Referenzspannungsquelle, einer Regelung der Stromversorgung für die Wägezelle, einem einstellbaren Messbrückenverstärker und einem digitalen Interface, über das wir den Chip auslesen können. Und da das Modul so beliebt ist, sind auch diverse Bibliotheken für die Arduino-IDE verfügbar, sodass es relativ einfach ist, dies in Betrieb zu nehmen. Am einfachsten bestellt man sich ein Kit mit einer Wägezelle und einem Modulboard zusammen **2**.

Dabei ist zu beachten, bis zu welcher Belastung die Zelle ausgelegt ist. Ich habe zwar meine 5kg-Zelle auch schon mit 10kg belastet und keine Funktionsstörungen erzeugen können, ob das aber bei jedem Exemplar so ist, weiß ich nicht. Die Elemente scheinen relativ robust zu sein, jedoch ist es wohl nicht zu

Kurzinfo

- » Elektronische Waage nutzen, um Kaffeetabs zu zählen
- » E-Mail-Benachrichtigung mit dem ESP8266 versenden
- » Mit MQTT-Messages den Waage-Status im Auge behalten
- » Messlogik mit Alarmschwellwerten
- » optional: Lasercutten eines geeigneten Gehäuses

Checkliste



Zeitaufwand:
2 bis 3 Stunden



Kosten:
50 Euro



Programmieren:
C++ (Arduino)



Handwerk:
Sägen, Bohren, evtl. Lasercutten, Löten, Kleben



Elektronik:
Schaltungsaufbau auf Breadboard

Material

- » ESP8266-Modul NodeMCU o.ä.
- » Wägemodul HX 711 mit Biegebalken
Messbereich 1, 5 oder 10kg
- » gelbe LED Low-Current-Typ 4mA
- » Vorwiderstand für LED 330 Ohm
- » MDF-Platte 3mm für Lasercut-Gehäuse oder
herkömmliches Gehäuse
- » 4mm Sperrholz und Holzleisten für
herkömmliches Gehäuse
- » Micro-USB-Kabel und USB-Netzteil
- » Mini-Breadboard falls man nicht
löten möchte
- » Jumper-Kabel
- » Gewindeschrauben M3 und M4
- » Klebstoff für MDF-Platten/Sperrholz
- » Heißkleber zur Befestigung der Kabel

Mehr zum Thema

- » Florian Schäffer, Kirmes-Kraftprotz-Ampel, Make 2/16, S. 64

Werkzeug

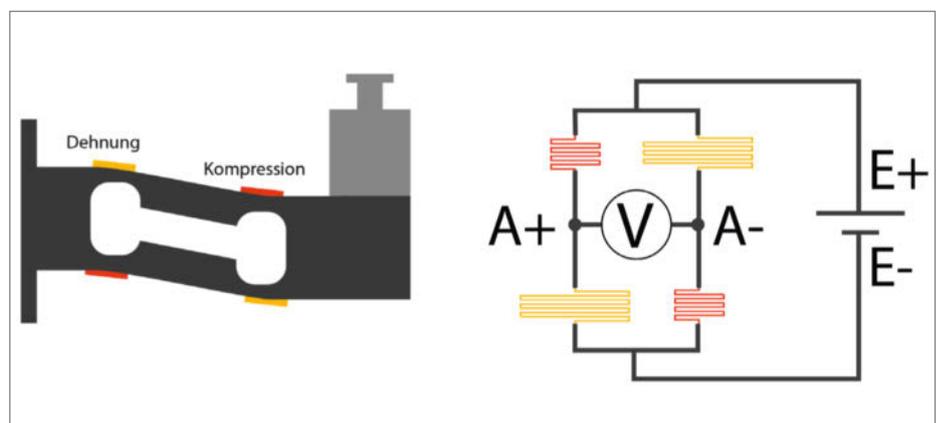
- » Lötkolben
- » Säge, Bohrer, Schraubendreher

Alles zum Artikel
im Web unter
make-magazin.de/x75h

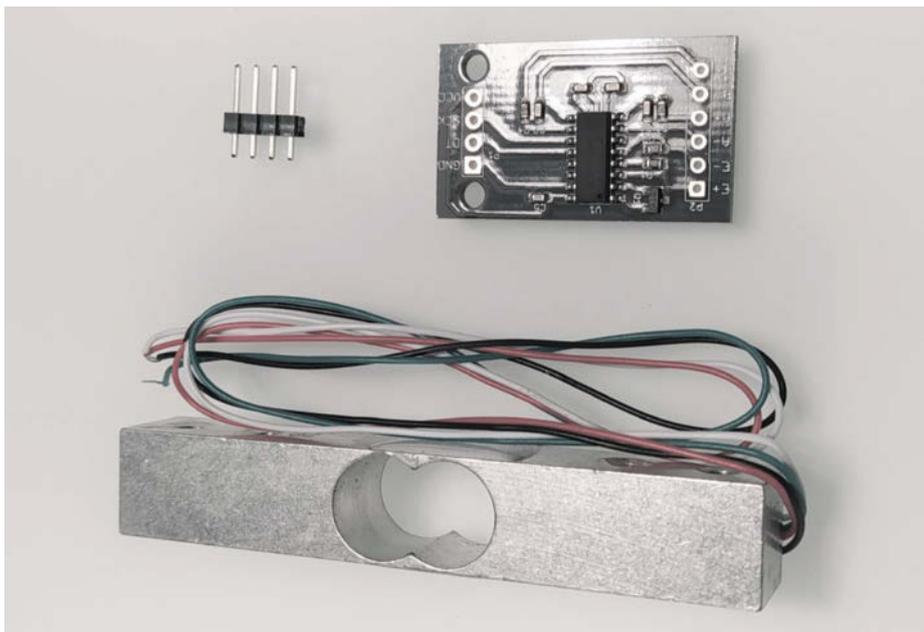


empfehlen, dies über längere Zeit zu machen. Die Pads in unserem Büro sind je 6,4g schwer **3**. Die Meßgenauigkeit einer 5kg-Wägezelle liegt bei 0,02% vom Maximalwert, das ist 1g Abweichung, die wir bei dieser Waage zu erwarten haben. Die Genauigkeit ist also hinreichend groß.

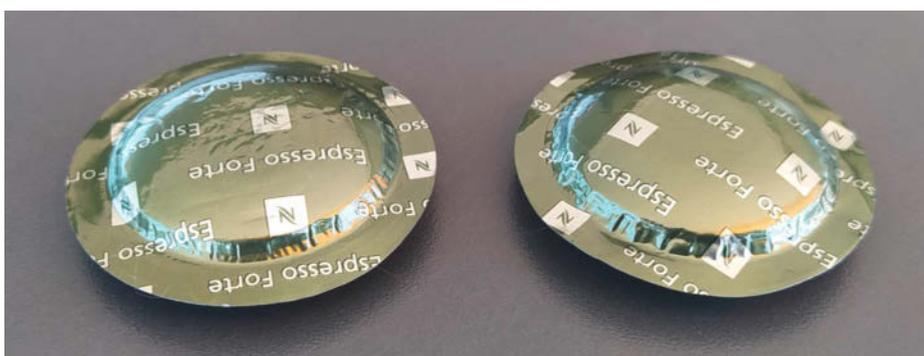
Wir puffern normalerweise so um die 75 Stück neben der Kaffeemaschine. Das ergibt ein Maximalgewicht von ca. 500g. Dazu kommt aber noch die Aufbewahrungsbox aus massivem Kunststoff, die das exquisite Auswählen angenehmer macht **4**.



1 Wägezelle mit Dehnmessstreifen (DMS) und rechts die dazugehörige Brückenschaltung



2 Das HX 711-Set von Joy-it besteht aus Modul und Wägezelle.



3 Diese Pads werden bei uns verwendet.



4 Das Gewicht des Kunststoff-Behälters muss ebenfalls berücksichtigt werden.

Das macht dann nochmals 1kg. Plus noch ein wenig Holz für die Aufnahmebox und 150g für den Umkarton der Tabs. Das sind somit final etwa 2kg Maximalgewicht. Dies ist also mein Gewichtsrahmen für dieses Projekt.

Den Anschluss nicht verpassen

Manche Kits kommen bereits mit angelöteten Zellen und man kann sich entspannt zurücklehnen. Ist man nicht in dieser glücklichen Lage, sollte man sich im Klaren sein, wie die farbigen Litzen angeschlossen werden müssen. Hier weiß wie immer das Internet Rat und offenbart eine Art Standard für die Kennzeichnung der Litzen 5.

Somit lassen sich die Litzen an das Modul per Kontaktstift/-stecker anschließen oder anlöten. Bei meinem Modul habe ich das direkt verlötet, um eine stabile Verbindung zu generieren. Zum Zwecke der Wiederverwendung habe ich die Interface-Seite zum ESP-Modul mit Pins ausgestattet, damit ich mit Jumper-Kabeln hantieren kann, was manchmal praktisch ist, falls es Anschlussprobleme gibt.

Die Kontrolle nicht verlieren

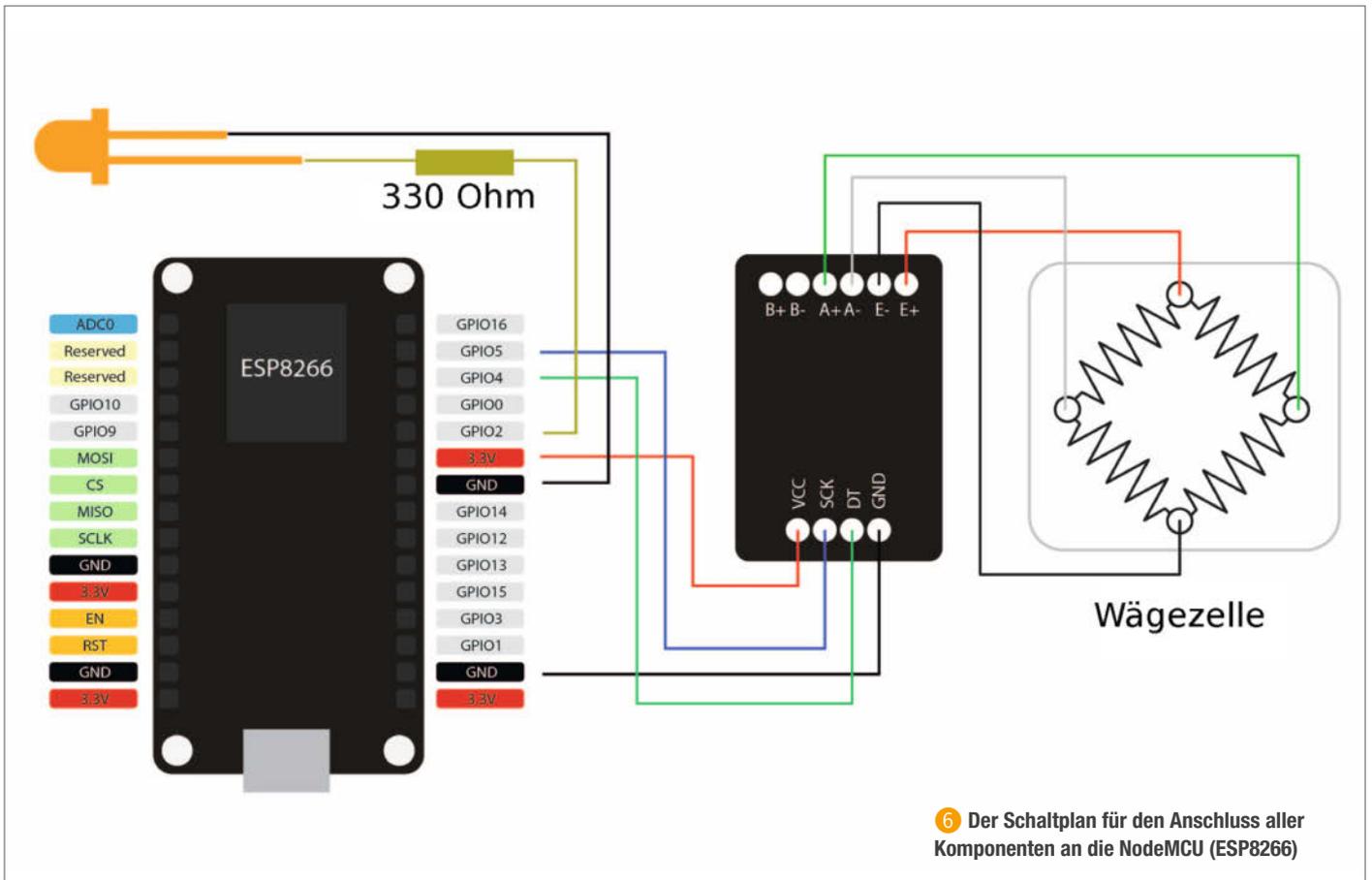
Ich habe als Controller eine NodeMCU mit einem ESP8266 verwendet, da es viele IOT-Möglichkeiten auf kleinstem Raum bietet und sehr günstig zu beschaffen ist (ca. 10 Euro). Außerdem kann es bequem über die Arduino-IDE programmiert werden und es sind sehr viele Libraries und Beispiele im Netz zu finden. Bevor wir aber in die Programmierung stürzen, sollte der Mikrocontroller noch an das HX711-Modul angeschlossen werden.

Der HX711 besitzt ein serielles Interface, dass über einen Clock-Pin getaktet und über einen Data-Pin ausgelesen wird. Der Anschluss ist dabei denkbar einfach, da nur diese zwei Pins und die Spannungsversorgung VCC und GND mit dem Mikrocontroller verbunden werden müssen 6.

Für den Anschluss der Kommunikationsleitungen bieten sich die GPIO-Pins 4 und 5 (siehe Kasten 7 ESP-Pin-Layout) des ESP8266 an, da diese auch für die I²C-Schnittstelle verwendet werden und keine Beeinträchtigung durch Zusatzfunktionen haben.

5 Anschlüsse des Wägemoduls

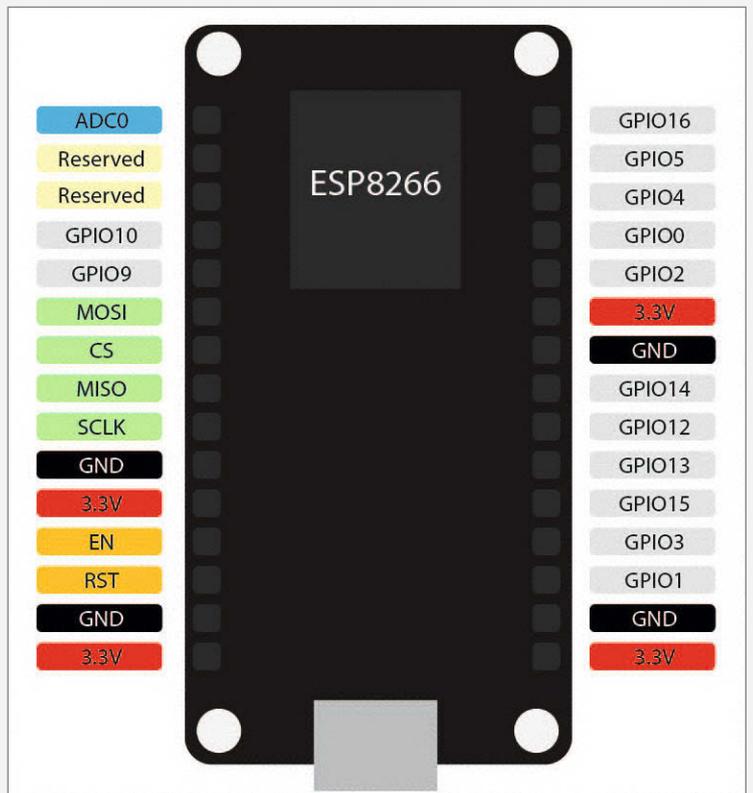
Brückenanschluss	Kabelfarbe(n)
Excitation+ (E+) oder VCC	rot
Excitation- (E-) oder GND	schwarz/gelb
Output - (O-), Signal- (S-) oder Amplifier- (A-)	weiss
Output+ (O+), Signal+ (S+) oder Amplifier + (A+)	grün/blau



7 ESP-Pin-Layout

Das nebenstehende Bild zeigt die Kontaktbelegung der von mir benutzten NodeMCU. Ich bin immer wieder über die verwirrende Pin-Nummerierung einiger ESP8266-Boards gestolpert. Es kann vorkommen, dass die Bezeichnung auf dem Board (Label) nicht mit den im Code definierten Pins (GPIO) übereinstimmt und zusätzlich sind auf ganz billigen No-Name-Boards nicht einmal die aufgedruckten Bezeichnungen etwas wert. Für Ersteres gibt es im Netz genügend Dokumentation, wie die Seite randomnerdtutorials.com, wo auch bestimmte unvorhersehbare Verhalten einiger Pins erklärt werden: Zum Beispiel bootet das Board nicht, falls GPIO 15/D8 an HIGH liegt. Für den zweiten Fall hilft leider nur hoffnungsvolles Ausprobieren! Die von mir verwendete NodeMCU hat die Kontaktbelegung wie im nebenstehenden Bild.

Achtung, es gibt auch sehr ähnlich aussehende Varianten, bei denen die Reihenfolge der Kontakte aber anders ist. Da gibt es leider keine Norm.



Meine NodeMCU mit je 15 Kontakten auf beiden Seiten



8 Die beiden Teile des Gehäuses

Die LED für die Signalisierung des Zustands kommt an GPIO-Pin 2 mit einem Vorwiderstand von 330Ω. Das ergibt einen Strom von knapp 4mA. Mit einer Low-Current-LED ergibt das eine gute Leuchtkraft.

Ein schickes Gehäuse

Damit wir unsere Waage einrichten können, müssen wir zuerst eine gute Aufnahme für die Messzelle haben. Daher bietet es sich an, mit

Einheiten
Zoll **Millimeter**

Breite
200 mm

Höhe
50 mm

Tiefe
300 mm

Sind dies die inneren oder äußeren Abmessungen?
Innere **Äußere**

Materialstärke
3mm

Eigene Materialstärke

Offene oder geschlossene Box?
Offen Geschlossen

Kantenausführung
Stumpf **Gezinkt** Geschraubt

Fingerbreite
24.39

Zeichnungen herunterladen

9 MakerCase.com, ein tolles Tool für eigene Boxen

dem Bau des Gehäuses zu starten. Es besteht aus zwei Teilen: Einer nach unten offenen Box mit einer Grundfläche, die der Standfläche des Kunststoff-Pad-Halters entspricht (siehe Titelbild dieses Artikels). Darin wird die Elektronik (NodeMCU und HX711) befestigt. Der zweite Teil ist die Waage-Plattform, die die gleiche Grundfläche hat, aber deutlich flacher ist. Zwischen beiden Teilen sitzt dann später die Wägezelle 8.

Da ich an meinem Arbeitsplatz am Institut für Innovation, Design und Engineering der Ostschweizer Fachhochschule über einen Lasercutter verfüge, wollte ich den natürlich einsetzen. Über die Website *MakerCase.com* lassen sich schnell und einfach Laserschnittvorlagen für Boxen herunterladen. Hierzu gibt man einfach die geforderte Masse und die Dicke der Platten ein. Boom – und man hat wahlweise ein SVG- oder DXF-File. Diese habe ich als Grundlage für meinen Bau genommen 9.

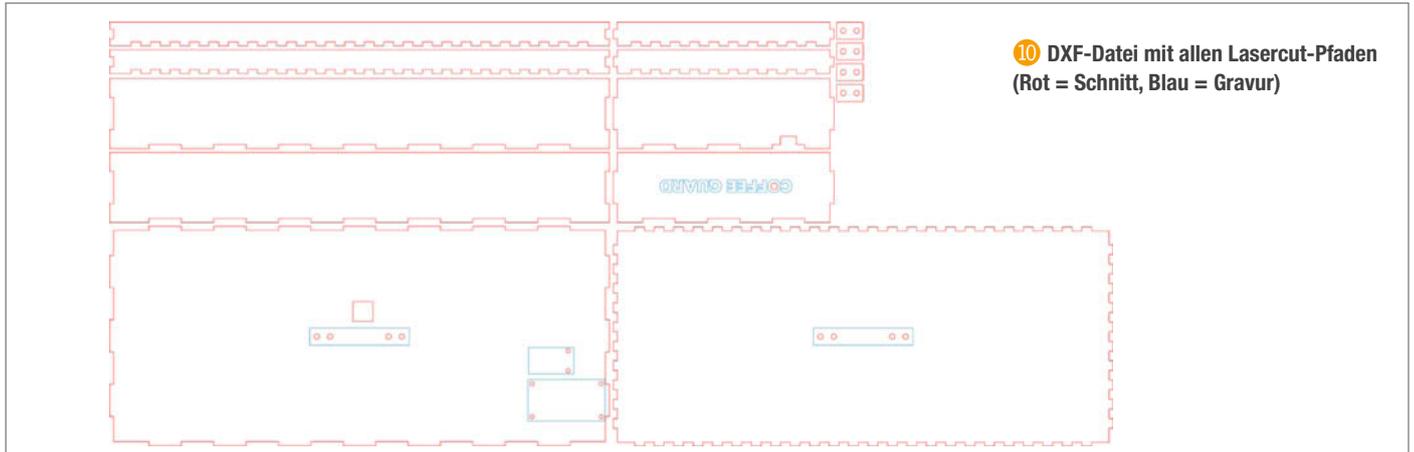
Alle zusätzlichen Löcher und Aussparungen in den richtigen Abständen und Größen habe ich vor dem Lasern in Adobe Illustrator eingefügt. Das kann aber genauso gut mit einem Freeware-Vektorprogramm wie *Inkscape* gemacht werden 10.

Das Gehäuse ist so einfach gebaut, dass es fürs Zusammenleben mit Holzleim keine Anleitung braucht. Tipp: Ein oder mehrere Gummiringe können sehr hilfreich sein, um alles bis zum Trocknen des Leims zusammenzuhalten.

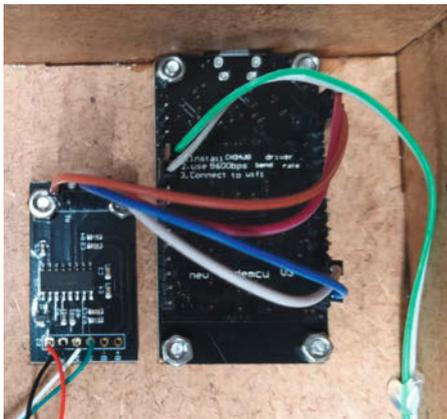
Aber natürlich hat nicht jeder einen Lasercutter. Da das Gehäuse jedoch einfach gebaut ist, kann man es auch aus baumarktüblichen Sperrholzplatten und Holzleisten bauen. Die Maßtabelle sowie eine Konstruktionszeichnung stehen genauso wie die Lasercut-Dateien über den Kurzinfo-Link zum Download bereit. Da beide Gehäuse dieselben Maße haben und bei der Montage der Einzelteile keine wesentlichen Unterschiede aufweisen, wird im Folgenden die Lasercut-Variante verwendet. Falls Ihr Pad-Halter andere Maße aufweist, kann man das Gehäuse entsprechend anpassen, wenn man nicht mit überstehenden Rändern leben möchte.

Die beiden Platinen werden unter die Decke des Gehäuse-Unterteils geschraubt. Entsprechende Bohrungen sind in den Zeichnungen vorgesehen. Wer keine von außen sichtbaren Schrauben möchte, kann die Platinen auch mit Heißkleber befestigen. Seitlich am Gehäuse ist ein kleiner Durchbruch für die USB-Buchse der NodeMCU. Über sie erfolgt die Stromversorgung und Programmierung der Waage 11. Hier ist ein Kabel mit einem dünnen und langen USB-Stecker vorteilhaft. Eventuell muss man das Gehäuse etwas nacharbeiten.

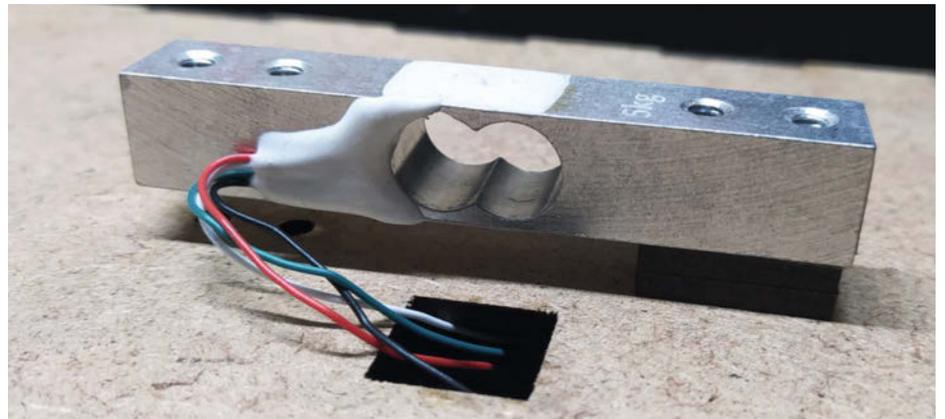
Die bereits mit dem HX711-Modul verlötete Wägezelle wird von innen durch die große Öffnung der Gehäusedecke geschoben und mit einer kleinen Erhöhungsscheibe auf der



10 DXF-Datei mit allen Lasercut-Pfaden (Rot = Schnitt, Blau = Gravur)



11 Die NodeMCU ist so zu montieren, dass ihre USB-Buchse in die Gehäuseausparung passt.



12 Die Wägezelle mit der Erhöhungsscheibe

Decke des unteren Gehäuses geschraubt (M4-Schrauben, Gewinde sind bereits in der Zelle vorhanden). Die Erhöhung ist nötig, damit sich die Zelle bei der Gewichtsmessung nach unten durchbiegen kann 12. Achtung: Die Kabel dürfen nicht unter die Wägezelle geraten.

Schließlich wird noch die Waageplattform ebenfalls mit M4-Schrauben auf die Wägezelle geschraubt. Auch hier muss eine Erhöhungsscheibe zwischengelegt werden, damit sich die Zelle nach unten gut verbiegen kann.

Zu guter Letzt muss die Signal-LED eingeklebt werden. Mit Heißkleber kann man vor der LED schön einen Diffusor aufbauen, damit man das Leuchten der LED auch von der Seite her sehen kann. Dazu einfach das Loch mit Kleber auffüllen und dann die LED von Innen mit noch mehr Heißkleber vor das Loch platzieren 13.

Ein schickes Gehäuse

Rein mechanisch ist die Waage damit fertig. Softwaremäßig ist aber noch einiges zu tun. So sollte man die Pad-Waage kalibrieren und das Basisgewicht der Wägeplattform und des leeren Pad-Halters bestimmen. Außerdem

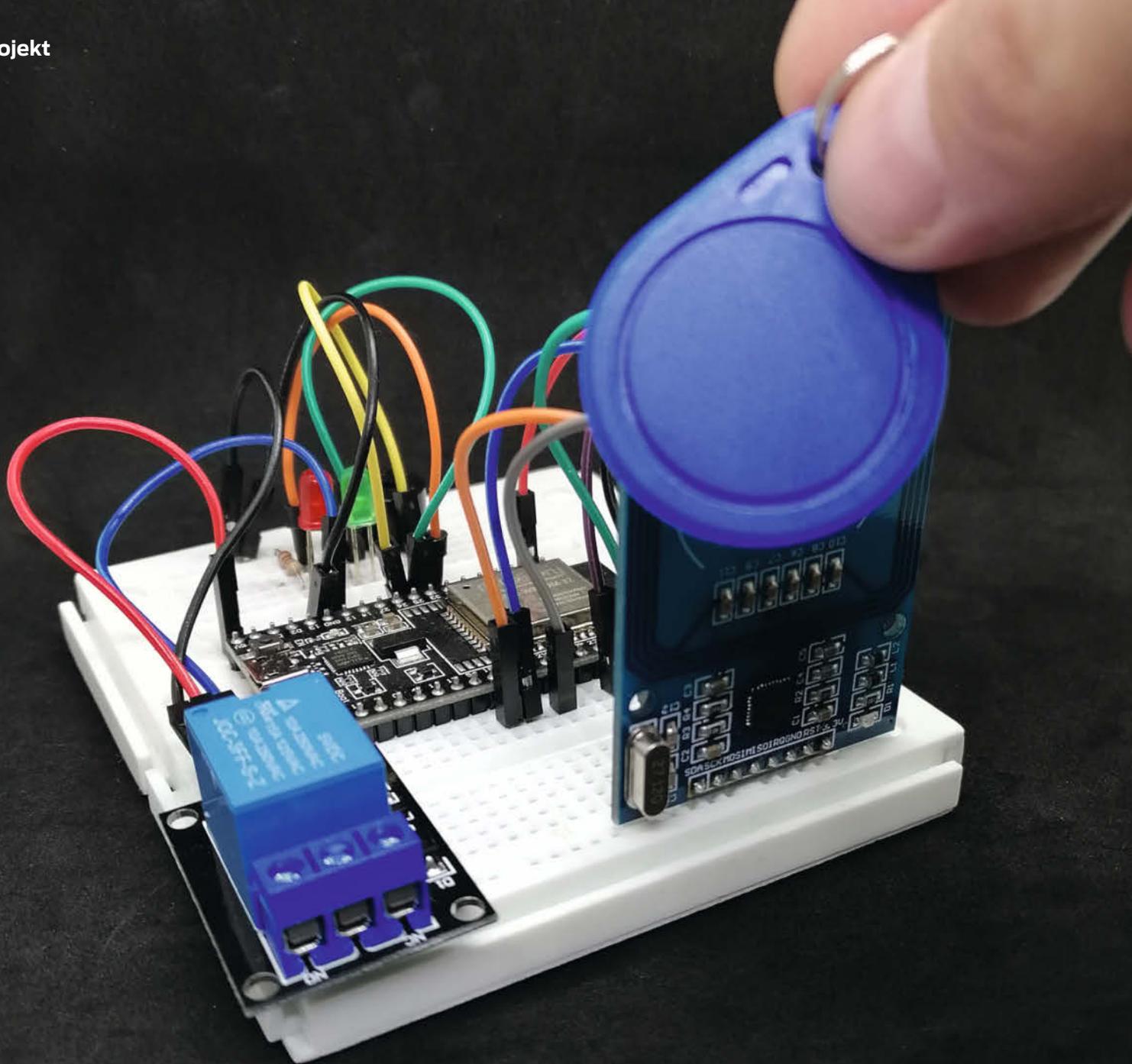


13 Der Diffusor aus Heißkleber hält nicht nur die LED, sondern sorgt auch dafür, dass das Warnlicht auch von der Seite sichtbar ist.

muss man einen passenden Nachrichtenkanal einrichten. Dazu steht ein E-Mail-Versand und/oder der Versand per MQTT (Messages Queing Telemetry Transport, Netzwerkprotokoll zum Nachrichtenversand zwischen Maschinen) zur Verfügung. Mit der zweiten Methode kann die Warnung über einen zu geringen Kaffeevorrat auch von mehreren Berechtigten empfangen werden. Festlegen, wer dann Pads nachtankt, müssen Sie aber selbst.

Die Kalibrierung und die Einrichtung der Software inklusive des Nachrichtenversands finden Sie in unserem ergänzenden Online-Artikel zu diesem Projekt (siehe Kurzinfolink).

Übrigens: Falls Sie ein besonders originelles Gehäuse für die Waage gebaut haben, senden Sie uns doch ein Bild davon an info@make-magazin.de. Wir stellen es dann gerne im Magazin oder online vor. —hgb



Zugangskontrolle mit RFID

Kontaktlose Zugangs-Systeme sind praktisch und vielseitig einsetzbar. Mit einem RFID-Leser, dem ESP32-Mikrocontroller und einem Relais lassen sie sich leicht in eigene Projekte einbinden. Wie das funktioniert, erfährst du hier.

von Stefan Draeger

Auch wenn RFIDs für kurze Funkdistanzen gedacht sind, durchdringen sie Materialien wie Holz und Kunststoff. Daher eignen sie sich ideal für sichtbare und versteckte Zugangs-Systeme. Weil sie eindeutig identifiziert werden können, lassen sie sich einfach verwalten und ihre Verwendung protokollieren. Ob ein RFID-Transponder etwa für einen Türzugang zugelassen ist, kann man über seine UID definieren. Geht ein Transponder verloren, kann ihm vom System aus umgehend jede Zugangsberechtigung entzogen werden, indem man einfach die UID aus der Liste der erlaubten entfernt. Deswegen sind RFIDs besonders gut für Bereiche mit vielen Menschen und Zugängen geeignet. Aber auch kleine Projekte wie automatisierte Katzenklappen, ein unsichtbarer Verschluss in einer Schatztruhe oder ein Türschloss sind perfekt für den Einsatz von RFIDs.

In diesem Projekt zeige ich dir, wie du einen Mikrocontroller und ein RFID-Lesemodul für deine Vorhaben programmieren kannst. Wenn der RFID-Leser einen Transponder erkennt, überprüft er dessen UID und gewährt oder verwehrt ihm den Zugang. Damit der Benutzer eine Rückmeldung erhält, bauen wir eine grüne und eine rote LED in den Schaltkreis ein. Die grüne LED blinkt kurz, wenn der Zugang genehmigt wird und aktiviert ein angebundenes Gerät. Die rote blinkt, wenn der Zugang verwehrt wird. Zusätzlich untermalt ein Piezo-Buzzer den Vorgang akustisch. Falls sich eine unbefugte Person Zugang verschaffen möchte, sendet der Mikrocontroller dir sogar eine E-Mail. Alle notwendigen Arduino-Sketches findest du im Github-Repository des Projektes (siehe Link in der Kurzinfor).

Die Komponenten

Als Steuereinheit verwende ich den *ESP32*-Mikrocontroller mit der Bezeichnung *ESP32*-

Kurzinfor

- » Zugangs-System mit RFID programmieren
- » Senden von E-Mails von einem Mikrocontroller
- » Schalten von Relais

Checkliste



Zeitaufwand:
2 Stunden



Kosten:
26 Euro



Elektronik:
Grundkenntnisse

Material

- » *ESP32* USB-Datenkabel
- » *RFID-Set RC522* ggf. zusätzliche RFID-Transponder
- » *1-fach-Relais-Shield*
- » *Breadboard* min. 400 Pins
- » *Breadboard-Kabel* verschiedene Längen

Werkzeug

- » Seitenschneider
- » Biegelehre
- » LötKolben und Lötzinn

Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, *Popcorn Make:r*, Make 4/21, S. 50
- » David Traum, *Interaktive Klimakasse* mit *ESP8266*, Make 6/20, S. 60

Alles zum Artikel
im Web unter
make-magazin.de/xk2c

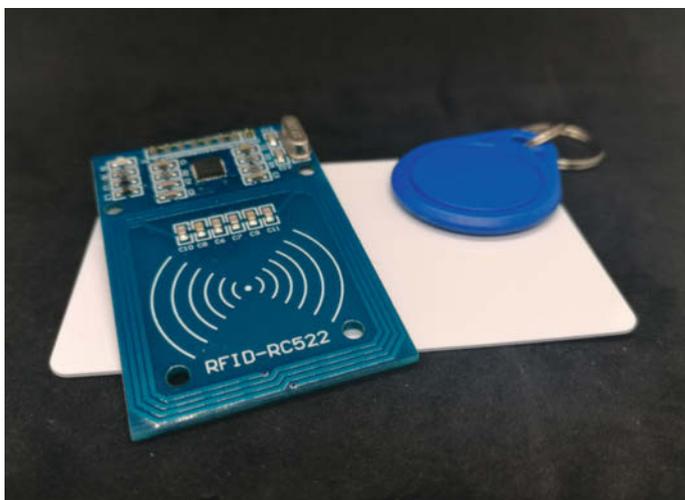


WROOM-32. Dank der standardmäßigen WLAN-Schnittstelle kannst du ihn mit ein paar Zeilen Code in dein lokales Drahtlos-Netzwerk einbinden. Er besitzt alle erforderlichen Pins und die benötigte SPI-Schnittstelle (Serial Peripheral Interface), über die der *ESP32* mit einem RFID-Leser kommunizieren kann. Das dazu benötigte Modul vom Typ *RC522* ¹ gibt es auf diversen Plattformen als Set inklusive zweier RFID-Transponder für wenig Geld. Die Stifteleisten musst du zusätzlich anlöten. Einen elektronischen Türöffner oder ähnliche

Verbraucher kannst du mithilfe eines *1-fach-Relais-Shields* ² betätigen. Diese gibt es in Ausführungen mit bis zu 16 Relais. Da das Projekt nicht alle Pins des *ESP32* belegt, ist hier noch viel Spielraum für Erweiterungen.

Der Aufbau

Am besten baust du die Schaltung zunächst auf einem Steckbrett (*Breadboard*) auf. Dann musst du nicht löten und bist flexibler in der Gestaltung.



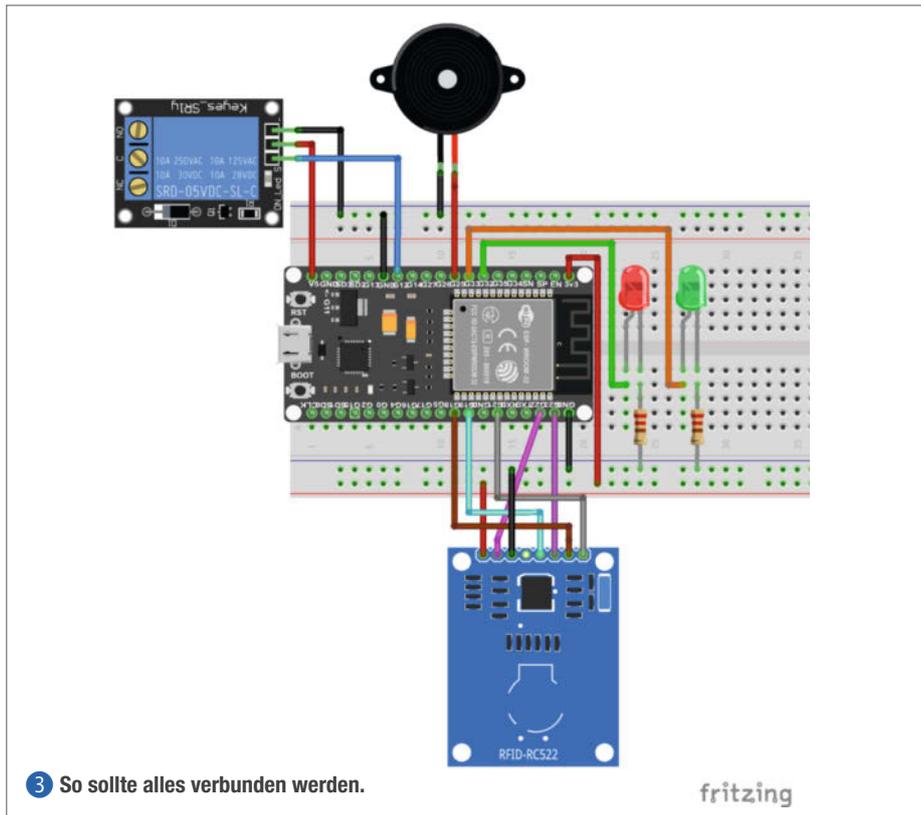
¹ Das RFID-Modul *RC522* kommt meist als Set mit zwei Transpondern.



² Ein *1-fach-Relais-Shield* kann ein angeschlossenes Gerät betätigen.

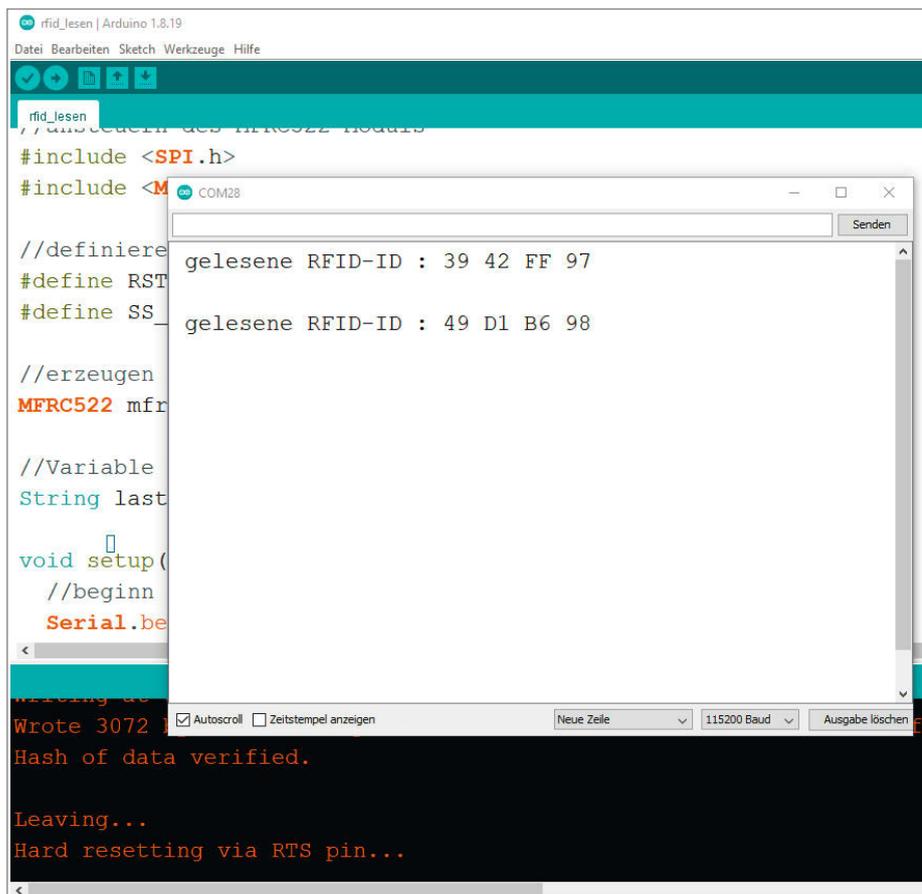
Verbindungen

Bauteil	ESP32
LED, rot	
Kathode (Minuspol)	220Ω-Widerstand > GND
Anode (Pluspol)	GPIO32
LED, grün	
Kathode (Minuspol)	220Ω-Widerstand > GND
Anode (Pluspol)	GPIO33
Relais	
S	GPIO12
+	5V
-	GND
Piezo-Buzzer	
+	GPIO25
-	GND
RFID-Modul RC522	
SDA	GPIO21
SCK	GPIO18
MOSI	GPIO23
MISO	GPIO19
IRQ	-
GND	GND
RST	GPIO22
3,3V	3,3V



3 So sollte alles verbunden werden.

fritzing



4 Wir müssen zuerst die RFID-UIDs auslesen, bevor wir sie verwenden können.

Damit der 3,3V-GPIO-Pin die zwei LEDs nicht überlastet, habe ich jeweils einen 220Ω-Widerstand zwischen die Kathode einer LED und GND gesteckt. Der Piezo-Buzzer wird direkt am GPIO-Pin-25 und einem GND-Pin angeschlossen. Für die SPI-Verbindung des RFID-Moduls benötigst du 6 Kabel. Achte darauf, dass der IRQ-Pin in dieser Schaltung unbesetzt ist. Zum Schluss verbindest du das Relais-Shield mit 5V, GND und dem GPIO-Pin-12, der das Signal zum Schalten des Relais senden wird. Die detaillierte Pinbelegung kannst du der Tabelle und der Fritzing-Grafik 3 entnehmen.

Arduino-IDE vorbereiten

Zum Programmieren des ESP32 verwende ich die *Arduino IDE*. Du kannst sie kostenfrei für Windows, macOS und Linux herunterladen. In der Kurzfinfo befinden sich Links für den Download und zu einem Online-Artikel, der dir bei der Installation der notwendigen Treiber für ESP-Boards hilft, da diese standardmäßig nicht Teil der Arduino IDE sind. Je nach Hersteller musst du weitere Treiber installieren. Informationen dazu findest du meist auf der Website deines Board-Herstellers. Nach der Installation ist die Arduino IDE bereit, um mit deinem Mikrocontroller zu kommunizieren.

Als Nächstes benötigst du die Bibliotheken für den RFID-Leser und die E-Mail-Funktion. Du kannst sie mithilfe des *Bibliotheksverwalters*

installieren, zu dem du entweder über das Menü *Werkzeuge/Tools* oder die Tastenkombination *STRG+Umschalt+I* gelangst. Dort suchst du nach *mfrc522* und installierst die Bibliothek mit dem Eintrag *MFRC522 by GithubCommunity*. Anschließend gibst du in das Suchfeld *esp mail client* ein und installierst die Bibliothek *ESP Mail Client by Mobizt*. Danach kannst du das Fenster über die Schaltfläche *Schließen* verlassen und mit der Programmierung des Mikrocontrollers beginnen.

Auslesen von RFID-UIDs

Jeder RFID-Transponder hat eine eigene Seriennummer (UID). Bevor du einzelnen Transpondern Zugang gewähren kannst, musst du ihre UID erst auslesen. Öffne dazu den Sketch *rfid_lesen.ino*, den du aus dem Github-Repository (siehe Kurzinfor) heruntergeladen hast, in der Arduino IDE und übertrage ihn auf den ESP32. Danach startet das Programm automatisch. Um die UID eines gelesenen Transponders zu sehen, öffne den *seriellen Monitor* **4**, entweder über das Menü *Tools/Werkzeuge* oder mit der Tastenkombination *STRG+Umschalt+M*. Halte den Transponder an den RFID-Leser und notiere dir die UIDs, die du später verwenden möchtest.

Abgleich mit einem Array

Nachdem du die UIDs ausgelesen hast, speicherst du diejenigen, denen du Zugang gewähren willst, in einem Array. Im Beispiel soll zunächst nur ein Transponder akzeptiert werden und der andere nicht. Auch wenn bei einem einzelnen Transponder eine einfache Variable ausreichen würde, bist du mit einem Array darauf vorbereitet, zukünftig mehrere RFIDs zu verwenden.

RFID-Abgleich mit dem Array

```
const int NUM_RFIDS = 1;
String rfidids[NUM_RFIDS] = {" 39 42 FF 97"};

bool zugangOk = false;
for (int i = 0; i < NUM_RFIDS; i++) {
  if (rfidids[i].equals(newRfidId)) {
    zugangOk = true;
    break;
  }
}
```

Wi-Fi-Verbindung (Beispiel)

```
#include <WiFi.h>

#define WIFI_SSID "Fritzbox-Name"
#define WIFI_PASSWORD "drahtlos123"

void setup(){
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){
    Serial.print(".");
    delay(200)
  }
  Serial.println();
  Serial.print("Zum Wi-Fi-Netzwerk ");
  Serial.print(WIFI_SSID);
  Serial.println(" verbunden.");
  Serial.print("IP-Adresse: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Serial.println();
}
```

Öffne den Sketch *rfid_array.ino* und scrolle in die Zeile 31. Das dort stehende Array lautet `String rfidids[NUM_RFIDS]` und wird wie folgt definiert: *Datentyp Array-Name[Größe des Array]*. Als Datentyp wird `String` verwendet,

weil die UIDs Buchstaben und Zahlenpaare beinhalten. Die Größe des Array legt die Konstante `NUM_RFIDS` innerhalb der eckigen Klammern fest. Da du von den beiden mitgelieferten Transpondern erst mal nur einem

WAZER

Erster DESKTOP-
WASSERSTRAHLSCHNEIDER der Welt.

ab 9.990,- € zzgl. MwSt.



E-Mail Message-Objekt (gekürzt)

```
message.sender.name = "ESP32 Mailer"
message.sender.email = AUTHOR_EMAIL;
message.subject = "Achtung! Unbekannter Zugriffsversuch mit RFID-UID [" + rfidId + "!]";
message.addRecipient("Empfänger-Name", "empfaenger@gmail.com");
String textMsg = "Es wurde versucht, mit der RFID-UID " + rfidID + " Zugang zu erlangen.";
message.addHeader("Message-ID: <RFID_mailer@web.de>");
```

SMTP-Eingaben (Beispiel)

```
#define SMTP_HOST "smtp.web.de"
#define SMTP_PORT 587
#define AUTHOR_EMAIL "RFID_mailer@web.de"
#define AUTHOR_PASSWORD "kontaktlos123"
```

Zugang gewähren willst, ist der Wert der Variable NUM_RFIDS = 1. Sobald noch mehr RFIDs hinzukommen, muss dieser erhöht werden.

Trage in die Anführungszeichen innerhalb der geschweiften Klammern deine ausgelesene UID des zu akzeptierenden Transponders ein, z.B. {" 45 32 56 4F"}; und achte dabei auf das erste Leerzeichen. Falls du später mehrere UIDs eintragen möchtest, trenne sie mit einem Komma, z.B. so: {" 45 32 56 4F", " 55 33 24 6F"}; . Lade den Sketch anschließend auf deinen Mikrocontroller.

Wenn du jetzt eine RFID vor den Leser hältst, gleicht eine Schleife im Sketch ab, ob die gelesene UID mit einer im Array übereinstimmt. Die boolsche Variable zugangOK wird auf true gesetzt, sobald eine erlaubte RFID erkannt worden ist. Daraufhin blinkt die

grüne LED und das Relais wird geschaltet. Andernfalls blinkt die rote LED und der Piezo-Buzzer spielt ein Warnsignal. Zusätzlich gibt der ESP32 über die serielle Schnittstelle den Zustand als Text aus. Diesen können wir als Debug-Ausgabe nutzen, um die Logik zu prüfen.

E-Mail Benachrichtigung

Damit der ESP32 eine E-Mail versenden kann, falls ein nicht-berechtigter Transponder vor den Leser gehalten wurde, musst du zunächst eine Verbindung zu deinem Drahtlosnetzwerk herstellen. Öffne den Sketch rfid_wifi.ino und gib unter Zugangsdaten für das Wi-Fi-Netzwerk die SSID und das Passwort deines drahtlosen Netzwerkes ein. Übertrage

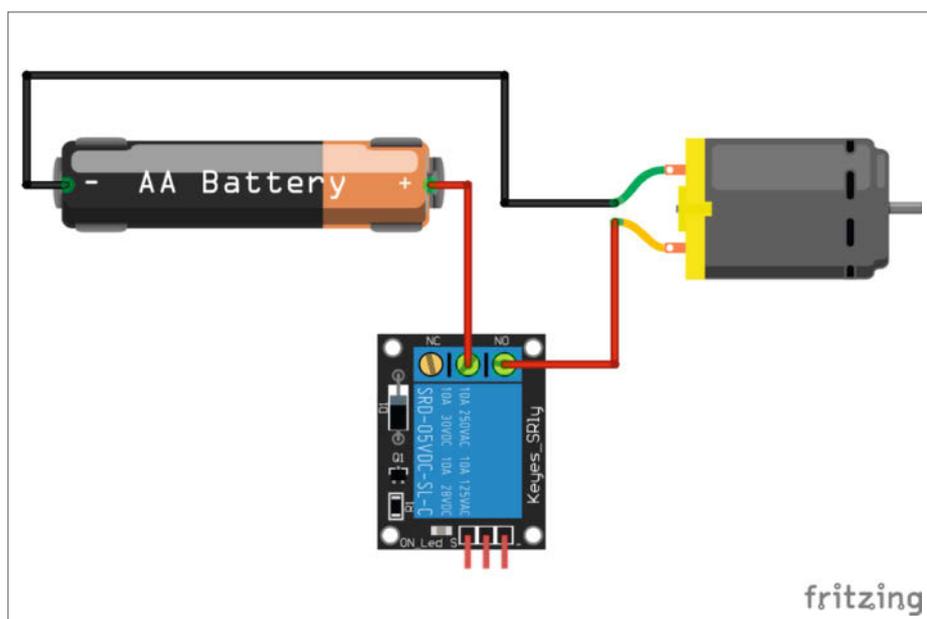
ebenfalls die UIDs aus dem vorherigen Schritt. Lade den Sketch danach auf den ESP32. Wenn die Verbindung zum Wi-Fi-Netzwerk hergestellt wurde, solltest du auf dem seriellen Monitor die IP-Adresse des Mikrocontrollers angezeigt bekommen.

Als Nächstes benötigst du ein E-Mail-Konto, um E-Mails mit dem ESP32 versenden zu können. Es gibt im Internet viele kostenfreie Anbieter. Falls du dich für web.de entscheidest, musst du das Versenden und Empfangen von E-Mails aus POP3 und IMAP über das Webinterface genehmigen. Die Option findest du auf der web.de-Website in den Einstellungen unter POP3/IMAP Abruf. Setze den Haken bei POP3 und IMAP Zugriff erlauben, um das Versenden zu erlauben und bestätige mit der Schaltfläche Speichern. Auf derselben Seite findest du auch die benötigten E-Mail-Serverdaten. Trage sie im Sketch unter Verbindungsdaten zum E-Mail-Provider ein.

Wenn jetzt ein falscher Transponder eingelesen wird, stellt der ESP32 eine Verbindung zum E-Mail-Server her. Anschließend erzeugt er ein Message-Objekt, befüllt es mit den Daten des Empfängers, des Absenders sowie einem Text und sendet die E-Mail ab. Ansonsten wird die Funktion über return verlassen und keine E-Mail gesendet. Der Aufbau der Session und das Absenden der E-Mail benötigen etwas Zeit. Die rote LED leuchtet so lange, bis dieser Vorgang abgeschlossen ist. Währenddessen kann der ESP32 keine weiteren Befehle, wie z.B. das Einlesen eines weiteren RFID-Transponders, ausführen. Passe die Daten für das Message-Objekt an und übertrage den finalen Sketch auf den ESP32.

Das Relais verbinden

Dein Zugangs-System ist jetzt einsatzbereit. Es fehlt nur noch die Anbindung eines Verbrauchers an das Relais. Dazu hast du drei Anschlüsse: NC, COM und NO und zwei mögliche Verwendungsarten 5: COM+NO (normally open – Stromkreis offen) und COM+NC (normally closed – Stromkreis geschlossen). Soll dein Verbraucher also nur dann Strom erhalten, wenn das Relais schaltet, verwende die Anschlüsse NO und COM. Um einen konstanten Stromfluss zu unterbrechen, schalte das Relais über NC und COM zwischen den Verbraucher und die Stromquelle. —akf



5 Ein Relais kann entweder standardmäßig geöffnet (NO) oder geschlossen (NC) sein.

**JETZT
KOSTENLOS
TESTEN**

DIE NEUE LERNPLATTFORM FÜR IT-PROFESSIONALS

Wir machen IT-Weiterbildung digital



IT-Kurse aus der Praxis

Lerne in Online-Kursen und -Trainings, wie Techniken funktionieren und wie du Aufgaben löst.



Triff erfahrene IT-Experten

Profitiere von der Erfahrung unserer IT-Experten und hole dir hilfreiches Praxiswissen aus erster Hand.



Lerne, wie es für dich passt

Nutze das Kursangebot überall und auf jedem Gerät und lerne immer dann, wenn du es brauchst.



Übungen zum Ausprobieren

Probiere das Gelernte selbst aus – mit Beispielaufgaben, Coding-Segmenten und Praxisübungen.



Überprüfe dein neues Wissen

Teste das Gelernte mit interaktiven Quizzes und löse die Programmieraufgaben deiner Trainer spielerisch.



Individuelle Lernumgebung

Lerne in deinem eigenen Tempo, inklusive Notizen, Transkript und Fragen-Modul.

Hier geht's zu deiner Weiterbildung: heise-academy.de



LED-Armbänder

Stickarmbänder lassen sich (fast) wie Steckplatinen nutzen: Hier werden die Stromkreise gestickt und dünne Kabel wie Fäden verwoben – und ergeben am Ende tragbare Elektronik mit bunten Farbeffekten.

von Mathias Franz



Neulich bin ich im Bastelladen auf ein Armband gestoßen, das ein Raster regelmäßiger Löcher aufwies. Gedacht ist es für selbstgebastelte Stickmotive. Aber Moment, dieses Raster erinnerte mich an etwas. Es sieht aus wie meine Steckplatinen, mit denen ich Schaltungen teste. Das kann man doch sicherlich zusammen bringen. Für den Einstieg habe ich einfach LEDs mit einem Armband kombiniert. Wer mehr möchte, kann noch mehr Schaltungselemente in individuellen Motiv-Armbändern einsetzen. Im Unterricht können so die physikalischen Grundlagen rund um das Ohmsche Gesetz, Dioden und den Aufbau von LEDs mit einem Projekt zum Anfassen kombiniert werden.

Rastermaß nehmen

Zunächst habe ich dafür das Lochmuster des Armbands ausgemessen und mit Steckplatinen verglichen. Als Rastermaß, also dem Abstand von Lochmitte zu Lochmitte, kam ich auf 2,875 Millimeter. Das gängige Rastermaß für elektronische Steckkomponenten beträgt 2,54 Millimeter bzw. 0,1 Inch. Das sind 13 Prozent Unterschied, was sich recht schnell störend auswirkt.

Kompatibel sind die Abstände an den Löchern 2 und 3 und dann erst wieder zwischen 8 und 11 im Standardmaß. Das sollte für die meisten Anwendungen und Schaltungen aber passen – zumindest dann, wenn man bei bunten LEDs bleibt und keine größeren Komponenten mit vielen Beinchen einbaut.

Was lohnt sich überhaupt auf einem Stickarmband an Elektronik? Ein Hingucker sind Dinge, die leuchten, also sind LEDs gesetzt. Als Energiequelle bietet sich eine kleine Knopfzelle vom Typ CR2032 an. Diese liefert mit 3 Volt ausreichend Spannung für gängige LEDs und kann bequem in einen Sockel eingesetzt werden. Die Sockel gibt es in verschiedenen Ausführungen. Sinnvoll ist ein Modell, das beide Kontakte als einzelne, lötbare Stifte nach unten führt. Am einfachsten lassen sich Batteriehalter verbauen, die einen Pinabstand von 20mm haben – das wird auf dem Steckbrett auf Position 1 und 9 ausgelegt und passt am Armband auf Loch 1 und 8.

Je nach gewünschtem Motiv eignen sich unterschiedliche LEDs. Ich empfehle mit zwei Beinchen bedrahtete LEDs in einem 3-mm-Gehäuse, das nicht zu weit vom Armband absteht. Diese LEDs gibt es in sortierten Kästen mit vielen bunten Farben und als *Rainbow-LEDs* mit Farbwechseleffekt. Wer die größeren 5mm-LEDs herumliegen hat, kann diese natürlich auch nutzen. Der geneigte Bastler kann auch SMD-LEDs verbauen, also LEDs ohne Beinchen für die Oberflächenmontage. Für Einsteiger sind sie aber eher ungeeignet. Alternativ gibt es im Modelleisenbahnbedarf bedrahtete SMD-LEDs.

Kurzinfo

- » Handarbeit trifft Elektronik
- » Sticken von Pixelgrafiken
- » Widerstände für LEDs berechnen

Checkliste

-  **Zeitaufwand:**
ein paar Stunden
-  **Kosten:**
ab 5 Euro
-  **Löten:**
Grundkenntnisse

Material

- » Armband Leder oder Kunstleder
- » Baumwollgarn
- » LEDs zwei Beine, max. 3 Volt Betriebsspannung
- » Knopfzellenhalterung
- » Knopfzelle CR2032
- » Schaltlitze Außendurchmesser bis 1,2mm
- » Widerstände nach Bedarf

Werkzeug

- » Sticknadel
- » Lötkolben
- » Seitenschneider

Mehr zum Thema

- » Elke Schick, Die Prinzessin auf LEDs, Make 3/15, S. 16
- » Florian Schäffer, Lizenz zum Löten, Make Sonderheft „Richtig loslegen“ 2017, S. 78
- » Hannah Perner-Wilson und Mika Satomi, Wearables aus der KOBAMA Maßschneiderei, Make 5/20, S. 102

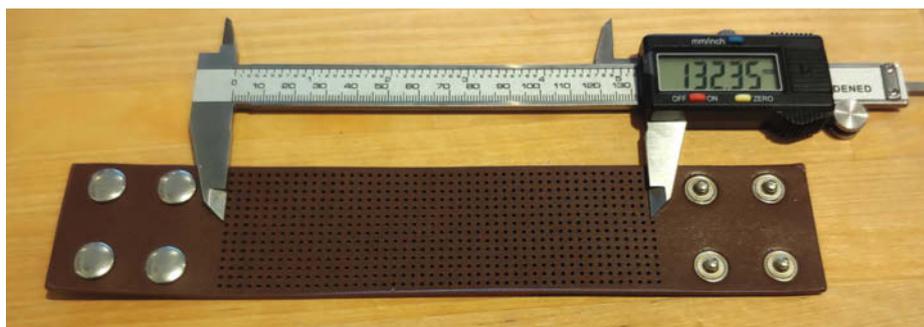
Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xnkc



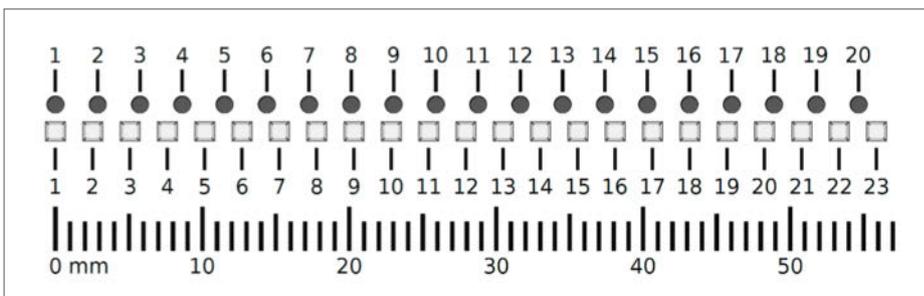
Ein erstes Armband

Für meinen ersten Versuch habe ich Farbwechsel-LEDs genommen. Diese benötigen laut Datenblatt nur 3 Volt Betriebsspannung und können somit direkt an die Knopfzelle angeschlossen werden. Um die LEDs und den Batteriehalter

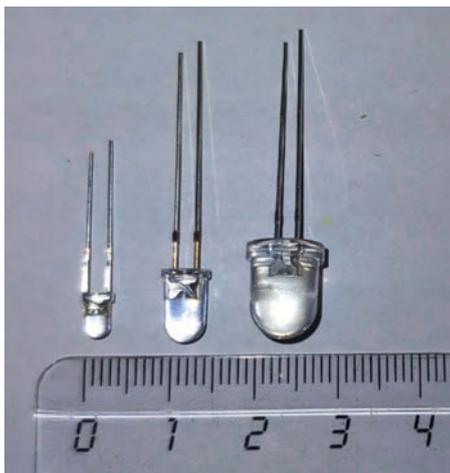
zu kontaktieren, verwende ich dünne Schaltlitze, also ein dünnes Kabel mit vielen kleinen einzelnen Drähten. Es ist darauf ausgelegt, häufig bewegt und gebogen zu werden. Der Außendurchmesser mit Isolierung beträgt bei meinem Kabel 1,2mm. Dieses passt



Das leere Stickarmband



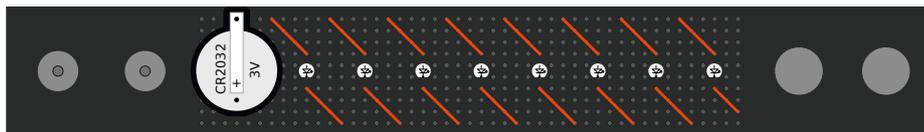
Vergleich des Lochrasters des Armbands (Kreise) mit dem Raster einer Steckplatine (Vierecke)



Drei typische Bauformen von bedrahteten LEDs: 3mm, 5mm und 7mm. Der Beinchenabstand ist bei allen gleich, lediglich der Kopf unterscheidet sich.



Im ersten Schritt werden die Druckköpfe und der Minuspol der Knopfzellenhalterung verlötet.



Skizze eines simplen LED-Armbands mit Farbwechsel-LEDs

gerade so durch die Löcher und kann als dekoratives Element genutzt werden. Es lohnt sich also, mit verschiedenen Farben zu arbeiten.

Die Litze verlöte ich an der Rückseite des Armbands. Wer sich mit dem Löten noch nicht auskennt, sollte es vorher mit Hilfe von Tutorials ausprobieren und in die Anleitung im Make-Sonderheft 2017 ab Seite 78 schauen.

Die Armbänder halten durchaus ein bisschen Temperatur aus und auch die Arbeit mit bleifreiem Lot hat gut geklappt. Dennoch sollte das Material nicht zu lange beansprucht werden. Da wir nur mit 3 Volt arbeiten, ist es komplett ungefährlich, wenn die Kontakte beim Tragen des Armbands direkt auf der Haut aufliegen. Der Hautwiderstand ist außerdem so hoch, dass die Schaltung nicht beeinflusst wird. Dennoch können die Lötstellen kratzen oder man möchte vermeiden, dass die Stellen auf der Haut aufliegen, vor allem, wenn man mit bleihaltigem Lot arbeitet. Die Rückseite habe ich daher zum Schluss mit einem Stück Stoff abgedeckt – dazu später mehr.

Ich beginne mit der Knopfzellenhalterung. Diese stecke ich durch die passenden Löcher auf der Oberseite und biege die Kontaktpins innen vorsichtig mit einer flachen Zange nach außen. Der Pin für den Minuspol der Knopfzelle wird mit dem Rand des Druckknopfes verlötet. Somit dienen die Druckknöpfe gleichzeitig als Schalter und die LEDs leuchten nur, wenn das Armband geschlossen ist.

Als nächstes fädle ich die rote Schaltlitze durch das Armband, um die Knopfzellenhalterung und die erste LED zu verbinden. Dazu löte ich es an den Pluspol der Halterung und ziehe es anschließend straff in Form. Auf der Unterseite habe ich es dann abgeknipst und mit dem längeren LED-Bein verlötet. Dieses markiert die Anode, also die positive Seite der LED. Die LED-Beinchen werden vorher jeweils zur langen Seite des Armbandes gebogen. Dies ist wichtig, weil das Band sich beim Öffnen und Schließen biegt, aber die Bauteile das möglichst nicht tun sollten. Was sich biegen darf, sind die Kabel – die sind darauf ausgelegt.

So wird nun weiter verfahren: LED für LED wird eingesteckt und verlötet. Es entsteht eine schöne Parallelschaltung aller LEDs. Zum Schluss muss man die andere Knopfseite mit dem Strang aller LED-Kathoden, den kürzeren Beinchen verbinden, also dem Minuspol.

Fertig ist das erste Armband. Wird eine Batterie eingesetzt und die Druckknöpfe geschlossen, leuchten alle LEDs rot auf. Danach beginnt der automatische Farbwechsel. Eigentlich soll es jede Sekunde eine neue Farbe geben. In der Realität unterscheiden sich die Zeiten leicht, was den schönen Effekt ergibt, dass nach kurzer Zeit das Armband bunt leuchtet und immer wieder anders aussieht.

Widerstände berechnen

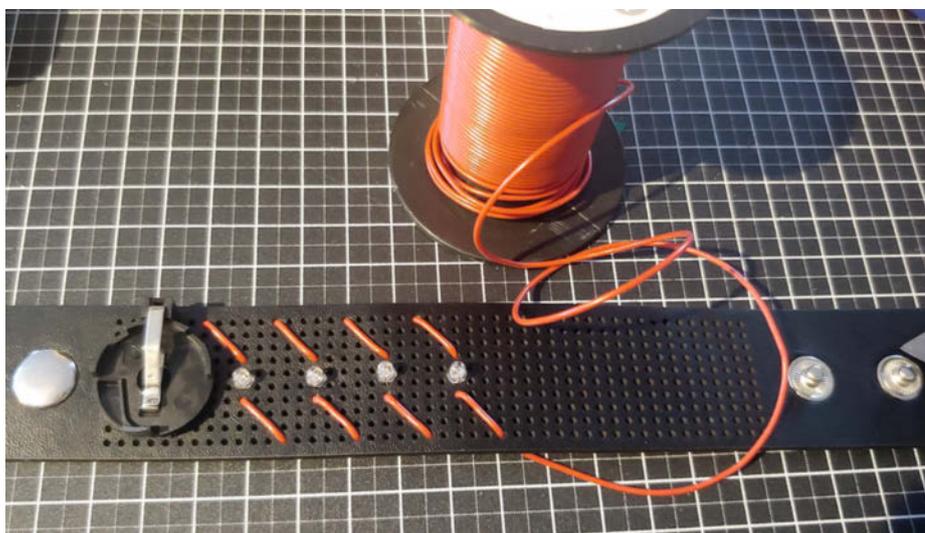
Nun sollen die Bauelemente Bestandteile eines Motivs und somit funktionelle *und* dekorative Elemente werden. Da die Knopfzelle nur 3 Volt liefert, kann man die meisten LEDs gefahrlos direkt anschließen. Dennoch lohnt es sich, hier einen Vorwiderstand zur Strombegrenzung einzusetzen und als dekoratives Element zu nutzen. Wer den Widerstand berechnen kann, ist außerdem bereit für größere Elektronikprojekte mit mehr Spannung. Welcher Widerstand benötigt wird, hängt davon ab, welche LEDs verwendet werden und wie viele es sein sollen. Beginnen wir mit dem einfachsten Fall: Eine Leuchtdiode U_{LED} wird mit einem Vorwiderstand U_R betrieben.

Die Spannung der Batterie (3 Volt) teilt sich bei dieser Reihenschaltung auf beide Bauteile auf:

$$3V = U_{LED} + U_R$$

Die Stromstärke I ist für beide Bauteile gleich

$$(I_{LED} = I_R).$$



Vorderseite des Armbands mit LEDs

Um den Widerstand passend zu dimensionieren, stelle ich die Gleichung für die Berechnung über das Ohmsche Gesetz um:

$$R = U_R / I = (3V - U_{LED}) / I_{LED}$$

Da eine einzelne LED recht langweilig wirkt, schalte ich noch mehrere, gleiche LEDs parallel und erweitere die Gleichung auf:

$$R = (3V - U_{LED}) / (n \times I_{LED})$$

mit n als Anzahl der parallelen LEDs. Da der berechnete Wert eher zur Orientierung dient, reicht es, wenn der eingesetzte Widerstand später grob die errechnete Größe hat.

Um die Gleichung zu berechnen, schaue ich ins Datenblatt der LED. Hier habe ich zunächst einfache rote LEDs genommen. Unter den technischen Daten sind typischerweise die Durchlassspannung oder *Forward Voltage* (U_F) und der Durchlassstrom (I_F) gelistet. Bei der roten LED sind dafür 2V und 20mA angegeben. Die Werte setze ich für U_{LED} und I_{LED} in der Gleichung ein. Dann ergibt sich

$$R = (3V - 2V) / (2 \times 0,02A) = 25 \Omega$$

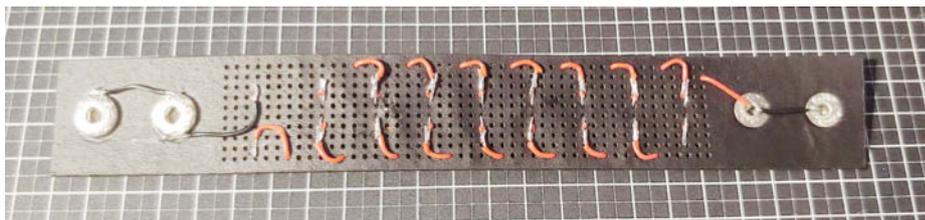
Der Widerstand kann also, wie erwartet, sehr klein gewählt oder komplett weggelassen werden. Ich will ihn aber als Nase eines Gesichts nutzen.

Wer LEDs mit weiteren Farben nutzt, kann die gleiche Schaltung noch einmal parallel an der Batterie anschließen. Da LEDs verschiedener Farben unterschiedliche Durchlassspannungen haben, ergibt sich für jede Farbe ein eigener Widerstandswert. Es lohnt sich dann, das Ganze vorher auf einem Steckbrett auszuprobieren: Manche LEDs sind stark unterschiedlich hell, sodass der Widerstand noch einmal angepasst werden muss, um eine „gefühlte“ gleiche Helligkeit der LEDs zu erreichen.

Nadel und Faden

Das ist die Stelle, an der der Faden ins Spiel kommt. Grob vereinfacht ähneln Stickmotive Pixelgrafiken. Im einfachsten Fall werden Fadenkreuze so aneinander gereiht, dass ein Bild entsteht. Das kann dann durch Konturen und weitere Elemente erweitert werden. Wie also entstehen einzelne Pixel beim Sticken?

Ein Beispiel, in welcher Reihenfolge man die ersten zwei Pixel sticken kann, habe ich auf der nächsten Seite vorbereitet. Wir beginnen mit einer Diagonalen: Unten rechts verknöte ich den Faden auf der Rückseite und führe ihn nach oben links ①. Rückseitig bringe ich den Faden dann nach unten ②, um anschließend vorne die zweite Diagonale zu sticken ③. Damit ist das erste Kreuz fertig. Um mit dem gleichen Muster weiterzuarbeiten, habe ich die Diagonale für das zweite Kreuz zuerst auf der Rückseite von oben links nach unten rechts gezogen ④, um dann vorn wieder nach oben links zu sticken ⑤. Schließlich wird der



Die fertige Rückseite



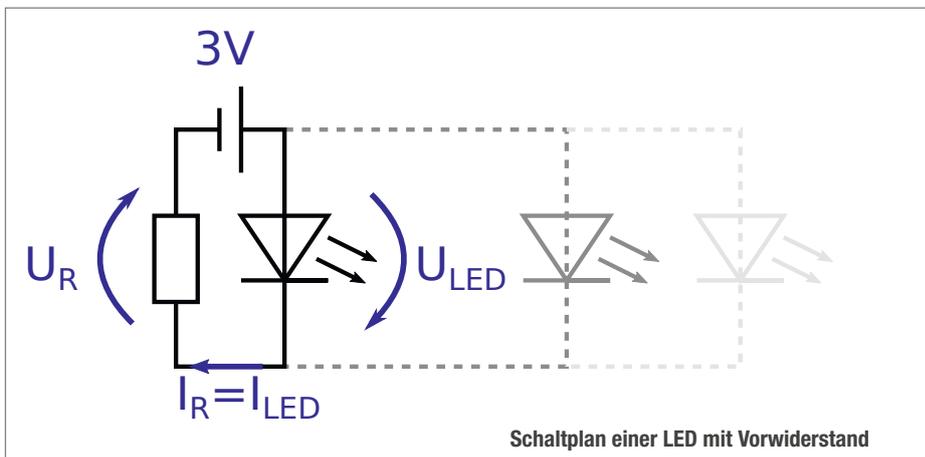
So leuchtet das Armband nach einer Weile.

Faden hinten nach unten geführt ⑥, um das Kreuz zu vervollständigen ⑦. Auf diese Art setzt man vorn Kreuz an Kreuz, während auf der Rückseite ein Sägezahnmuster entsteht.

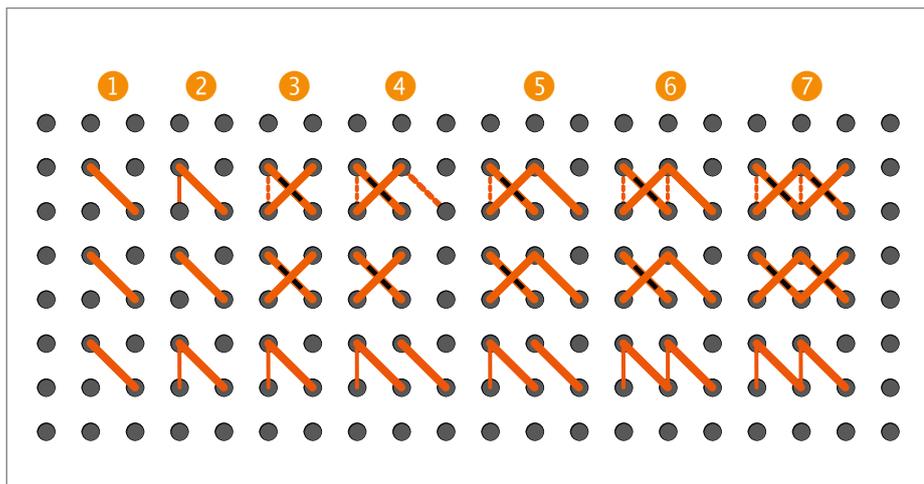
Das Design

Jetzt gehen wir daran, die Komponenten so auf dem Armband anzuordnen, dass sie ein schönes Motiv ergeben. Am schnellsten geht

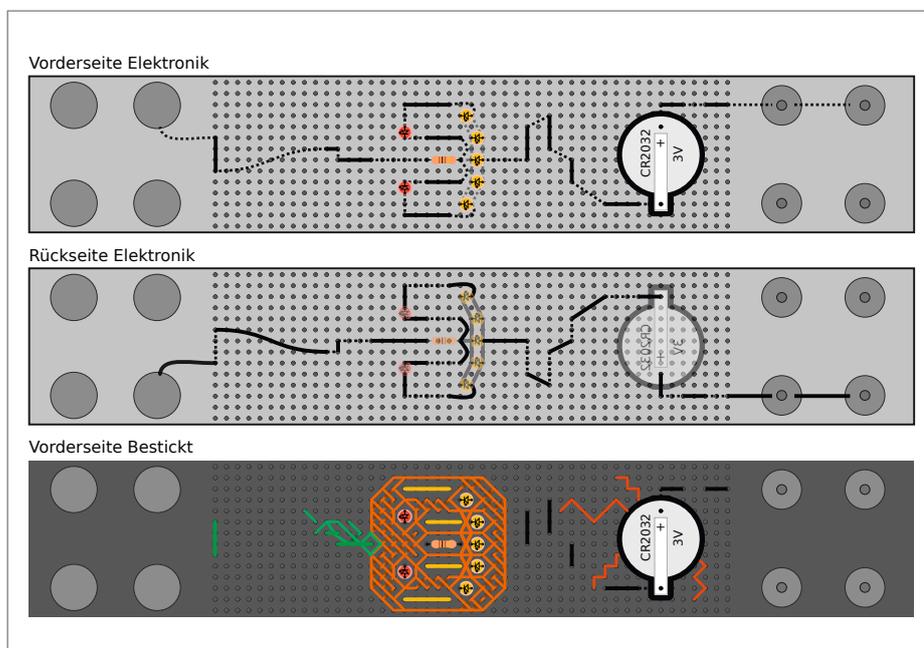
das mit kariertem Papier, auf dem jedes Kreuz einem Loch entspricht. Ich habe mir in der kostenlosen Open-Source-Grafiksoftware *Inkscape* eine Vorlage gebastelt und online zum Download zur Verfügung gestellt (siehe Link in der Kurzinfor). Man kann sie ausdrucken und die Ideen darauf skizzieren oder die Komponenten am Rechner zurechtschieben. Besonders reizvoll finde ich es, wenn alle Bauelemente im Motiv integriert sind. Die LEDs können etwa



Schaltplan einer LED mit Vorwiderstand



Die Einzelschritte, um zwei Kreuze nebeneinander zu sticken: Die oberste Reihe ist die Komplettansicht, in der Mitte sind die Schritte auf der Oberseite, in der unteren Reihe die Schritte auf der Unterseite zu sehen.



Bastelvorlage des Kürbisarmbands



Ein Stückchen Stoff deckt die Elektronik ab, damit nichts kratzt.

Augen eines Gesichts sein oder auch der Mund. Mit dem Widerstand gibt es eine Nase und auch die Kabel und selbst die Batteriehalterung können als dekorative Elemente genutzt werden!

So habe ich mir einen Kürbiskopf entworfen, mit zwei roten LED-Augen und einem gelben Mund. Die dünnen gelben Kabel führe ich dabei mit auf die Vorderseite, um die natürliche Kürbisstruktur anzudeuten. Auch die anderen Kabel habe ich immer wieder nach vorn gebracht und ähnlich wie einen Faden vernäht. Das dient vorrangig der Optik, hält die Kabel aber auch etwas besser in Position.

Jetzt wird gebastelt

Nun können die Bauelemente verlötet werden. Es bietet sich an mit der Elektronik zu beginnen, zu testen, ob alles leuchtet und erst danach den Faden zu sticken. Somit kann man den Faden praktisch um die Bauteile herumwickeln und diese noch etwas befestigen. Andernfalls muss man über dem Faden löteten und der hält im Zweifel wenig aus. Besonders, wenn es kein Baumwoll- sondern Kunststoffgarn ist.

Zum Abschluss habe ich das Armband auf der Rückseite mit weichem Stoff abgedeckt. Dafür habe ich einen farblich passenden Stoffrest so geschnitten, dass er ein ganzes Stück größer ist als die Stickfläche. Mit dem Bügeleisen habe ich die Kanten des Stoffes umgeknickt, sodass die Stoffränder innen liegen und später nicht ausfransen. Den Stoff fixiere ich mit ein paar Klammern am Armband und kann ihn einmal außen herum entlang der äußersten Löcher festnähen. Damit war das Armband mit Kürbisgesicht fertig.

Kaum war dieses Armband fertig, bekam ich schon den Auftrag für eine Fledermaus und ein gruseliges Gespenst. Hier sind der Kreativität keine Grenzen gesetzt. Egal, ob es einfach nur leuchten oder zu einem Motto passen soll – alles, was die Bauelementekiste hergibt und auf dem Armband Platz findet, kann verwendet werden. —hch



Das fertige Armband mit Kürbis



Social Media Manager (m/w/d) Fokus Video

Du liebst und lebst Social Media und bist in der digitalen Welt zuhause? Du kennst Dich mit den gängigen Kanälen und Tools bestens aus und hast Lust, mit Deiner Kreativität einzigartige Clips zu gestalten und eine technisch begeisterte Zielgruppe zu inspirieren? Dann suchen wir Dich zur Verstärkung unseres Teams am Standort Hannover.

Deine Aufgaben

- Du bist für die strategische Neu- und Weiterentwicklung sowie für die Betreuung der Social-Media-Kanäle (Facebook, Twitter und Instagram) von Make und Maker Faire verantwortlich.
- Dafür erstellst Du Konzepte in Abstimmung mit der Chefredaktion und dem Produktmanagement und gestaltest zielgruppenspezifischen Content (Grafik, Video, Ton).
- Du begeisterst mit Deinen Aktivitäten unsere Leserschaft & DIY-Community, bindest sie so an unsere Plattformen und baust unsere Community damit weiter aus.
- Deinen Erfolg analysierst Du mit Hilfe von messbaren Leistungskennzahlen und optimierst Deine Strategie anhand neuester Markt-Entwicklungen.

Deine Talente

- Im Idealfall bringst Du einschlägige Berufserfahrung als Content Creator (m/w/d), Online-Marketing-Experte (m/w/d) oder Social Media Manager (m/w/d) mit und hast zudem Interesse an Maker-Themen.
- Du verfügst über eine abgeschlossene Berufsausbildung und möchtest nun Deine Leidenschaft für Grafik/Video und Social Media zum Beruf in Festanstellung machen.
- Idealerweise kennst Du Dich mit Social-Media-Advertising aus.
- Eigeninitiative, Hands-on-Mentalität, Kreativität und Kommunikationsstärke in Deutsch und Englisch sowie Teamfähigkeit runden Dein Profil ab.

Deine Benefits

- Wir bieten die eigenständige Mitarbeit bei einem innovativen, kreativen Medium mit wachsender Leserschaft, das Experimente wagt.
- Profitiere von einem Dienst-Handy und wähle Dein Windows- oder Mac-Notebook selbst aus, Du hast flexible Arbeitszeiten und die Möglichkeit, mobil zu arbeiten.
- Dich erwarten zudem tolle Mitarbeiter-Events, eine vielseitige Kantine, ein Mitarbeiter-Fitnessprogramm und einiges mehr.

Haben wir dich neugierig gemacht?

Besuche uns auf karriere.heise-gruppe.de oder auf Xing und Kununu.



Dein Ansprechpartner

Daniel Bachfeld, Chefredakteur Make
Tel. 0511 5352-335

Bitte bewirb dich online: karriere.heise-gruppe.de

Wir freuen uns auf Deine Bewerbung!

Bei uns ist jede Person, unabhängig des Geschlechts, der Nationalität oder der ethnischen Herkunft, der Religion oder der Weltanschauung, einer Behinderung, des Alters sowie der sexuellen Identität willkommen.

Maker Media GmbH (Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover)

Das Magazin Make berichtet sieben Mal im Jahr über die Maker-Szene und bringt Bastel- und Bauanleitungen für spannende DIY-Projekte, aber auch Grundlagen für Einsteiger. Damit bietet es der Maker-Community im deutschsprachigen Raum die wichtigste Informationsplattform. Parallel präsentiert Make die Veranstaltungsreihe Maker Faire, auf der sich Maker zum Netzwerken treffen und um ihre Projekte einem breiten Publikum zu präsentieren. Ziele des Magazins und des Veranstaltungsformats sind, die Begeisterung für Technik, Wissenschaft und IT und den kreativen Umgang damit zu fördern. Die Maker Media GmbH ist ein Tochterunternehmen von Heise Medien und gehört damit zur Heise Gruppe.

PICADE 3D – 3D-Druck-Spielautomat

Erst ein wenig Arbeit, dann das Vergnügen: Der Picade 3D vereint Automaten Spaß für zu Hause mit unaufwändiger Maker-Bastelei – durch sein komplett 3D-druckbares Gehäuse.

von André Burkhardtsmaier



Ein platzsparenden Spielautomaten für zu Hause wünscht sich sicherlich jeder Maker, der heute wie früher noch gerne Videospiele spielt. Dafür braucht es heutzutage lediglich einen Mikrocontroller, ein Display, ein paar Arcade-Buttons und einen Joystick. Um das einzigartige Gehäuse für den Retro-Look kümmert sich ein 3D-Drucker.

Der *Picade 3D* entstand aus dem Wunsch, einen eigenen Spielautomaten zu besitzen, wie sie damals in den Spielhallen standen. Natürlich gibt es fertige Produkte zu kaufen, meist aber auch zum entsprechenden Preis. Inspiriert durch den *Picade*-Bausatz von *Pimoroni* entstand nach vielen Stunden CAD-Zeichnen mit *Fusion 360* das finale Gehäuse aus dem 3D-Drucker. Dank 3D-Druck kann man dieses völlig individuell gestalten und je nach verwendetem Material gibt es auch fast unendlich viele Farbkombinationen.

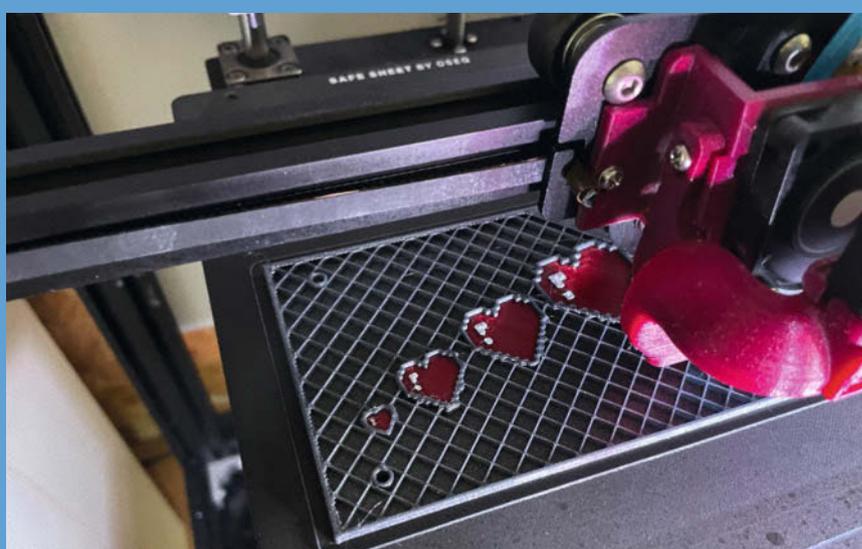
Was bei meinem *Picade 3D* sofort ins Auge springt, ist das Gehäuse. Es wird komplett modular mit dem 3D-Drucker gefertigt. Ein handelsüblicher Drucker mit einem Druckvolumen von 220mm × 220mm × 220mm (etwa ein *Creality Ender 3*) ist hierfür ausreichend. Durch Mehrfarbdruck-Techniken (etwa Filamentwechsel bei bestimmten erreichten Schichthöhen) lassen sich auch im FDM-3D-Druck einige Teile sogar noch völlig individuell anpassen und bilden damit ein zusätzliches Highlight. Ich habe die Einfärb-Option des *Prusa-Slicers* genutzt und insgesamt über 80(!) Filamentwechsel beim Druck durchgeführt. Der Zusammenbau des Gehäuses wird durch sogenannte Einpressmuttern, welche in vorgefertigte Löcher eingeschmolzen werden, zum Kinderspiel.

Das Herz des *Picade 3D* bildet ein aktueller *Raspberry Pi 4B* mit 4GB Speicher und einer 256GB großen SD-Speicherkarte. Für die Steuerung des Joysticks und der Buttons wurde der *Pimoroni Picade X HAT* aufgesteckt. Diese Zusatzplatine ermöglicht die einfache Ansteuerung des Joysticks und der Knöpfe. Zusätzlich kann der *Picade 3D* über die bereitgestellten GPIO-Steckplätze der Platine um LEDs für ein beleuchtetes Banner und andere Zusätze erweitert werden.

Als Display-Einheit wird hier das offizielle *Raspberry Pi Touch Display* mit 7" verbaut. Damit das ultimative Retro-Spielhallen-Feeling aufkommt, werkelt auf dem *Raspberry Pi* das *RetroPie*-Betriebssystem (Make 4/20, S. 8). Mit diesem lassen sich die unterschiedlichsten Spieleplattformen abbilden. Über die Bluetooth-Schnittstelle und den HDMI-Ausgang des *Raspberry* lassen sich auch gleich mehrere Controller anbinden und ermöglichen damit Retro-Multiplayer-Feeling auf der Couch. —akf



Joystick, Buttons und Lautsprecher finden auf der Picade-X-Platine ihren Platz.



Einzigartiges Design durch Mehrfarbdruck



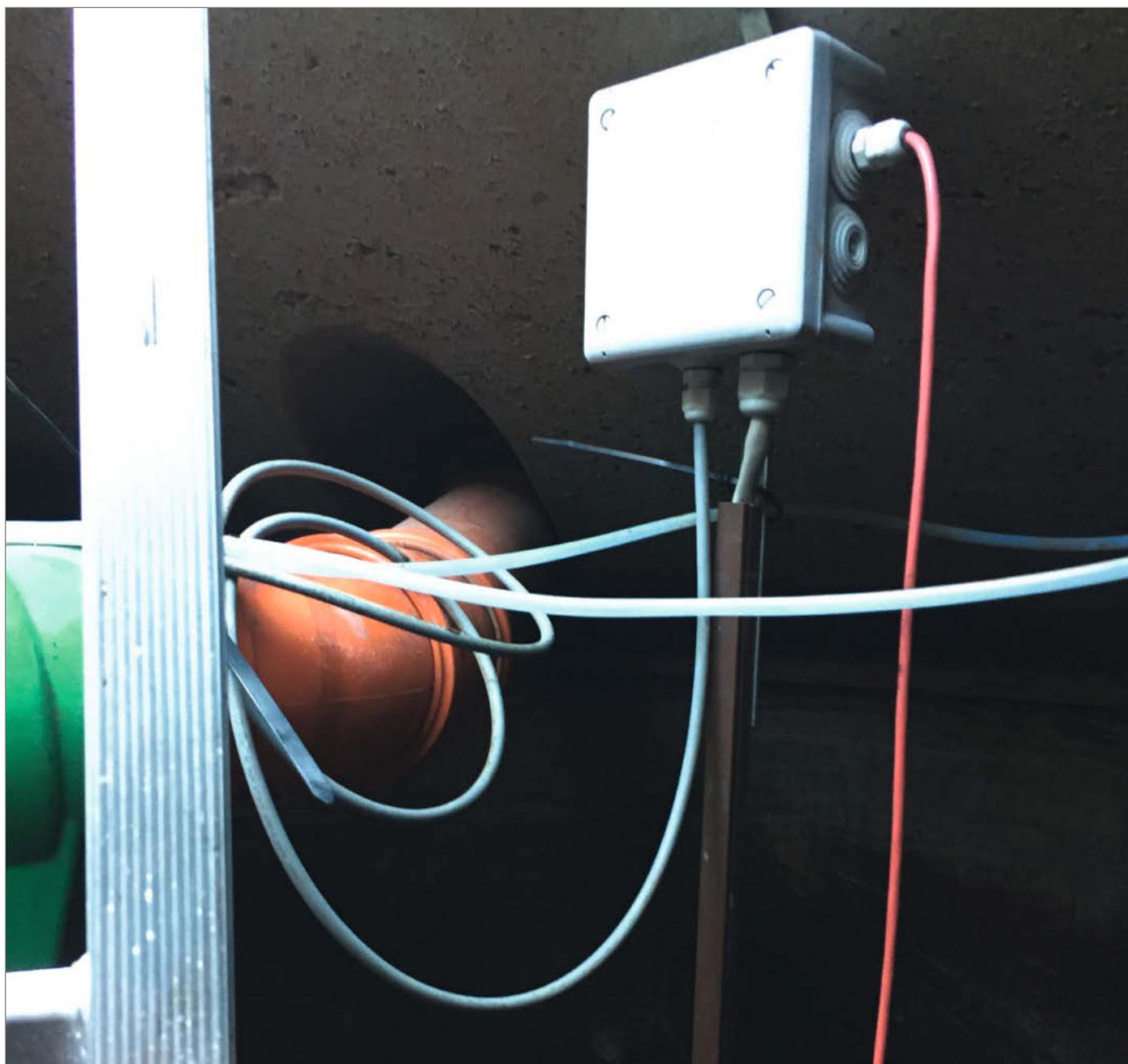
Dank Bluetooth-Controller ist der Multiplayer-Spaß garantiert.

► [instructables.com/Raspberry-Picade-3D](https://www.instructables.com/Raspberry-Picade-3D)

Leitfähigkeitsbasierte Pegelanzeige

Das Prinzip der Füllstandmessung ist nicht neu und es gibt im Internet und kommerziell verfügbar bereits einige Geräte mit dieser Pegelmessmethode für Zisternen, Brunnen und Pumpenschächte. In diesem Projekt wird allerdings eine komfortable Anzeige mit einer kostengünstigen Herstellung der Messstange kombiniert.

von Alexander Wankerl



Gemein ist den Pegelmesssystemen, dass der Pegelstand nur dann ablesbar ist, wenn ein Taster gedrückt wird. Dies dient der Schonung der Batterien und dazu, Korrosion durch Elektrolyse an den Elektroden zu vermeiden. In meinem Fall besteht diese Elektrode, beziehungsweise die Messstange, aus einem Kabelkanal, Edelstahl-schrauben als Elektroden und Kerzenwachs als Füllmaterial.

Dieses Prinzip wurde bei der hier beschriebenen *LeitPegA* (Leitfähigkeitsbasierte Pegel-Anzeige) mit einem *Mega 2560* kombiniert, um neben der grafischen LED-Anzeige via Transistorschaltung eine Auswertung durch einen Mikrocontroller zu ermöglichen.

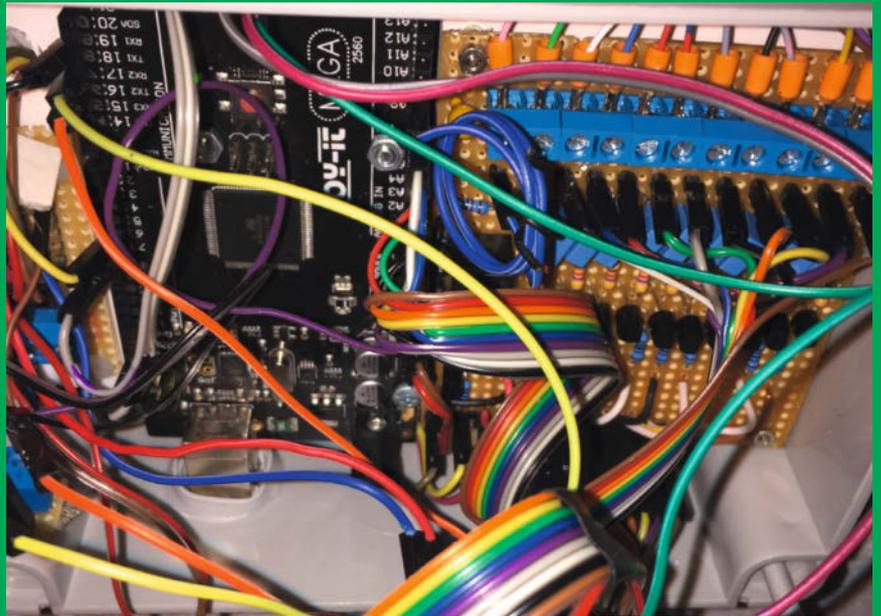
Die Pegelstände werden durch die Analog-eingänge des *Mega 2560* direkt abgefragt. Sofern die anliegende Spannung einen Schwellwert (konstruktionsbedingt $0,7V$) überschreitet, wertet dieser dies als *HIGH* und zählt eine Variable so lange hoch, bis diese Bedingung nicht mehr erfüllt ist. Dann bricht die Schleife ab und der Wert der Variable wird zurückgegeben. Ergänzend ist in der Zisterne ein vergossener *KTY81-210* Temperatursensor verbaut. Diese beiden Werte – der Pegel sowie die Wassertemperatur – werden über ein *Densitron PC-6749-AAW* Display im Wechsel für jeweils drei Sekunden angezeigt.

Neben der Ansteuerung über einen Taster kann die Pegelmessung durch ein UDP-Kommando über WLAN-Anbindung durch ein *ESP-01-Modul* erfolgen. In beiden Fällen wird sowohl der Pegelstand in Prozent als auch die Temperatur als Text-String via UDP an den UDP-Server (*Homeserver*) übermittelt. Als weitere Funktion übernimmt die *LeitPegA* das Umschalten von Zisterne auf Noteinspeisung, sofern der Pegel auf 20 Prozent (oder weniger) abgesackt ist. Hierzu erfolgt die Ansteuerung eines Solid-State-Relais, welches wiederum ein Umschaltventil bedient, um die Wasserentnahme aus dem Notspeisetank zu ermöglichen. Dazu wird vom Homeserver ein entsprechendes UDP-Kommando an die *LeitPegA* geschickt, um das Relais ein- oder auszuschalten.

Das Gerät verrichtet seit über einem Jahr seinen Dienst und funktioniert überwiegend zuverlässig. Sofern jedoch die Wasserqualität des Zulaufs zu gut ist, d. h. ein zu geringer Verschmutzungsgrad vorliegt, liegt der Widerstand des Wassers kurzzeitig zu hoch und es wird ein zu geringer Pegel zurückgegeben. Dieser Zustand hält jedoch nur wenige Stunden an, da sich bereits vorhandene Ablagerungen von den Zisternenwänden lösen und somit den Widerstand des Wassers wieder senken. Zum Nachbau sind Arduino-Sketch, Diagramm und Schaltpläne online verfügbar, die Links finden Sie in der unten stehenden URL.

—caw

► github.com/loT-Fiesler/LeitPegA



Der Mikrocontroller und die Messplatte



Bau des Messstabes



Die Anzeige und Steuereinheit des Pegel-Sensors

Sonnensystem Pluto

Für Feiern und Konzerte draußen gibt es jetzt ein klimafreundliches Soundsystem zum Selberbauen. Es passt in Fahrradanhänger und nutzt Solarstrom.

von Helga Hansen



Bilder: Jan Dierich

Ob Freiluftkino, Open-Air-Lesung oder Demo-Begleitung – die solarbetriebene Soundanlage *Sonnensystem* war in Braunschweig seit 2018 bereits häufig im Einsatz. Während der Pandemie hat das Team hinter der Anlage seine Kenntnisse zusammengetragen und eine neue Version zum Nachbauen entwickelt, das *Sonnensystem Pluto*. Es kann auf einem Fahrrad transportiert und sogar während der Fahrt genutzt werden.

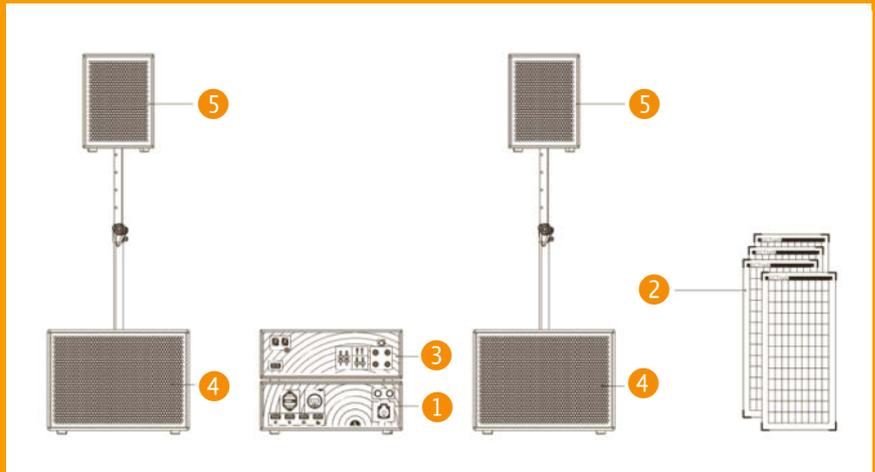
Das System besteht aus sechs Teilen, die modular zusammengebaut werden: zwei Topteile, zwei Subwoofer, ein Modul für Ton sowie ein Modul Strom und die Solarpaneele. Eine 230-Volt-Steckdose im Strom-Modul ermöglicht den Anschluss von DJ-Controller, Keyboard oder Mischpult. Dank eines Lithium-Akkus läuft die Anlage auch ohne Sonne noch 7 bis 12 Stunden, sodass nach Sonnenuntergang einfach weitergefeiert werden kann. Mit einem Lastenrad oder zwei Fahrrad-Anhängern geht es dann zurück.

Bei der Überarbeitung wurde darauf geachtet, die Anlage möglichst günstig, mit geringem Stromverbrauch und als modularen und transportablen Aufbau zu optimieren. Dabei bastelte das Team zum Beispiel einen Satz Prototypen aus bemalten Pappkisten, um den Transport und Aufbau zu testen. Für den Nachbau des Sonnensystems sind nur standardisierte Bauteile wie Sechskantschrauben und Wago-Klemmen vorgesehen. Auch Werkzeuge sind nur wenige nötig: Akkuschauber und einen Satz Sechskantschlüssel haben viele sogar zu Hause, nur Oberfräse und Exzentrerschleifer sind seltener, aber in vielen Makerspaces zu finden. Die Verkabelung ist vor allem im Gleichstrom-Niedervoltbereich gehalten.

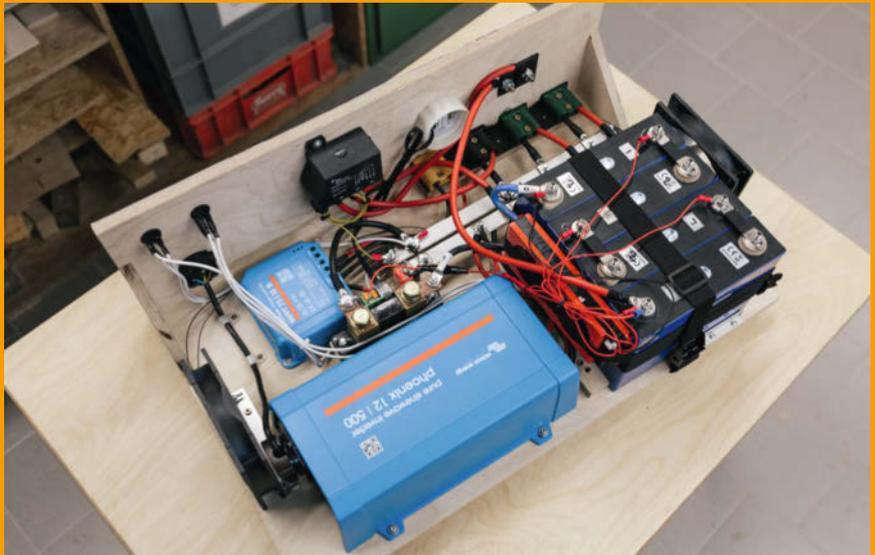
Trotzdem schlägt das gesamte System noch mit Kosten zwischen 3700 und 5000 Euro zu Buche, je nachdem, welche Komponenten als Lautsprecher und Solarpaneele genutzt werden. Verschiedene Vorschläge sowie einen Rechner gibt es auf der Webseite des Sonnensystem-Teams. Außerdem gibt es Erweiterungsmöglichkeiten: Ein extra Powerpack erhöht die Laufzeit, für mehr Wumms können zwei weitere Subwoofer angeschlossen werden und mit einem größeren Laderegler sind noch leistungsfähigere Solarmodule nutzbar.

Wer das *Sonnensystem Pluto* nachbauen möchte, bekommt derzeit die Anleitung von rund 220 Seiten als klimaneutral gedrucktes Buch zugeschickt. So will man mit Interessierten in Kontakt kommen und deren Feedback zur weiteren Überarbeitung nutzen. Ein Nachbau der Soundanlage wird im Sommer bei der Kunstausstellung *documenta* in Kassel zu hören sein und auch in Dresden sind zwei Systeme im Einsatz. —hch

► nachbauen.sonnensystem.info



Aufbau des Systems: Modul Strom ①, Solarpaneele ②, Modul Ton mit integriertem 6-Kanal Mischpult ③, Subwoofer ④ und Topteile ⑤



Das Innenleben des Moduls Strom



Ein fertiges Topteil und eins im Bau

ESP Now: Datenübertragung per Funk

Wenn ein WLAN nicht verfügbar ist, kann mittels ESP Now eine einfache und kostengünstige Funkübertragung zwischen ESP-Boards aufgebaut werden. So lassen sich Steuersignale und kleine Datenpakete austauschen.

von Thomas Fischer



Wenn die bessere Hälfte ruft, sollte man erreichbar sein. Und damit sind wir mitten im Thema: Meine Werkstatt ist in unserem Gartenhaus (siehe Titelbild des Artikels) untergebracht. Bin ich dort einmal in ein Projekt vertieft, vergesse ich die Welt um mich herum: Das Handy ist stumm geschaltet und im Hintergrund verbreitet mein Radio Musik. Ein Paradies, wie es sicher viele Leser kennen, nicht wahr? In regelmäßigen Abständen versucht allerdings meine Frau vergeblich auf sich aufmerksam zu machen, z.B. weil das Essen gerade heiß dampfend auf dem Tisch steht.

So ging es nicht weiter, es musste eine Lösung her. Deshalb kam mir der Gedanke, einen kleinen Sender zu bauen, der mich aus meinen Gedanken zurück in die Realität führen würde. Die naheliegendste Option war, dazu das Radio auszuschalten. Und als ich an diesem Punkt ankam, fiel mir ein, dass es eigentlich auch ganz sinnvoll wäre, wenn ich meine Werkstatt bereits aufgewärmt betreten könnte, der Heizlüfter also für eine angenehme Temperatur gesorgt hätte. Da ich bei der Einrichtung meiner Werkstatt im letzten Sommer meine Wanduhr heruntergerissen hatte, sollte auch noch eine neue Zeitanzeige hinzukommen.

Projektanforderungen

Folgendes Pflichtenheft stellte ich für meine Umsetzung auf:

- möglichst preisgünstig
- einfach umzusetzen
- leicht erweiterungsfähig
- per Funk, unabhängig von einer Internetverbindung, das Gartenhaus liegt ca. 10 Meter entfernt
- Powerline oder WLAN-Repeater sind zu aufwändig für den Zweck

Die Technik

Ein Projekt beginne ich meist mit einer Internetrecherche, so auch in diesem Fall. Warum das Rad zweimal erfinden? Auf der Website *Random Nerd Tutorials* (siehe Links in Kurzinfor) fand ich alle erforderlichen Informationen zu der von mir angedachten Funkstrecke.

Sender und Empfänger kommunizieren über das *ESP-Now-Protokoll*, das ohne eine WLAN-Verbindung funktioniert. Dabei können auch mehrere Geräte untereinander Datenpakete austauschen. Zunächst dachte ich, dass grundsätzlich eine Bestätigung der empfangenen Daten an den Sender zurückgegeben werden müsse. Deshalb sind beide Module auf die Zwei-Wege-Kommunikation programmiert. Die Funkverbindung ist jedoch so gut, dass eine Ein-Weg-Verbindung ebenfalls ausreichen würde, aber vielleicht benutze ich ja nochmal den Rückkanal. Genaue Angaben über die zu erzielende Reichweite sind schwer zu machen, sie soll aber besser als per WLAN sein. Quer durch unser Haus jedenfalls funk-

Kurzinfor

- » Drahtlose Datenübertragung mit ESP Now
- » Automation und Überwachung einer Werkstatt
- » GPIO-Erweiterung mit dem MCP23017-Chip

Checkliste



Zeitaufwand:
zwei Tage



Kosten:
ab 30 Euro

Mehr zum Thema

- » Gustav Wostrack, Modellbahn-Komponenten mit dem ESP32, Make 1/21, S. 46
- » Luca Zimmermann und Helga Hansen, ESP-Boards mit der Arduino-IDE programmieren (online)
- » Uwe Rohne, WLAN-Alarmkontakt mit Batteriebetrieb, Make 4/21, S. 68
- » Dr. Veikko Krypczyk, Schalter zur Welt, Make 4/20, S. 50
- » Kilian Hofmann, Wäsche-fertig-Melder, Make 3/20, S. 16

Material

- » NodeMCU ESP8266 ESP-12F o. ä., mindestens zwei Stück
- » MCP23017 Portexpander für mehr GPIOs
- » IC-Sockel für 28 Pins für Portexpander
- » 8 Taster für Sender und Empfänger
- » Schalter Ein/Aus
- » Akku für Sender, Lipo 3s 1000mAh
- » LEDs 3 x 3mm und 2 x 5mm, Farbe nach Wahl
- » Relaismodul 4-fach oder je nach Bedarf
- » 5V-Netzteil mit genügend Strom für Empfänger/Relais
- » Widerstände 2 x 4,7kΩ, 2 x 10kΩ, 5 x 220Ω
- » LCD-Display, DHT22 Sensor, GPS-Modul optional für mögliche Erweiterungen
- » Gehäuse für Sender und Empfänger
- » Kleinkram Kabel, Schrumpfschlauch, Lochraster Platine, Lötnägel und -ösen

Werkzeug

- » LötKolben für Elektronik, Lötzinn ...
- » Maker-Werkzeug Zangen, Bohrer, Schraubendreher ...

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xejt

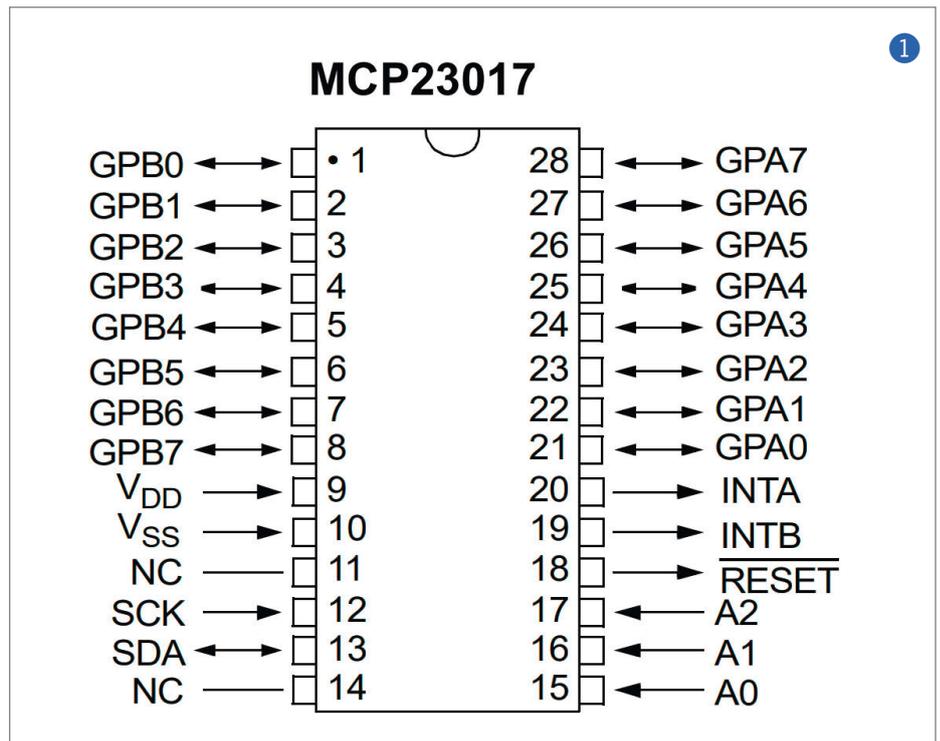


Bild: Microchip Datenblatt



tioniert es nicht, dazu stehen zu viele Wände im Weg. Sollte die Reichweite bei den eigenen Projekten zu gering sein, gibt es noch die Möglichkeit, externe Antennen statt der auf dem Board vorhandenen einzusetzen.

In der Software werden die zu übermittelnden Daten in eine sogenannte Struktur (*Struct*) gepackt, danach mit einem Namen, hier *signale* bezeichnet und als solche versendet. Das sieht im Definitionsbereich des Sketches dann folgendermaßen aus:

```
//Struct Definition
typedef struct struct_signale {
bool b_heizung;
bool b_ruf;
} struct_signale;
```

```
// Variablendefinition
struct_signale signale;
```

Die enthaltenen Variablen werden dann später in der Form *StructName.Variablenname*

angesprochen, in diesem Falle als Beispiel: *signale.b_heizung*.

Die Struktur muss im Empfänger-Programm den identischen Aufbau haben, die enthaltenen Variablen müssen aber nicht die gleichen Namen wie beim Sender tragen. Der Grundaufbau einer solchen Struktur kann unter verschiedenen Namen mehrfach benutzt werden! Im Empfänger-Sketch taucht deshalb die allerdings nicht benutzte Konstruktion *struct_signale ruecksignale* auf.

Das Herzstück von Sender und Empfänger übernehmen zwei *ESP-12E*-Module auf *NodeMCU*-Boards mit USB-Anschluss, die für wenige Euro erhältlich sind. Der *ESP-12E* verfügt zwar über zahlreiche Anschlusspins (*GPIOs*), doch sind viele davon bereits für bestimmte Aufgaben reserviert. Letztlich bleiben zur freien Verfügung nur D1 und D2 als I²C-Busanschluss, D4, D5, D6 und D7. Da es bei einer Hausautomation häufig um Ein- und Ausschaltvorgänge oder dem Abfragen von Schalterstellungen geht, benötigt man eine Möglichkeit zur Port-Erweiterung. Eine Lösung besteht in der Verwendung von Shift-Registern, wie dem *75HC595*. Der Nachteil: Es benötigt drei Anschlüsse zur Ansteuerung und erweitert nur die Ausgabemöglichkeit.

Hier kommt nun der *MCP23017-Chip* ins Spiel ①, der seriell über I²C angesprochen werden kann, sodass dessen Steuerung nur zwei Pins belegt. Neben seinem günstigen Preis von unter vier Euro bietet er gegenüber einem Shift-Register sowohl eine Erweiterung der Ein- als auch der Ausgabepins an. Viele Gründe also, um sich diesen Chip genauer anzuschauen.

Der MCP23017

Wer mehr über den *MCP23017*-Chip erfahren möchte, findet online einen ausführlichen Artikel von uns, Links zu dem Datenblatt und weitere Informationen (Links in Kurzinfor). Hier nur kurz das wichtigste zum Verständnis des Artikels.

Der *MCP23017* von *Microchip Technology Inc.* ist ein 16-Bit-Ein/Ausgabechip, der über den seriellen I²C-Bus angesteuert wird. Die mögliche Betriebsspannung liegt zwischen 1,8 und 5,5V, was ihn geradezu für den Einsatz mit allen Arten von Mikrocontrollern prädestiniert. Durch die Benutzung des I²C Bus werden nur zwei der GPIO-Pins des Mikrocontrollers belegt. Die A- und B-Ports mit 8 Leitungen können jeweils wahlweise als Ein- oder Ausgänge definiert werden.

Das I²C-Protokoll ist so einfach, dass man den Chip direkt über die *wire.h*-Bibliothek ansteuern kann. Es gibt eine *Adafruit*-Bibliothek für *Arduino*, die noch weiter vereinfacht, allerdings habe ich diese auf meinen Boards nicht zum Laufen bekommen und daher die direkte Programmierung implementiert. Die Steuerung der Ports und das Setzen der Pins geschieht über einfache Befehle, wie im folgenden beispielhaft zu sehen. Der Chip wird mit seiner Adresse (Adresspins, siehe Online-Teil) angesprochen, dann wird festgelegt, welche Register gewünscht sind und das Ausgabemuster (Binärzahl) in der Variablen *x* übertragen.

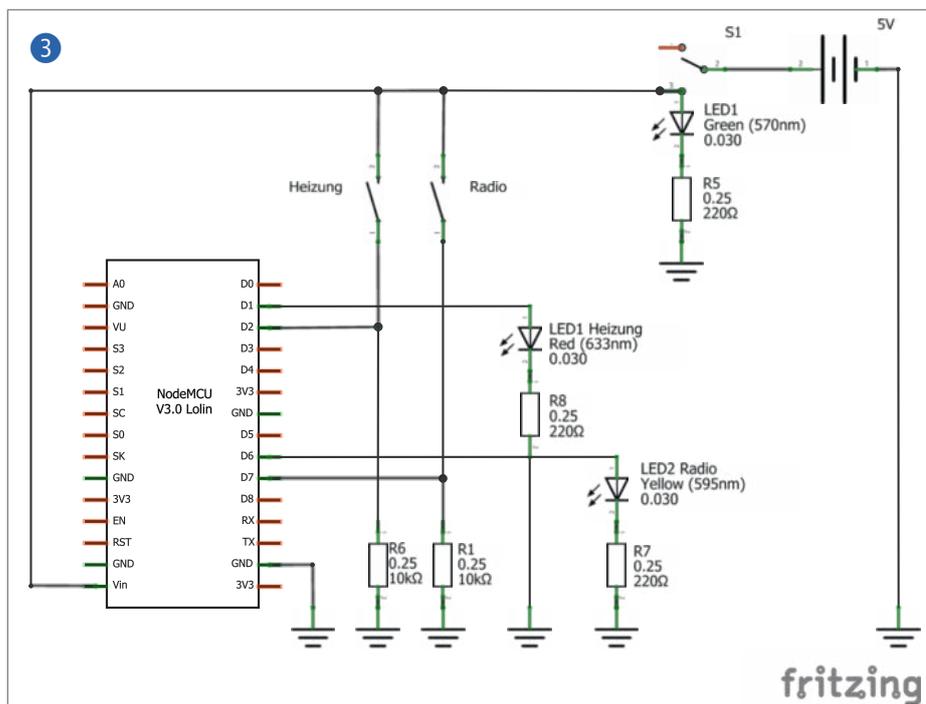
```
wire.beginTransmission(0x20);
wire.write(0x12); A-Register
wire.write(x); Bitmuster in x senden
wire.endTransmission();
```

Möchte man Pins auslesen so geschieht das mit folgenden Befehlen:

```
wire.beginTransmission(0x20);
wire.write(0x13); B-Register
wire.endTransmission();
wire.requestFrom(0x20, 1); ein Byte
x=wire.read(); in Variable x lesen
```

Was sonst noch wichtig im Umgang mit dem Chip ist:

- Die Stromversorgung erfolgt über Pin 9 an Plus (V_{dd}) und Pin 10 (V_{ss}) an Ground (Minus).
- Der Reset-Ausgang an Pin 18 muss an den Plus-Anschluss gelegt werden.
- Für eine sichere Datenübertragung vom *ESP*-Board zum Chip über die I²C-Schnittstelle sind die Datenleitungen über je einen 4,7k Ω -Widerstand gegen V_{dd} zu legen (Pulup-Widerstand).
- Zu beachten ist auch, dass die Nummerierung der einzelnen Pins des A-Registers rechts von unten nach oben und die des B-Registers links von oben nach unten erfolgt (also in Leserichtung, wenn man seitlich auf den Chip schaut).





Eine Besonderheit ist noch im Zusammenhang mit der Ansteuerung der Relais zu beachten: Sie sind *Low-aktiv*, schalten also durch, wenn ein *Low*-Signal anliegt und sind im Ruhezustand beim Anliegen eines *High*-Signals. Angeschlossen sind übrigens alle vier Relais, obwohl bisher nur zwei genutzt werden.

Die Umsetzung

Bis zu diesem Punkt fand die Entwicklung der Schaltung noch in meinem Büro statt, also bestens erreichbar für meine Partnerin. Nachdem der Sketch geschrieben und alle Funktionen zur Zufriedenheit getestet waren, ging es nun an die Umsetzung. Und die konnte natürlich nur in meiner Werkstatt erfolgen. Entsprechend motiviert war nicht nur ich, das Projekt möglichst schnell zu Ende zu bringen.

Auf der Senderseite **2** gibt es nur zwei Taster, den roten, mit dem die Heizung eingeschaltet wird und einen gelben, mit dem das Radio ausgeschaltet wird. Das Betätigen der Taster wird jeweils über eine 3mm-LED bestätigt. Die oberste LED dient als Kontrollanzeige, dass der Sender eingeschaltet ist. Der Schaltplan ist in **3** abgebildet. Zur Stromversorgung verwende ich einen 3s-Lipo-Akku mit 1000mAh Kapazität **4**. Als Versorgungsspannung dürfen maximal 5 Volt an das ESP-Board angeschlossen werden. Deshalb setze

ich einen Spannungsregler ein (links oberhalb des Moduls zu sehen, im Schaltplan nicht dargestellt), der die Spannung des Lipos auf genau 5 Volt herunterregelt. Die gesendete Information bleibt beim Empfänger auch nach dem Ausschalten des Senders gespeichert, sodass der Sender zur Übermittlung des Signals nur für wenige Sekunden eingeschaltet werden muss. Damit sollte das Nachladen des Akkus nur selten erforderlich sein.

Das Ausschalten hat aber noch einen zweiten Grund: Solange das Signal für *Radio ausschalten* immer wieder übermittelt wird, kann ich das Radio in meiner Werkstatt manuell nicht mehr einschalten. Das bitte für Euch behalten, meiner besseren Hälfte sitzt nämlich häufig der Schalk im Nacken!

Das Gehäuse habe ich übrigens 3D-gedruckt. Natürlich bieten sich viele andere Möglichkeiten an, der eigenen Fantasie sind hier keine Grenzen gesetzt.

Damit Sender und Empfänger miteinander kommunizieren können, müssen sie die jeweilige MAC-Adresse ihres Gegenübers kennen. Diese MAC-Adresse ist einzigartig für das jeweilige Board. Deshalb findet sich im Definitionsteil der Sketches jeweils eine Programmzeile mit der MAC des jeweiligen anderen Boards:

```
// MAC Sender im Haus
uint8_t broadcastAddress[] =
```

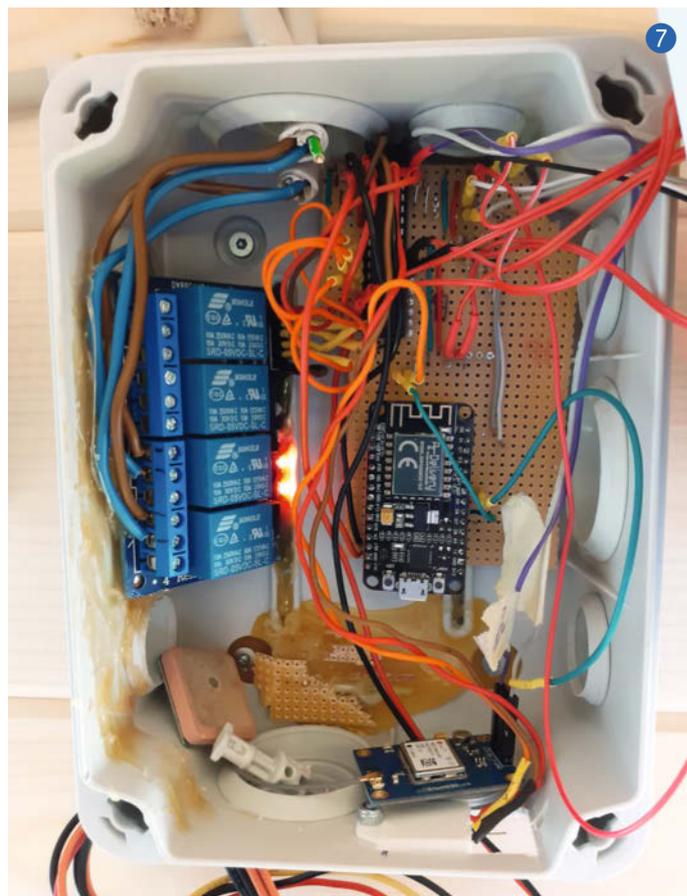
```
{0xAC, 0x0B, 0xFB, 0xCA, 0x0F,
0x6F};
```

Zur Ermittlung der jeweiligen MAC-Adressen ist unter dem Link in der Kurzinfo neben den Sketches für Sender und Empfänger ein weiterer hinterlegt, der diese Adresse ausgibt. Das muss natürlich sowohl für den ESP im Sender als auch im Empfänger gemacht werden. Damit der Sende- sowie Empfangssketch funktionieren, sind – sofern noch nicht geschehen – zunächst die *ESP8266Wifi*- und *espnov*-Bibliotheken senderseits und empfängerseits zusätzlich *Wire*, *Adafruit_Sensor*, *DHT* und *TinyGPS* einzubinden.

Es dauert übrigens ein paar Minuten, bis der DHT22 korrekte Anzeigewerte liefert, das GPS-Modul aus dem Fundus, welches hier nur als Echtzeituhr benutzt wird, ist da schon deutlich schneller am Werk.

Die Empfängerseite

Schauen wir uns nun die Empfängerseite in der Werkstatt **5** an. Vor allem die Verkabelung zwischen Netzteil und Steuereinheit ist noch provisorisch. Doch dazu am Ende mehr. Die eigentliche Steuerung befindet sich in dem Kabelkasten mit den beiden Tastern und der LCD-Anzeige. Ein Zubehör, das ich im Baumarkt gekauft habe.



Die Stromversorgung des Empfangsteils sollte wie beim Sender ursprünglich auch über einen Spannungsregler *LM7805* erfolgen. Leider musste ich von dieser Lösung sehr schnell Abstand nehmen: Beim Einschalten des zweiten Relais verblühte die Anzeige auf dem LCD und der Spannungsregler begann seine Entrüstung über den Strombedarf durch deutlich spürbare Erwärmung zu zeigen. Kurzerhand baute ich aus einem alten PC die Stromversorgung aus, nun stehen übertriebene 300 Watt Leistung für die Stromversorgung zur Verfügung. Sobald der Stromverbrauch der geplanten Erweiterungen fest steht, wird natürlich ein passenderes Netzteil eingebaut.

Abbildung 6 zeigt den Steuerungskasten im Detail. Nicht zu sehen ist der rechts unten angebrachte DHT22-Temperatur- und Feuchtigkeitsfühler. Wie leicht nachzuvollziehen ist, kann ich mit dem gelben Taster das Radio manuell ein- und ausschalten. Bis sich das Radio äußert, können einige Sekunden vergehen, deshalb zeigt die gelbe Leuchte an, dass der Strom geschaltet wurde.

Ähnlich verhält es sich mit der blauen Leuchte. Sie zeigt an, dass die Heizung eingeschaltet wurde. Ob sie tatsächlich heizt, hängt von der Raumtemperatur ab, zum Zeitpunkt des Fotos 12,3°C. Geheizt wird nur, bis die Raumtemperatur 19 Grad überschreitet,

dann wird sie wieder ausgeschaltet. Das *H-akt* zeigt daher das Heizen an und geht in ein *H-aus* über, wenn die 19 Grad überschritten wurden; die blaue LED leuchtet aber solange weiter, bis der blaue Taster betätigt wird, erst dann erlischt die LED und die Heizung ist tatsächlich komplett ausgeschaltet. Wer seine Werkstatt nach dem gleichen Prinzip beheizen möchte, sollte an das manuelle Ausschalten nach dem Verlassen denken, sonst wird durchgeheizt!

Da es der DHT22 hergibt, lasse ich zusätzlich die Luftfeuchtigkeit anzeigen; darunter Uhrzeit und Datum. Hinter der Uhrzeit steht *WZ* für „Winterzeit“, also offiziell Normalzeit (*MEZ*). Zu den Zeiteinstellungen am Ende mehr.

Schauen wir uns nun das Innenleben 7 an: Im Hintergrund unten sind noch die Reste der Platine zu sehen, auf denen der ursprüngliche Spannungsregler seinen Dienst tat. Der Heißkleber kam seiner Aufgabe so gut nach, dass die Platine beim Herauslösen brach. Unten rechts liegt die Empfangseinheit des GPS, über die ich die genaue Uhrzeit empfangen, links in der Ecke die zugehörige Antenne. Im Schaltplan 8 wird die Verdrahtung deutlicher.

Auf der linken Seite ist das Relais-Vierpack untergebracht, über das untere wird die Heizung, über das darüber liegende das Radio

geschaltet. Die beiden LEDs zeigen den geschalteten Zustand an, d. h. beide Geräte sind aktiv. Der MCP23017 verschwindet fast vollständig unter dem Kabelgewirr in der Mitte oben. Er ist für einen einfachen Wechsel auf einen Sockel gesteckt. Das ESP-Board sitzt ebenfalls auf Sockelleisten, um es sowohl schnell wechseln oder auch herausgenommen mit zukünftigen Updates rasch überspielen zu können. Generell muss bei dem Wechsel eines ESP-Moduls natürlich daran gedacht werden, die neue MAC-Adresse einzutragen, weil sich die beiden Module sonst nicht mehr austauschen können!

Übrigens erfolgen alle Kabelverbindungen auf die Platine mit Lötnägeln und Lötösen, auch dies erleichtert in der Bau- und Planungsphase den Austausch von Komponenten. Der Aufbau sollte für diejenigen, die das schon häufiger gemacht haben und einen Schaltplan lesen können, kein Problem darstellen.

Wie geht es weiter?

Geplant sind folgende Verbesserungen und Ausbaustufen:

- Die Anzeige der Uhrzeit auf dem LCD-Display ist sehr klein und damit von meinem Arbeitstisch aus nicht mehr zu lesen. Um es von überall lesbar zu machen, soll zukünftig

ein Matrixdisplay zum Einsatz kommen. Dem ESP-Board fehlen weitere Anschlüsse, die es mir ermöglichen würden, das Display dort zu integrieren. Daher werde ich das GPS-Modul an einen separaten Arduino oder ESP anschließen, um damit das Matrixdisplay anzusteuern.

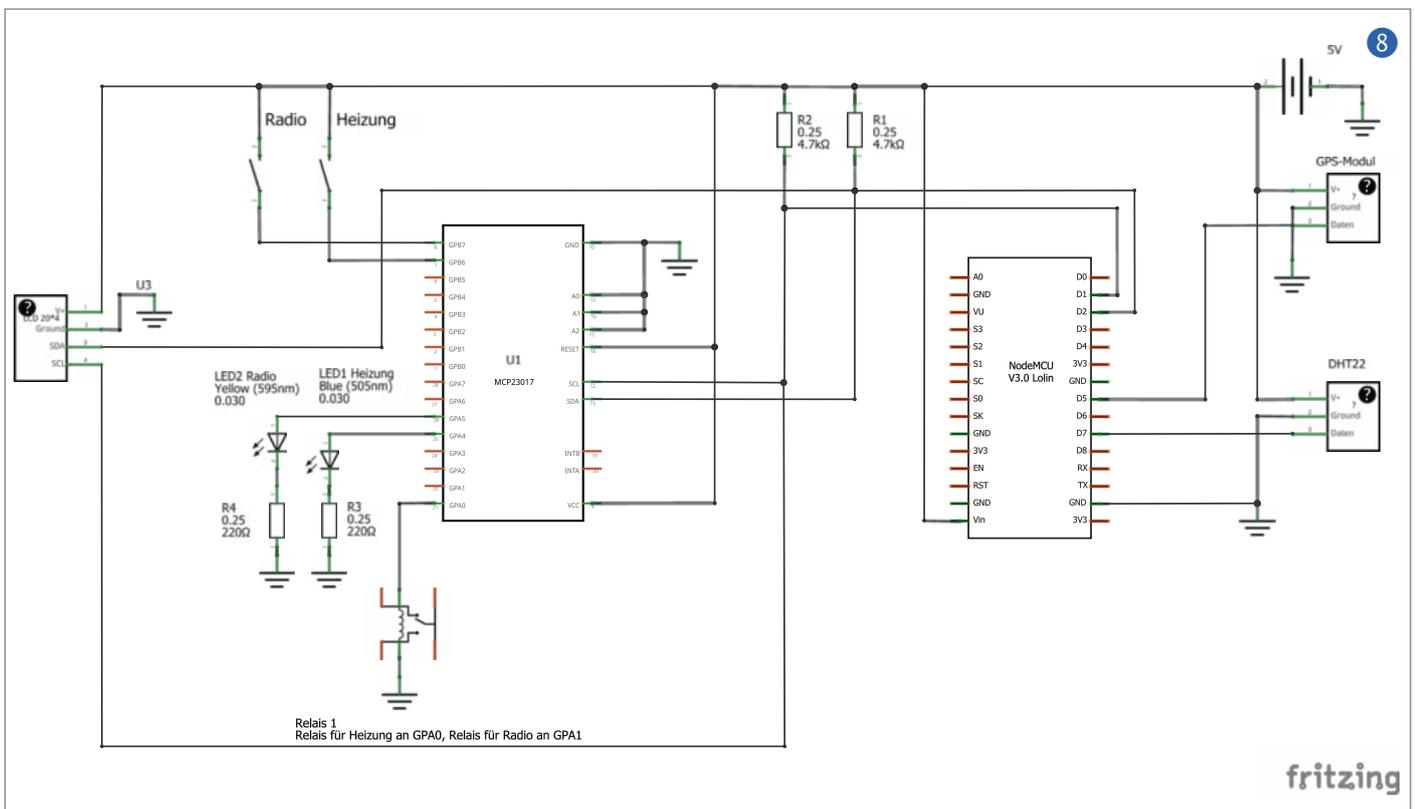
- Da die Mühlen der EU in Sachen Zeitumstellung nach wie vor eher stehen als langsam mahlen, müssen wir uns nach wie vor damit herumschlagen. Geplant ist, über einen weiteren Taster zwischen Sommerzeit und „Winterzeit“ wechseln zu können.
- Sobald diese Änderungen integriert sind, erhält dann das Kabelgewirr über dem Netzgerät eine ansehnliche Abdeckung.

Selbstverständlich lassen sich weitere Einsatzmöglichkeiten finden:

- Mir reichen in der Werkstatt 19°C als Raumtemperatur völlig aus. Deshalb ist sie im Deklarationsteil des Empfänger-Sketches als Konstante *tmax* vorgegeben. Dieser Wert kann nach eigenem Ermessen im Sketch geändert werden. Wer es komfortabler mag, könnte die Raumtemperatur individuell über ein Potenziometer einstellen.
- Rückmeldung an den Sender per ESP-Now über die Temperatur in der Werkstatt oder Ähnliches
- Ein Bewegungssensor könnte beim Betreten der Werkstatt automatisch das Licht einschalten.
- Ein Tonsignal könnte beim Verlassen der Werkstatt daran erinnern, die Heizung wieder auszuschalten.
- und vieles mehr.

Meine Partnerin ist ganz begeistert darüber, mich nun auf so simplem Wege in die Realität zurückholen zu können; es gibt keine Unstimmigkeiten mehr wegen abgekühlten Essens. Und ich freue mich, von einer vorgewärmten Werkstatt empfangen zu werden. Das nennt man auf Neuhochdeutsch wohl eine „win-win-Situation“!

Wer nun Lust auf einen Nachbau mit eigenen Ideen bekommen hat, für den sollte die Umsetzung seines eigenen Projektes keine großen Probleme darstellen. Wer es darüber hinaus gewohnt ist, mit dem Lötkolben umzugehen und die einfachen Verkabelungen im Stromnetz und kleinere Installationen vornehmen kann, wird sicher mit der gleichen Freude an die Umsetzung herangehen wie ich. Probiert es einfach aus und berichtet darüber! —caw



Hilfreiche Tool-Tipps für Ihren Job!



Heft + PDF
mit 29% Rabatt

Steigern Sie Ihre Effizienz im Homeoffice, unterwegs oder im Büro. Das **Sonderheft c't @work** zeigt Ihnen, welche nützlichen Tools Ihnen einen echten Mehrwert im Job bringen.

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 € • Bundle Heft + PDF 19,90 €

shop.heise.de/ct-work22

Lebend-Mausefalle mit Foto-Nachricht

Ob Eigenheim mit Garten oder Mietwohnung mit Keller: Mäuse darin können zur Plage werden. Diese Mausefalle fängt sie human, nämlich lebend, und gibt dann eine E-Mail mit Foto von sich. So kann der kleine Nager schnell befreit und woanders hin verfrachtet werden.

von Heinz Behling



Mäuse stellen heutzutage, da man keine großen Lebensmittelvorräte mehr im Haus aufbewahrt, kein so gravierendes Problem mehr dar. Dennoch möchte man sie nicht im Haus, in der Wohnung oder Garten haben, denn sie nagen gerne am angebauten Gemüse oder hinterlassen mit ihrem Kot Krankheitserreger.

Doch deshalb muss man die Nagetiere nicht gleich mit einer buchstäblich halsbrecherischen Schlag-Mausefalle endgültig bekämpfen. Man kann sie auch lebend fangen und dann weiter entfernt vom eigenen Heim wieder aussetzen. Entsprechende Lebend-Mausefallen gibt es fertig zu kaufen (siehe Bezugsquellen im Online-Bereich).

Allerdings müssen diese Fallen regelmäßig, eventuell sogar mehrmals täglich kontrolliert werden, damit der Nager nicht tagelang eingesperrt in der Falle ausharren muss. Schließlich möchte ja niemand das Tier unnötig quälen oder gar verhungern lassen. Hier setzt dieses Projekt an: Eine Kamera steht neben der Falle. Sobald ein Tier hineingeht und die Falle auslöst, wird die Kamera eingeschaltet, macht ein Foto und verschickt über WLAN eine E-Mail mit dem Bild. Der Empfänger (es können auch mehrere sein) muss sich nur bei Bedarf um die Falle kümmern und das Tier befreien. Damit das auch geschieht, wird die Mail alle 30 Minuten wiederholt.

Wasserdichte Stromversorgung

Ein Stromkabel zur Falle möchte wohl niemand verlegen, insbesondere, wenn sie im hinteren Eck des Gartens steht. Daher sollte die Kamera akkubetrieben sein. Da sie nur zum E-Mail-Versand eingeschaltet wird und sonst keinen Strom braucht, hält eine Akku-Ladung knapp zwei Wochen bei Verwendung eines 1000mAh-Akkus, solange die Falle nicht auslöst. Mehr braucht man aber nicht, denn den Köder ("Mit Speck fängt man...") sollte man ohnehin einmal pro Woche erneuern.

Dann muss sie aber geladen werden, was häufig über eine von außen zugängliche USB-Buchse geschieht. Eine Kamera, die auch draußen bei Wind und Wetter ihren Dienst versehen soll, muss aber in einem wasserdichten Gehäuse sitzen. Eine von außen zugängliche Buchse schiebt daher aus. Stattdessen wird die Kamera, wie viele Smartphones auch, drahtlos per Qi geladen.

Bleiben noch die Löcher für das Objektiv und fürs Kabel zum auslösenden Magnetschalter an der Falle: Das Objektivloch bekommt man mit einem davor geklebten Stück transparentem Plexiglas völlig wasserdicht. Dafür reicht ein Reststück oder man sägt sich ein passendes Teil, das die komplette Gehäusefront bedeckt. Normales Glas, etwa ein Objektträger aus dem Zubehör des Schülermikroskops, ein etwas größerer Splitter eines zerbrochenen

Kurzinfo

- » ESP32-CAM als automatische Kamera
- » E-Mail-Versand mit Foto
- » Aufladen mit Qi-Ladegerät

Checkliste



Zeitaufwand:
1 bis 2 Stunden



Kosten:
ca. 35 Euro

Werkzeug

- » Handbohrer oder Bohrmaschine (für Kunststoffbearbeitung)
- » Lötkolben

Mehr zum Thema

- » Jens Hackel, ESP32-CAM in Kamera-Dummy, Make 6/20, S. 78
- » Daniel Bachfeld, Intelligente Webcam für 5 Euro, Make 1/20, S. 28
- » Peter König, Alternative Optik für die ESP32-CAM, Make 2/20, S. 8
- » Florian Scheffer, Drahtlose Energieübertragung mit Qi, Make 2/17, S. 66

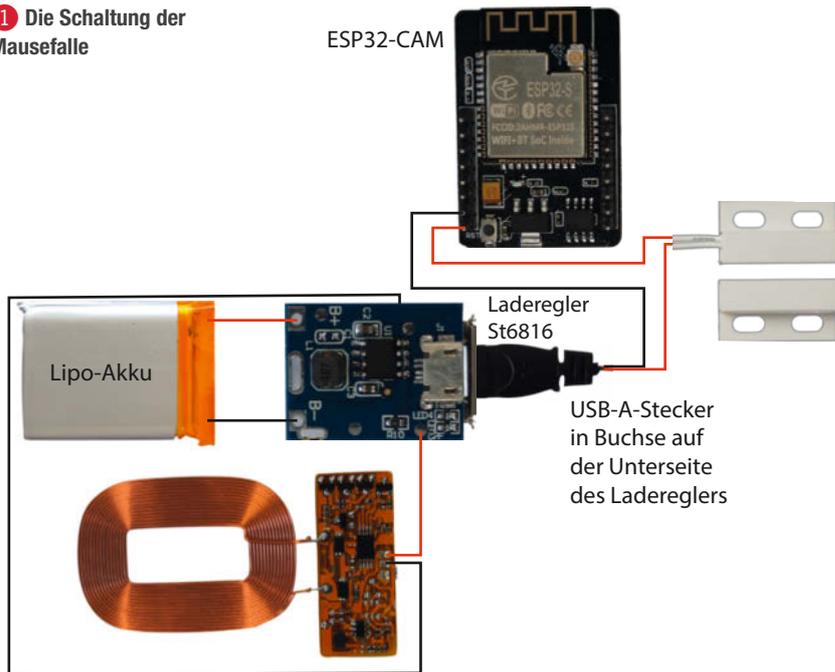
Material

- » Lebend-Mausefalle zum Beispiel Dehner Art.-Nr 211797 o. ä.
- » Magnetschalter mit Magnet wasserdicht vergossen mit Kabel
- » ESP32-CAM mit USB-Platine und U.FL-Stecker für externe Antenne
- » Qi-Empfänger und Ladegerät
- » LiPo-Akku mind. 1000mAh, z.B. Eremit 503450
- » Laderegler ST 6815-C
- » USB-Kabel USB-A- auf Mikro-USB-Stecker
- » Gehäuse zum Beispiel Conrad Best.-Nr. 522350
- » 2-Komponenten-Kleber Empfehlung: schnell aushärtend in 2-5 Minuten
- » Klebeband wasserfest
- » Kabelbinder

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xm2a

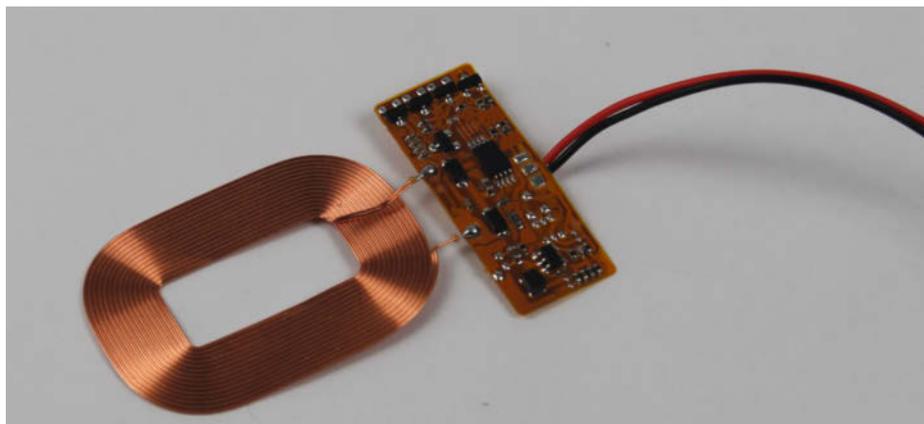


1 Die Schaltung der Mausefalle





2 Ein Qi-Empfänger mit Mikro-USB-Stecker



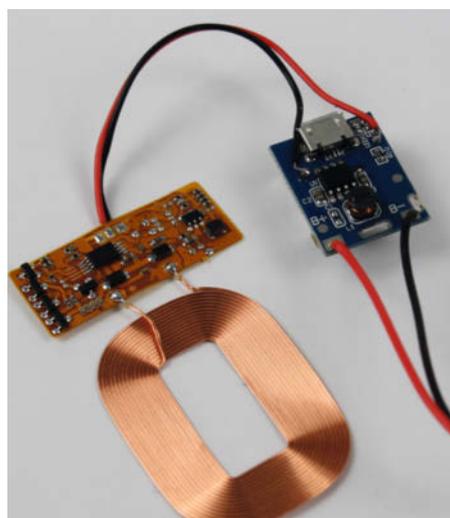
3 Solche Qi-Empfänger ohne Stecker müssen an den Laderegler gelötet werden.

Handy-Displays oder ähnliches wären auch einsetzbar. Das Kabelloch lässt sich sehr gut mit Heißkleber, 2-Komponenten-Kleber oder Sanitärsilikon abdichten.

Schaltung

Die Schaltung ist recht einfach: Sie besteht aus der ESP32-CAM, dem Laderegler, dem Akku und dem Qi-Empfänger. Eine Ader der Stromleitung vom Laderegler (der einen 5V-Ausgang besitzt) zur Kamera-Platine führt über den an der Falle sitzenden Magnetschalter (Reed-Kontakt), der durch einen an der Fallenklappe befestigten Magneten betätigt wird und die Kamera bei Bedarf einschaltet 1.

Beginnen sollte man beim Bau mit dem Anschließen des Qi-Empfängers an den Laderegler. Als Empfänger gibt es in Folie eingeschweißte Exemplare, die einen Mikro-USB-Stecker haben. Den kann man einfach in den Laderegler einstecken 2. Da ist der Anschluss an den Laderegler kinderleicht.



4 Im Gegensatz zu den Akkuanschlüssen sind die Lötunkte für den Qi-Empfänger nicht beschriftet.

Da im Moment die Versorgung mit diesen aus China stammenden Teilen nicht immer einfach ist, zeige ich Ihnen hier aber eine offene Empfängervariante mit Kabeln zum Lötanschluss 3.

Die Kabel müssen an zwei Lötunkte auf der Laderegler-Platine angelötet werden. Dabei ist auf die Polung (Farbe des Kabels) zu achten 4!

Noch bevor Sie den Akku an den Laderegler anschließen, müssen Sie herausfinden, mit welcher Seite der Empfänger auf das Qi-Ladegerät aufgelegt werden muss, um zu funktionieren. Manchmal ist diese Seite markiert 5, aber nicht immer.

Um die richtige Seite herauszufinden, versorgen Sie das Ladegerät mit Strom und legen Sie den Empfänger darauf. Die Ladegeräte zeigen durch die Farbe ihrer LED-Beleuchtung an, ob sie im Leerlauf arbeiten oder einen Empfänger erkannt haben und Energie abgeben. Bei meinem Ladegerät wurde das zum Beispiel durch grünes (Leerlauf) und blaues Licht (Empfänger erkannt) signalisiert. Falls das Ladegerät den Empfänger nicht bemerkt, legen Sie ihn umgedreht auf. Dann sollte es funktionieren. Es gibt auch Empfänger, die in beiden Richtungen arbeiten. Markieren Sie die Seite, die beim Laden unten auf dem Empfänger liegen muss.

Anschließend können Sie den Akku an den Laderegler anlöten. Die entsprechenden Anschlüsse sind markiert (B+ für rotes Akkukabel, B- für das schwarze). Die beiden Kabel des Akkus sollten Sie möglichst kurz halten, denn im Gehäuse ist nicht allzu viel Platz (siehe Bild 4, untere Anschlüsse B+ und B-).

Ist der Akku angeschlossen, legen Sie den Empfänger wieder richtig herum aufs Ladegerät. Achtung: Es dauert jetzt deutlich länger, bis das Ladegerät den Empfänger erkennt. Sobald das der Fall ist, wird der Akku geladen. Erkennbar ist das am kurze Zeit später einsetzenden Blinken der roten LED auf dem Laderegler. Laden Sie den Akku voll (LED erlischt).

Software aufspielen

Die Software wird via Arduino-IDE und USB auf die ESP32-CAM übertragen. Standardmäßig hat die Kamera-Platine keinen USB-Anschluss. Es gibt sie aber im Set mit einer USB-Platine im gleichen Format zu kaufen, auf die man die Kamera aufstecken kann 6. Achten Sie beim Kauf darauf, solch ein Set zu bekommen. **Tip:** Die USB-Platine wird nicht mit in die Mausefalle eingebaut, sondern nur zum Programmieren benutzt. Falls Sie später einmal mit weiteren ESP32-CAMs arbeiten möchten, können Sie diese Platine weiterverwenden und müssen daher nur noch Kameras ohne die USB-Platine kaufen. Das Programm für die Mausefalle finden Sie über den Kurzinfo-Link bzw. den QR-Code.

Starten Sie die Arduino-IDE. Falls Sie noch nie mit einem ESP32-Modul gearbeitet haben, finden Sie über den Kurzinfo-Link eine Anleitung, wie man die ESP32-Erweiterung in die Arduino-IDE integriert. Als Board müssen Sie dann unter *Werkzeuge* die *AI Thinker ESP32-CAM* und den *Port* wählen, an dem die Kamera hängt.

Das Programm braucht noch zwei Software-Bibliotheken: *ESP32-Mail-Client* und *LITTLEFS*. Beide sind als ZIP-Dateien ebenfalls im Programm-Download enthalten. Sie werden in der IDE über *Sketch*, *Bibliothek einbinden* und *.ZIP-Bibliothek hinzufügen* installiert. Laden Sie dann das Mausefallen-Programm. **Wichtig:** Die Datei *camera_pins.h* (im Download enthalten) muss im selben Verzeichnis wie das Programm liegen.

Das Programm muss nun auf Ihr WLAN und Ihren E-Mail-Account angepasst werden. Das geschieht in den Zeilen 19 bis 41 7. Setzen Sie die dort angegebenen Einstellungen ein. Dann kompilieren Sie das Programm einmal testweise per Klick auf das *Überprüfen*-Symbol. Falls es dabei Fehlermeldungen gibt, haben Sie bei der Konfiguration wahrscheinlich etwas falsch eingetippt oder eines der Anführungszeichen gelöscht. Ist beim Überprüfen

alles in Ordnung, laden Sie das Programm auf die ESP32-CAM (Hochladen-Button).

Jetzt kommt der Funktionstest: Nach dem Hochladen startet die Kamera, weil sie über USB ja bereits Strom erhält. Starten Sie im *Werkzeuge*-Menü den *Seriellen Monitor*. Dort werden jetzt eine ganze Reihe von Meldungen ausgegeben. Als letzte sollte der erfolgreiche Versand der E-Mail bestätigt werden und im E-Mail-Eingang des eingetragenen Adressaten eine Mail mit dem Betreff *Tier gefangen* erscheinen. Andernfalls haben Sie Ihren WLAN-Namen, das Passwort oder die E-Mail-Daten verkehrt eingegeben.

Falle vorbereiten

Die Kamera soll beim Auslösen der Fallenklappe durch einen Magnetschalter eingeschaltet werden. Dazu wird der Schalter seitlich der Klappe am Gitter der Falle mit Kabelbindern befestigt. Achten Sie darauf, dass das Kabel des Schalters nach unten zeigt, damit es sich nicht mit dem Auslösemechanismus der Falle verheddern kann. Bei geschlossener Klappe sollte der Schalter so nahe wie möglich an der Klappe anliegen. Der Magnet wird mit 2-Komponenten-Kleber an die Außenseite der Klappe geklebt **8**.

Gehäuse bauen

Das Gehäuse braucht noch mindestens zwei Löcher: vorne eines für das Objektiv, und unten eines für das Kabel zum Magnetschalter an der Mausefalle. Falls Sie die externe WLAN-Antenne benutzen möchten, ist außerdem ein Loch an der Oberseite des Gehäuses nötig. Eine Zeichnung mit den Bohrungsmaßen finden Sie auf der GitHub-Seite der Mausefalle (Kurzinfor-Link).

Kleben Sie dann zuerst die transparente Abdeckung des Objektivlochs auf die Vorderseite des Gehäuses. Wie bereits gesagt, reicht dafür ein Plexiglas-Rest oder ähnliches. Ich habe eine vollflächige Abdeckung mit Plexiglas verwendet (1-2mm Stärke reichen, kann man mit der Laubsäge zuschneiden), zwingend notwendig ist diese Größe aber nicht.

Achten Sie beim Kleben darauf, dass erstens kein Klebstoff auf den Bereich des Objektivlochs kommt und zweitens eine durchgehende Klebung rings um das Loch erfolgt, ohne Lücke, durch die eventuell Wasser eindringen könnte **9**.

Falls gewünscht, schrauben Sie dann den Fuß der externen Antenne ins obere Gehäuseloch. Von Innen sollte er mit etwas Klebstoff (2-Komponenten-Kleber oder Heißkleber) zusätzlich gegen Feuchtigkeit abgedichtet werden **10**.

Trennen Sie nun die ESP32-CAM von ihrer USB-Platine (aufbewahren für spätere Projekte). Falls Sie bei schlechten Verbindungsverhältnissen eine externe WLAN-Antenne benutzen



5 Falls eine Seite des Qi-Empfängers so markiert ist, muss diese Seite beim Laden zum Ladegerät zeigen.



6 Die ESP32-CAM auf der USB-Platine, die als Programmer dient.

```

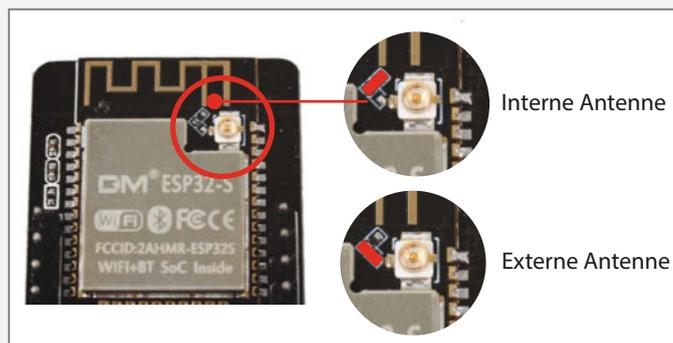
19 // Hier die eigenen WLAN-Einstellungen einsetzen...
20 const char* ssid = "ssid";
21 const char* password = "wlan-passwort";
22
23 //...und hier die EMail-Einstellungen
24 #define emailBenutzer "xyz@abc.de"
25 #define emailPasswort "ihr email passwort"
26 #define smtpServer "smtp-serveradresse"
27 #define smtpServerPort xyz
28 #define emailBetreff "Tier in Falle"
29 #define emailAdressat "adresse@xy.ab"
30 //Bei Bedarf weitere Empfängeradresse eintragen und nummerieren
31 //#define emailAdressat2 "xyz@abc.de"
32
33 // Falls eine andere ESP32-CAM benutzt wird, hier bitte anpassen
34 //#define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT // Has PSRAM
35 //#define CAMERA_MODEL_ESP_EYE // Has PSRAM
36 //#define CAMERA_MODEL_MSSTACK_PSRAM // Has PSRAM
37 //#define CAMERA_MODEL_MSSTACK_V2_PSRAM // M5Camera version B Has PSRAM
38 //#define CAMERA_MODEL_MSSTACK_WIDE // Has PSRAM
39 //#define CAMERA_MODEL_MSSTACK_ESP32CAM // No PSRAM
40 #define CAMERA_MODEL_AI_THINKER // Has PSRAM
41 //#define CAMERA_MODEL_TTGO_T_JOURNAL // No PSRAM
    
```

7 Die Werte in diesen Zeilen müssen an Ihr WLAN und Ihren E-Mail-Account angepasst werden.

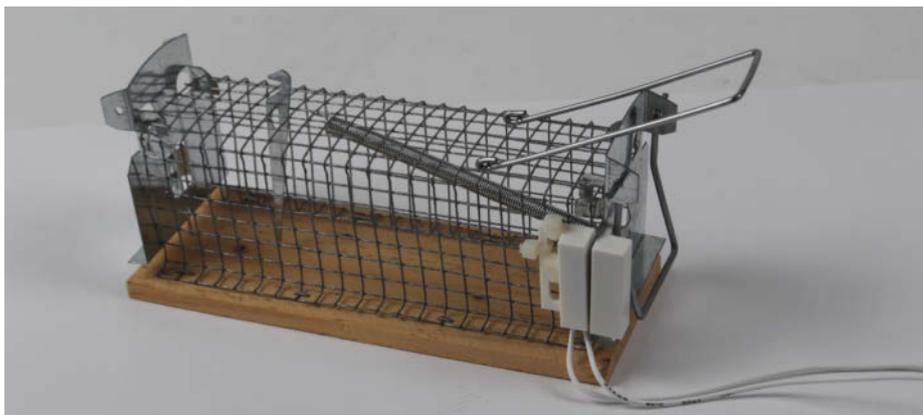
ESP32-CAM mit externer Antenne

Für eine Verbesserung der WLAN-Reichweite kann zusätzlich eine Außenantenne ans ESP32-Modul angeschlossen werden. Es besitzt dazu eine U.FL-Buchse, die jedoch

von Haus aus kein WLAN-Signal vom ESP32 erhält. Dazu muss erst eine winzig kleine Kontaktbrücke auf der ESP32-CAM umgelötet werden.



Diese kleine Lötbrücke muss umgesetzt werden.



8 Magnet und Magnetschalter an der Mausefalle müssen sich möglichst genau gegenüberstehen.

möchten, lesen Sie den Kasten *ESP-CAM mit externer Antenne*.

Die Kamera wird im Inneren des Gehäuses mit Heißkleber befestigt. Ein Scharfstellen des Objektivs ist übrigens nicht notwendig: Ab etwa 20cm Aufnahmeentfernung reicht die Tiefenschärfe der Optik aus, um ein gutes Bild zu erhalten.

Zum Festkleben rauhen Sie die Fläche neben und unterhalb des Objektivlochs mit Schmirgelpapier etwas auf, dann hält der Kleber

besser. Anschließend muss es schnell gehen: Bringen Sie etwa 1cm dick Heißkleber im Abstand von 1cm seitlich des Lochs und etwa 2,5cm unterhalb des Lochs auf. Setzen Sie die Kamera so ein, dass das Objektiv im Loch steckt und bündig sowie gerade an der transparenten Abdeckung anliegt. Halten Sie die Kameraplatine solange, bis der Heißkleber fest ist. Mit dieser Heißklebemethode müssen wir keine zusätzlichen Löcher bohren, durch die Wasser eindringen könnte **11**.

Jetzt geht es an die Befestigung von Qi-Empfänger, Akku und Laderegler. Diese Teile kommen auf den Boden oder besser die Rückseite des Gehäuses und werden ebenfalls mit 2-Komponenten-Kleber befestigt **12**. Den Akku bitte nicht auf die Spule kleben, da das die Erkennung des Empfängers durch das Ladegerät stören kann. Neben der Spule stört er nicht, selbst wenn er wie hier auf der Platine des Empfängers liegt.

Jetzt fehlt nur noch die Leitung für den Strom vom Laderegler zur Kamera, wobei die Plus-Leitung über den Magnetschalter führt. Der Anschluss an den Laderegler ist am einfachsten, wenn man dazu einen USB-A-Stecker verwendet (von einem alten Kabel). Schneiden Sie das Kabel etwa 15cm vor dem Stecker durch und trennen Sie die Adern. Sie brauchen nur die rote (+) und die schwarze (-) Ader. Die Abschirmung sowie die beiden anderen Adern (grün und weiß) können Sie entfernen.

Das schwarze Kabel löten Sie direkt an den GND-Anschluss der ESP32-CAM. An den 5V-Anschluss der Kamera sowie an die rote Ader des USB-Steckers kommt je eine Ader des Magnetschalters. Achtung: Nicht vergessen, das Magnetschalter-Kabel durch das Loch im Gehäuse zu führen **13** und mit Heißkleber abzudichten.



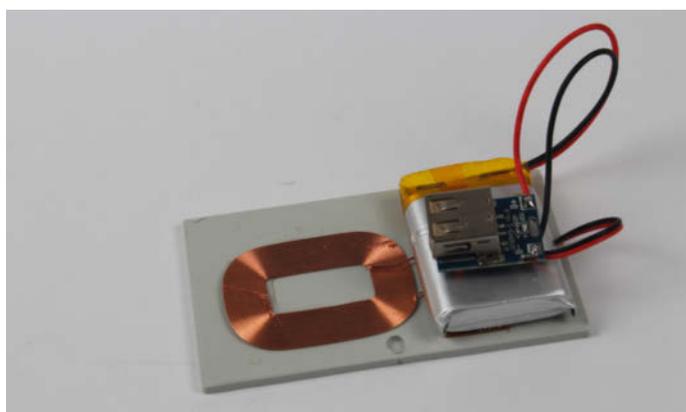
9 Achten Sie darauf, dass der Kleber unter der transparenten Abdeckung alles abdichtet.



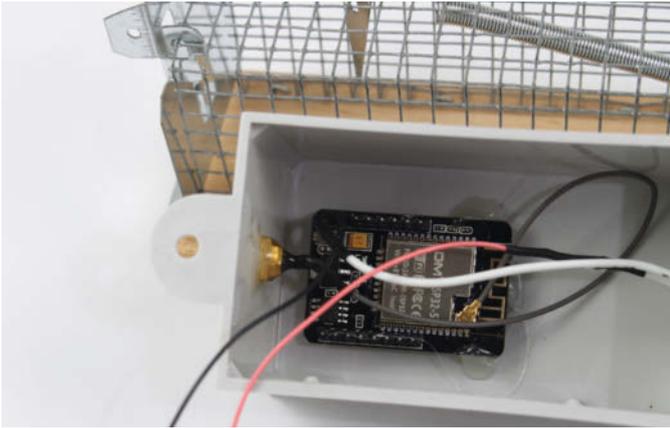
10 Auch der Antennfuß muss dicht sein. Hier sollte man mit dem Dichtmittel nicht sparsam sein.



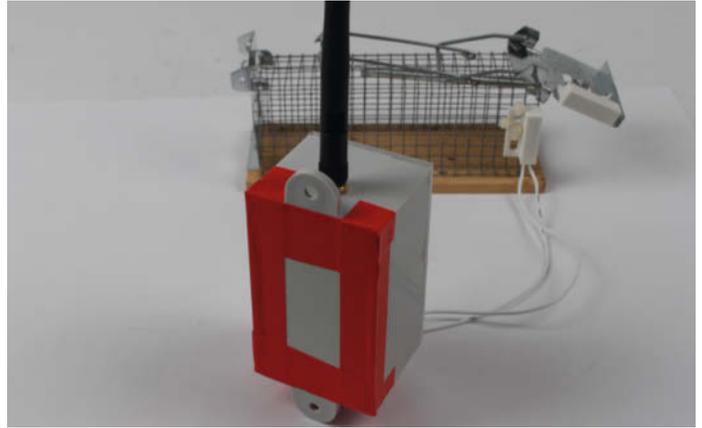
11 Die Kameraplatine wird mit Heißkleber befestigt.



12 Die Stromversorgung findet komplett auf dem Gehäusedeckel Platz.



13 Die Stromversorgungsleitungen werden direkt an die Kamera-Platine gelötet.



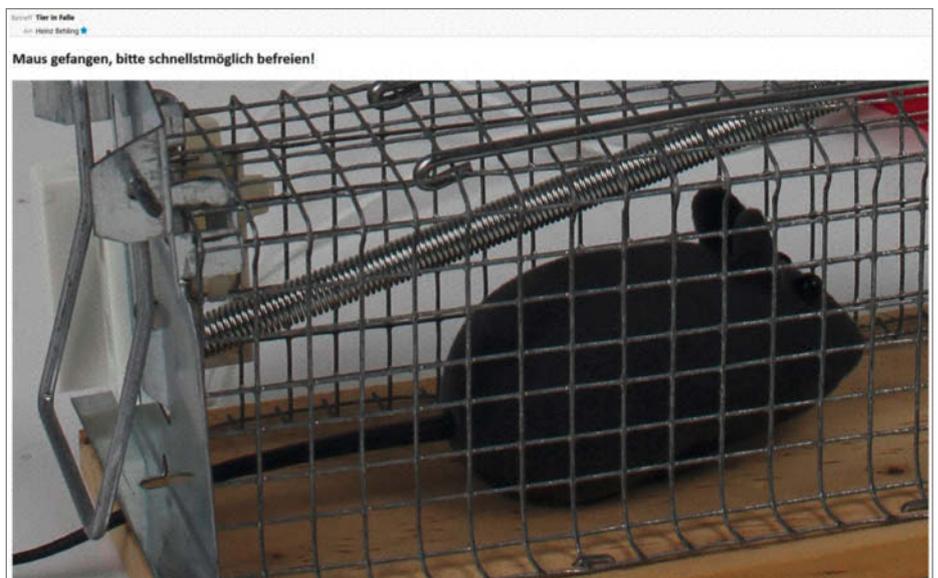
14 So abgeklebt ist das Gehäuse wasserdicht, falls das benutzte Klebeband wirklich wasserfest ist.

Jetzt kommt der Funktionstest: Spannen Sie die Klappe der Falle und stecken Sie den USB-Stecker in den Laderegler. Lösen Sie dann die Falle aus. Nach kurzer Zeit sollte dann beim im Programm eingestellten E-Mail-Empfänger eine Nachricht mit Foto erscheinen. Falls nicht, kontrollieren Sie den Stromanschluss und die Befestigung des Magnetschalters.

Mäuse fangen

Jetzt können Sie das Gehäuse schließen. Die Rückseite mit dem Akku-/Ladeempfänger passt ziemlich stramm ins Gehäuse, ist so aber nicht wasserdicht. Entweder kleben Sie sie ein, was spätere Reparaturen (Akkutausch) schwierig macht, oder Sie kleben ringsherum wasserfestes Klebeband um die Naht zwischen Gehäuse und Deckel 14.

Schließlich fehlt noch eine Aufstellmöglichkeit für die Kamera in etwa 20cm Entfernung von der Falle. Eine etwa 30cm lange Holzleiste kann an die beiden Befestigungslaschen des Gehäuses geschraubt werden. Damit lässt sich die Kamera dann im Garten in den Erdboden stecken. Im Haus kann man die Kamera mit den beiden Laschen meist an anderen



15 Mail von der Maus: Hol mich hier raus!

Gegenständen (Kellerregalen o. ä.) mithilfe von Kabelbindern befestigen.

Jetzt steht der humanen Nagetier-Bekämpfung nichts mehr im Wege. Also Köder

(gerösteter Speck, Nüsse oder Schokolade stehen bei den kleinen Nagern hoch im Kurs) in die Falle und auf Nachricht von der Maus warten 15. —hgb

FRISCHE REZEPTE

FÜR IHREN RASPBERRY PI

Die Fangemeinde des günstigen Bastelrechners Raspberry Pi wächst Jahr für Jahr. Gehören Sie auch zu den Raspi-Fans oder wollen es werden? Dann finden Sie in diesem c't-Sonderheft einen schnellen Einstieg und jede Menge alltagstaugliche Projekte.

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 € • Bundle Heft + PDF 19,90 €

c't RASPI
Die Toolbox für Nerds

Hard- und Software ausreizen
GPIO-Pins in Python programmieren
Messen und steuern mit dem Raspi
Raspberry Pi OS und Updates im Griff

Raspi im Wohnzimmer
Spotify und Netflix abspielen
Akt-Filme in HDR gucken

Verstehen und loslegen
Wieso Millionen Menschen Raspis kaufen
Projektideen, die Ihnen Spaß machen



Heft + PDF
mit 29% Rabatt



shop.heise.de/ct-raspi22



uDraw Game Tablet PS3

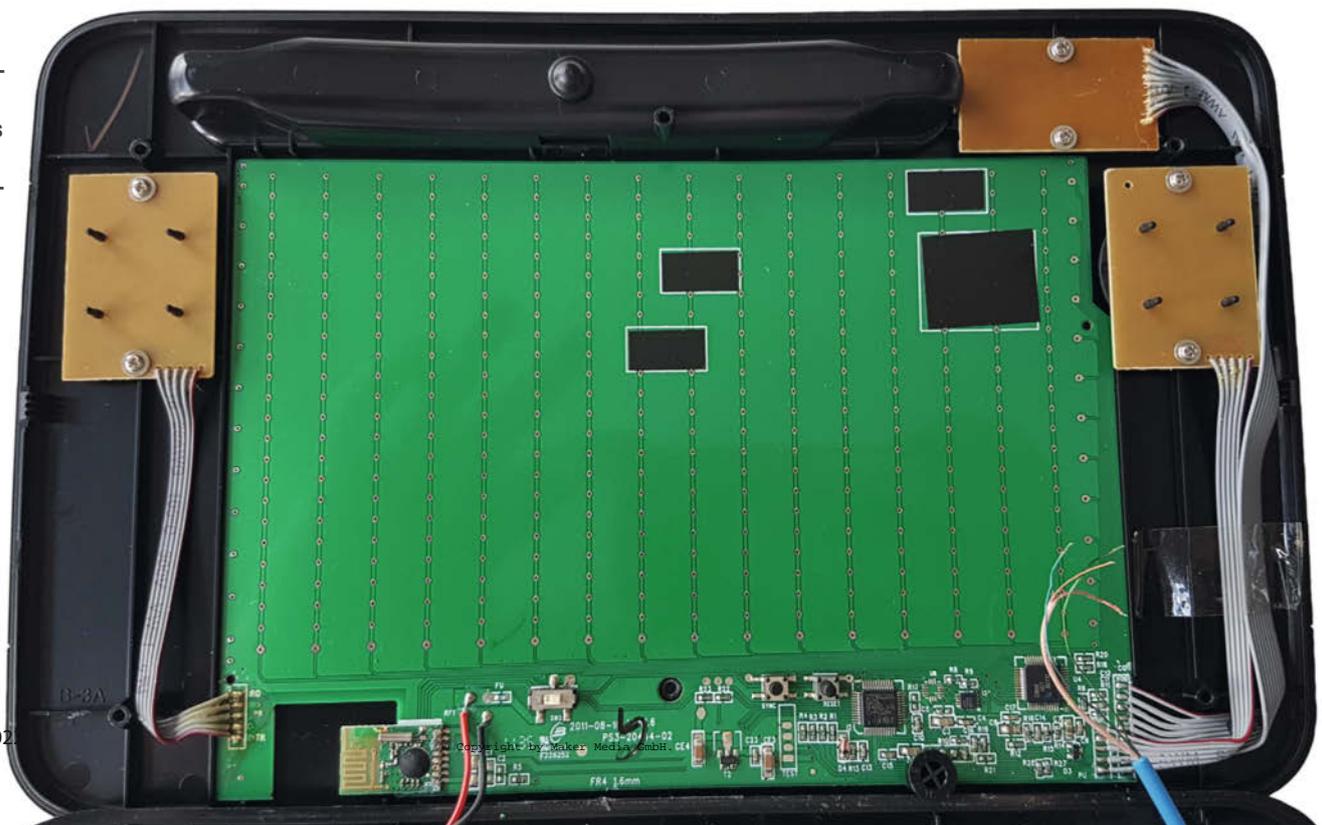
Der PS3-Controller mit Touchpanel und Zeichenstift sollte zusammen mit der Software Instant Artist in den 2010er Jahren kleinere Nutzer spielerisch ans Zeichnen heranführen. Das Produkt flopte, ist auf eBay aber immer noch vielfach günstig zu finden und sein Inneres hat einiges zu bieten.

von Daniel Bachfeld

Alles zum Artikel
im Web unter
make-magazin.de/xw1y



Die grüne Platine dient zur kapazitiven Messung der Position des Stifts auf der anderen Seite des Gehäuses. Hinter den braunen Platinen stecken die Bedienknöpfe



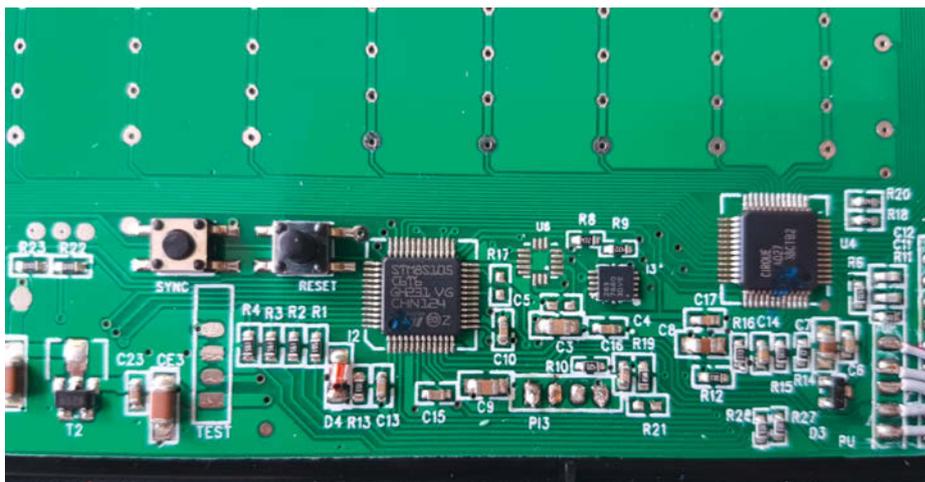
Im Bundle mit der Software gab mir c't-Kollege Ronald Eikenberg das uDraw Game Tablet vor einigen Jahren für meinen damals noch grundgeschulten Sohn mit: „Soll er mal probieren!“ Dessen Interesse konvergierte gegen null, obwohl PS3 drauf stand. Das Produkt gilt beim Hersteller THQ als kommerzieller Fehlschlag, sodass es in unserer Make-Asservatenkammer landete: „Kann man später nochmal gebrauchen.“ Beim Ausmisten unseres Make-Labors fiel es mir dann kürzlich als idealer Reingeschaut-Kandidat in die Hände.

Das kabellose Tablet funktioniert im Kern wie ein Gaming-Controller und hat die PS3-typischen Tasten, abgesehen von den Schultertasten. Zur Datenübertragung ist ihm ein USB-Dongle beigelegt, der mit dem Tablet auf 2,4GHz Daten austauscht. Beim Anschluss an einen PC meldet sich der Dongle als Joypad, Touchpad, Stift und Beschleunigungsmesser an. Zusätzlich registriert sich das Tablet als HID-konforme Maus, sodass man den Zeiger per Stiftbewegung auf dem kapazitiven Touchpad steuern kann. Drückt man die Spitze des Stifts, so kann man einen Mausklick simulieren. Unter Linux und Windows kann man das Touchpad ohne weitere Treiber nutzen, alle anderen Features benötigen einen solchen.

Im Inneren ist eine große Platine verklebt, die per Leiterbahnen in Zeilen- und Spaltenstruktur die Position des Stiftkopfs ermittelt. Ihr zur Seite steht ein ICA027 Touch Controller der Firma Cirque, der einen ASIC enthält und die X- und Y-Koordinaten und Z als Intensität per SPI an einen 8-Bit-Mikrocontroller vom Schlage STM8S105 weitergibt. Der hat 32KByte Flash sowie 2KByte RAM und verarbeitet über seine GPIOs alle Tastendrucke auf der Frontseite. Zusätzlich ist ein 3-Achsen-Beschleunigungssensor (MMA7760) per I2C-Interface an den STM8 angeschlossen, mit dem sich die Neigung des Gadgets (Tilt-and-Roll-Neigungssteuerung) messen lässt.

Alle gesammelten Informationen verschickt der Mikrocontroller über ein Funkmodul (Transceiver) mit der Bezeichnung TH2G4M23. Es wurde (laut Unterlagen des US-FCC) explizit für die PS3 hergestellt und enthält unter dem schwarzen Klecks einen weiteren 8-Bit-Prozessor mit 16MHz. Das gleiche Modul kommt auch im USB-Dongle zum Einsatz, wo die übertragenen Daten dann per USB ausgegeben werden.

Zwar ist die verklebte Platine selbst nicht mehr aus dem Gehäuse zu hebeln, die ICs und die Funkmodule lassen sich aber problemlos auslöten. Letztere kann man leicht für die Datenübertragung eigener Projekte nutzen. Unter den Links ist die Dokumentation zu finden. Darin erkennt man auch, über welche Pins man den STM8 neu programmieren kann, um dem Pad neue Funktionen zu verleihen. —dab



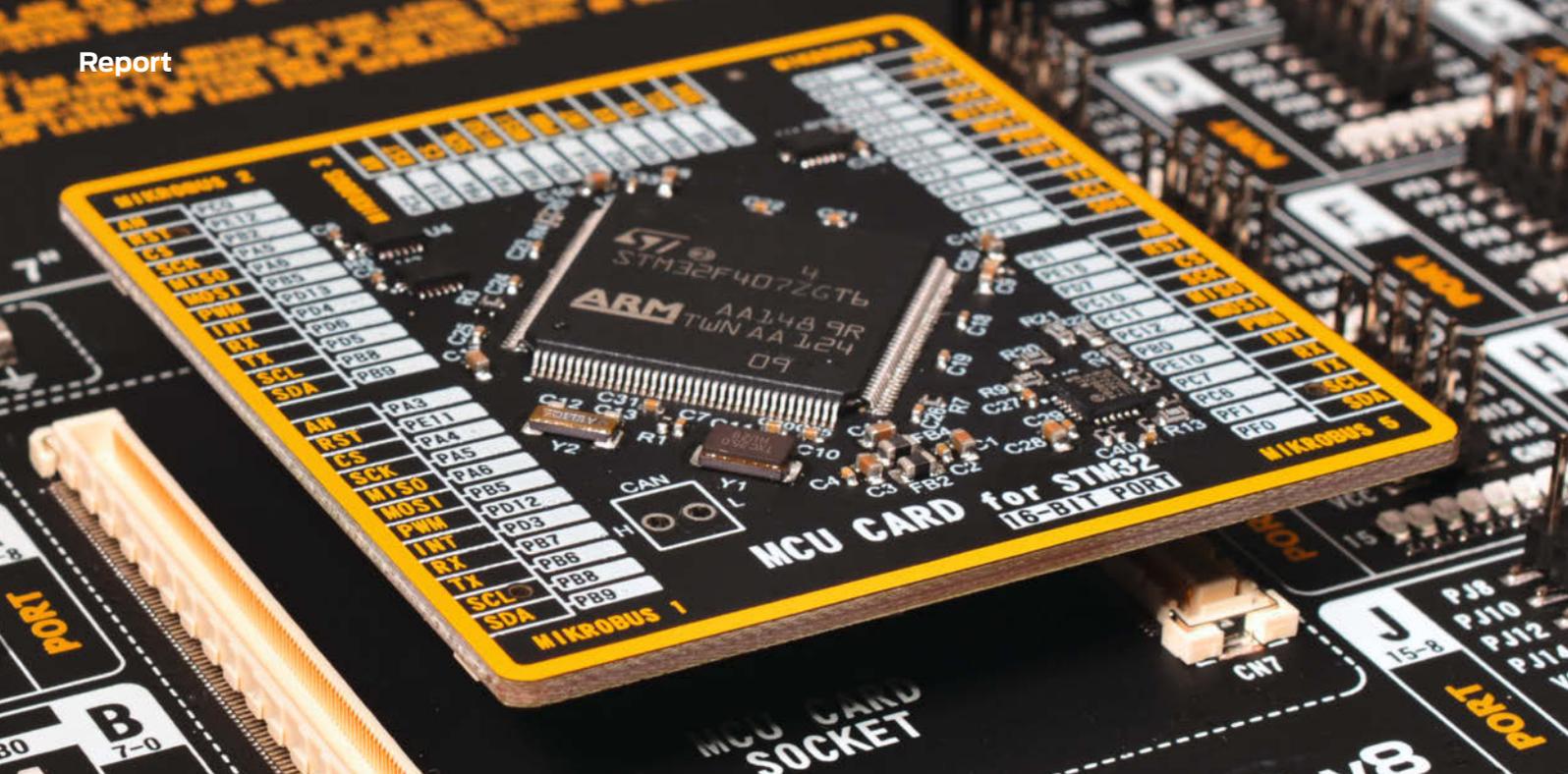
In der Mitte der STM8, ganz rechts der Touchpad-Controller, dazwischen der Beschleunigungssensor. Der STM8 lässt sich sogar in-circuit umprogrammieren.



Das Funkmodul des Tablets und der Dongle tauschen Daten auf 2,4GHz aus.



Die Knöpfe lassen sich zur Zierde womöglich auf andere Gadgets kleben.



Chipkrisenmanagement

Wer bislang darauf vertraute, immer und zu jeder Zeit den passenden Mikrocontroller für sein Projekt zu erhalten, darf gründlich umdenken: Die Chipkrise macht auch vor bei Makern beliebten Bausteinen nicht halt. Wir zeigen Auswege und Alternativen.

von Carsten Meyer

Vor einigen Monaten kam die Chipkrise auch bei den Makern an: Zuerst waren es nur die neuen Raspi-Kleinstrechner, die plötzlich in Gold aufgewogen wurden, inzwischen sind aber auch etliche andere Entwicklungssysteme und Mainstream-Mikrocontroller betroffen; oft fehlen neben dem Controller auch noch Peripherie- und Flash-Speicherbausteine oder simple Schaltspannungsregler.

Mal eben die Kleinserie vom letzten Jahr nochmal auflegen – das war einmal. Wer Glück hat, muss nur seine Platine auf gerade zur Verfügung stehende Chip-Gehäusebauformen anpassen und kann vielleicht beim Flash-Speicher oder bei der Stromversorgung auf andere Hersteller ausweichen. Die Firmware-Anpassung ist dann keine große Sache; möglicherweise verlangt das neue NOR-Flash oder der andere Sensor nur eine geänderte Initialisierungs- oder Befehlssequenz, und schon spielt es wieder.

Not macht erfinderisch

Auf diese Ideen sind Zulieferer und Geräte-Hersteller indes auch gekommen, und es war nur

eine Frage der Zeit, bis die Lager der großen Distributoren auch bei den sonst weniger gefragten Bausteinen leergefegt wurden. So waren vor wenigen Wochen von den rund 3200 verschiedenen Controllern der im Automotive-Bereich beliebten STM32-Serie noch genau 17 „Mauerblümchen“ lieferbar. Nicht sehr viel besser sieht es derzeit bei den PICs und AVR von Microchip aus; auch bei diesem Hersteller fragt man sich, ob nicht die überbordende Typenvielfalt (hier mal ein Timer mehr, dort ein paar EEPROM-Bytes weniger) die Liefersituation wie ein dicker Kotz am Bein behindert.

Exorbitante Lieferzeiten (Lead Times) von 52 Wochen und mehr sind die Folge: Bei älteren Serien findet man schon mal das Lieferdatum „Januar 2025“ auf der Produktseite, auch wenn Fachleute davon ausgehen, dass die Krise schon im nächsten Jahr überwunden sein sollte. Nebenbei bemerkt kommen die extremen Lieferzeiten besonders für ältere Serien nicht von ungefähr: Viele Hersteller dürften bestrebt sein, die neueren, preiswerteren zu produzierenden und deshalb margenträchtigeren Serien zu propagieren, die aufgrund höherer Integrationsdichte mit weniger Silizium auskommen.

Hamstern und horten

Hochkonjunktur erleben derzeit die sogenannten Chip Broker, die Heuschrecken der Halbleiterindustrie: Restbestände an eingelagerten Chips können sie derzeit zu Mondpreisen an den Mann bringen. Ein uns bekannter Kleinserienhersteller sollte für ein FPGA, das sonst für 28 US-Dollar in der Distri-Preisliste steht, nun 420 Dollar bezahlen – etwa so viel wie der frühere Endpreis des fertigen Produkts. Im gleichen Atemzug hat man ihm ATmega-1284-Controller für 25 Dollar und LM2594-Schaltregler für 18 Dollar angeboten – das Fünffache des noch vor einem Jahr üblichen Kurses.

Vorsicht ist bei vermeintlich günstigen Angeboten aus Fernost angebracht: Die äußerst angespannte Marktsituation bringt natürlich auch vermehrt Chip-Fälscher auf den Plan, und wer seinen Bedarf zwischendurch bei Alibaba & Co. zu decken gedenkt, darf sich über wertlose Fake-Chips oder ausgelötete, bereits programmierte Controller nicht wundern. Wir hatten vor Kurzem nochmal Glück: Die uns über eBay offerierten ATtiny45-Controller ließen sich nicht auf Anhieb über ISP flashen,

obwohl wir sie frisch dem Gurt entnommen hatten. Es stellte sich heraus, dass sie bereits ab Hersteller programmiert waren – mit der Firmware für eine elektronische Laser-Waage von Hilti. Nach dem Löschen der Fuses mit einem speziellen Programmiergerät waren sie allerdings wieder voll einsatzfähig.

Für den privaten Anwender ist die Verwendung gebrauchter, ausgelöteter Chips natürlich kein Problem; tatsächlich dürfte dieses Recycling zuverlässiger funktionieren als der Bezug über dubiose Quellen, und selbst die Industrie schreckt nicht davor zurück. Im Falle eines Falles lohnt sich die Anschaffung eines universellen Programmiergerätes (siehe Bild): Mit dem gezeigten Kästchen haben wir sogar schon Zombie-Chips reanimieren können, die sich wegen fehlprogrammierter Fuses mit herkömmlichen Mitteln (Bootloader, ISP, JTAG) nicht mehr ansprechen ließen.

Derzeit zu bekommen sind Chips in „historischen“ (und in der neuzeitlichen Fertigung unüblichen) Gehäusebauformen, etwa der ATmega im DIL-Gehäuse, wie wir ihn vom Arduino Uno kennen, aber auch brandneue Serien, die sich in der Industrie noch nicht etabliert haben.

Problematisch wird es dann, wenn man auf einen anderen Hersteller ausweichen muss – eine andere Architektur verlangt in der Regel auch einen Umstieg bei der zugehörigen Entwicklungsumgebung (IDE). Das kann bei größeren Projekten mit mehreren zehntausend Programmzeilen ein echter Zeitfresser sein.

Portierungen

Der Portierungsaufwand hält sich in Grenzen, solange man die IDE nicht wechseln muss. In dieser Beziehung ist tatsächlich die Arduino-IDE zu loben, die so grundverschiedene Architekturen wie AVR und ESP32 unterstützt – einfach durch Installieren einer entsprechenden Library oder einer Board-Beschreibung. Erkauft wird diese Bequemlichkeit allerdings oft durch einen Performance-fressenden *Hardware Abstraction Layer* (HAL), der den gemeinsamen Nenner für die unterschiedlichen Architekturen bildet. In zeitkritischen Anwendungen wird er gern umgangen, wenn ein direkter Zugriff auf die Peripherieregister (etwa SPI, Timer oder I²C) schneller arbeitet als der Umweg über standardisierte Library-Funktionen.

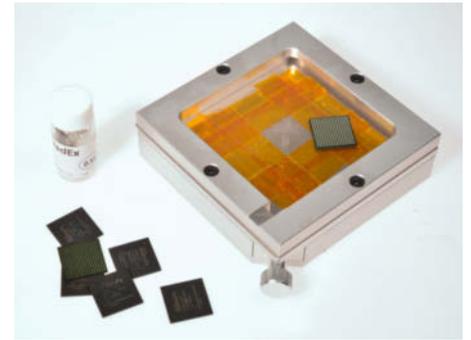
Der Umstieg auf eine andere IDE kann einen dagegen wochenlang beschäftigen – wenn sich etwa der innere Monk partout nicht an das neue Farbschema der Syntax-Einfärbung gewöhnen kann und Tastaturkürzel plötzlich etwas ganz anderes bewirken. Allein mit solchen Ärgernissen habe ich neulich Stunden herumprokrastiniert, ohne dass ich auch nur eine einzige Zeile Programmcode angefasst hätte. Auch selbst zusammen-



Ausgelötete und bereits programmierte Chips lassen sich mit einem kleinen Programmiergerät wiederbeleben, etwa diesem TL866-II Plus für rund 60 Euro. Bestellen Sie die zu Ihrem Controller passenden Nullkraft-Fassungen gleich mit.

gestellte Toolchains (etwa mit Eclipse oder Visual Studio Code als Verwaltungsinstrument) verlangen erhebliche Anpassungen – bis alles wieder so läuft wie vorher, können viele Tage vergehen.

In dieser Hinsicht dürfte es der langjährige Arduino-Nutzer besonders schwer haben, denn die modernen IDEs wie NXP Mbed, Microchip Studio und MPLab, TI Code Composer Studio oder STM32 CubeIDE unterscheiden sich grundlegend von der eher einfach gestrickten Arduino-IDE. Insofern sollten Sie einen Umstieg eher als Chance sehen, nun endlich professionell mit Debugger und einer anständigen Projektverwaltung entwickeln zu können.



Sogar BGA-Chips kann man recyceln: Mit Hilfe einer Schablone können sie im Lötöfen mit frischen Zinn-Kügelchen versehen werden. Wer sich das nicht selbst zutraut, findet im Internet diverse Dienstleister, die das professionell erledigen.

Die genannten IDEs gibt es bei NXP, ST, TI und Microchip kostenlos, die Installation der mächtigen Programmpakete (oft einige Gigabyte) liefert gleich einen ganzen Haufen an Beispielprojekten mit. Wer dann schon ein kleines Entwicklungskit wie die Nucleo- oder Discovery-Platinen besitzt, kann wie beim Arduino gleich loslegen, denn hier ist eine Programmierumgebung mit Debug-Fähigkeiten (z.B. ST-Link) gleich mit an Bord.

Programmer

Ohne die kommt man hier nicht aus: Mangels Bootloader benötigt man einen Programmer,

Protokoll des Scheiterns

Mitten in den ohnehin anhaltenden Abschwung in der gesamten Halbleiter-Branche und dem bereits schwelenden Handelskonflikt zwischen China und den USA platzte 2020 die Corona-Pandemie – mit der Folge, dass in Furcht vor Umsatzverlusten überall Aufträge zur Fertigung etablierter Chips storniert wurden und die Halbleiterhersteller sich frustriert neuen Produkten widmeten.

Nicht rechtzeitig bedacht hatte man allerdings, dass wegen der nun geänderten Arbeitsweise im Home-Office und dem damit einhergehenden Ausbau der digitalen Infrastruktur alsbald wieder haufenweise Halbleiter benötigt wurden, auch der Absatz an Konsumgütern und Autos sackte längst nicht so stark ab wie angenommen.

Offenbar wurde den Verbrauchern schon wenige Wochen nach dem ersten Lockdown langweilig, und der Kauf angesag-

ter Elektronikprodukte oder eines neuen Autos wurde eher vorgezogen als verschoben, sodass sich die Lagerbestände der Chipsmieden in kurzer Zeit leerten. Die Autoindustrie mit ihrer ökonomisch knappen *On-Demand-* und *Just-In-Time-*Lagerhaltung bekam dies als erste zu spüren: Ganze Modellreihen konnten nicht produziert werden, weil ständig irgendein der so zahlreich verbauten Controller-Chips nicht lieferbar war und die Zulieferer passen mussten.

Logistische Probleme durch Lockdowns, die Wasserknappheit in Taiwan (der Fertiger TSMC verbraucht dort etwa 63 Millionen Liter Wasser am Tag), unweatherbedingte Zerstörungen in den texanischen Werken von Samsung und NXP und ein Brand bei Renesas in Japan, deren Fab etwa 30 Prozent der im Automotive-Bereich verwendeten Controller fertigt, taten dann letztes Jahr ihr Übriges: Das Chaos war komplett.



Der neue AVR128DA48 auf dem Curiosity-Nano-Platinchen von Microchip, das auch gleich die Programmierlogik enthält.

der auf völlig andere Weise mit dem Prozessor kommuniziert, aber auch ein bequemes Hardware-Debuggen mit Einzelschritt-Abarbeitung und Überwachung von Variablen und Registern bietet. Für den Arduino-Anwender, der sich bislang mit `print`-Anweisungen im Code behilft, ist dies eine völlig neuartige Erfahrung.

Um die Anschaffung eines separaten Programmers/Debuggers (Kostenpunkt: 7 bis 150 Euro, je nach Anwendungsbreite) kommt man also früher oder später nicht herum, auch wenn sich die eingebaute Programmier-einrichtung der Entwicklungsboards ebenso für externe Chips des gleichen Herstellers verwenden lässt – man muss nur die Verbindung zur aufgelöteten MCU kappen. Bei einigen Kits lässt sich der nur für die Programmierung nötige Teil der Platine sogar abbrechen und kann dann eigenständig weiterverwendet werden.

Krise als Chance

Für so manches Projekt bietet die Chipkrise die Gelegenheit, sowohl auf eine leistungsfähigere Prozessorarchitektur als auch auf einen moderneren Compiler umzusteigen. Die Vorgehensweise im folgenden Beispiel dürfte exemplarisch für die derzeitige Situation bei vielen Entwicklern stehen.

Gegeben war ein Kleinserienprodukt mit dem oben erwähnten ATmega1284P, der mit

einem FAT-Dateisystem für den angeschlossenen SD-Kartenslot und einem umfangreichen Menüsystem über ein alphanumerisches 16 x 2-LCD schon recht gut ausgelastet war. Die angestaubte Benutzerführung ärgerte Kunden und Hersteller schon länger, und so wurde überlegt, ab man vielleicht noch die Ansteuerung eines Touchscreen-TFT mit FT800-Controller im Programmspeicher unterbringen könnte. Dafür wäre der nächstgrößere ATXmega-AVR mit 256KByte Flash-Speicher nötig gewesen. Den gibt es zur Zeit nirgends, ebensowenig wie den vorher verwendeten ATmega1284P. Eine unveränderte Neuauflage des Nischenprodukts kam also nicht in Frage.

ATmega-Alternativen

Microchips neue AVR-Serie heißt nicht mehr ATmega oder ATXmega, sondern schlicht AVRxxxDA/DB, ein zum 1284P vergleichbarer Chip wäre der AVR128DA48. Der ist sogar lieferbar und außerdem nur halb so teuer wie der 1284P vor der Krise – ein verlockendes Angebot also. Kleiner Haken: Statt 2KByte EEPROM bietet er nur magere 512 Bytes; das sollte aber mit einem externen Speicher in den Griff zu kriegen sein.

Nächstes Problem: Der kleine, sonst immer sehr rührige Hersteller des aus historischen Gründen verwendeten Compilers (AVRCo Pascal) stellte seine Weiterentwicklung ein, das nötige Update auf die neuen AVR-Familienmitglieder war also nicht mehr zu erwarten. Eine händische Anpassung der Compiler-Prozessorbeschreibung an die neue Registerbelegung (zum ATmega1284 haben sich einige Timer- und Peripherieadressen geändert) brachte nur einen mäßigen Erfolg – zwar ließ sich eine Status-LED zum Blinken bringen, die 21.000 Zeilen des Projekts verdaut der neue AVR aber nicht. An das sonst so bequeme

Debuggen mit dem vorhandenen Programmer war wegen der neuen Programmier- und Debug-Schnittstelle erst gar nicht zu denken.

Nun ärgerte sich der Entwickler, nicht schon vor Jahren auf C umgestiegen zu sein. Für den AVR128DA gibt es im Arduino-Kosmos längst passende Libraries und Board-Beschreibungen, die fleißige Open-Source-Fans verfasst haben; auch kommerzielle AVR-C-Compiler wurden damit gesegnet, eine Anpassung des Projekts an den überarbeiteten Prozessor wäre in wenigen Wochen erledigt gewesen. Letztendlich hat er dann aber doch beschlossen, auf die weit verbreitete ARM-Architektur umzusatteln, auch wenn nun die nötige Anpassung der zahlreichen hardwarenahen Routinen drohte.

Keine Angst vor 32 Bit

Wer wie der Autor mit Achtbittern groß geworden ist und noch die Hex-Codes eines 6502 auswendig kennt, wird eine gewisse Phobie vor modernen 32-Bit-Mikrocontrollern mit sich herumtragen. Insofern ist der Entschluss, von AVR auf ARM umzusteigen, immer mit einer Furcht vor Unwägbarkeiten verbunden, die von dem 2300 Seiten umfassenden Daten„blatt“ eines typischen ARM-Prozessors nicht gerade gezügelt wird. Doch es sei Ihnen versichert: Es ist alles gar nicht so schlimm. Vieles ist mit einem 32-Bit-Kern sogar sehr viel einfacher, und vielleicht können Ihnen die folgenden Absätze einen gewissen Appetit auf die neue Architektur vermitteln.

Vergessen Sie zunächst einmal das Byte als „atomare“ Einheit. 32-Bit-Prozessoren wie die ARMs haben *Integer*, *Word* und *DWord* am liebsten. Dafür brauchen sie zwar mehr RAM, aber das gibt es zur Genüge – statt 8 oder 16KByte hat ein etwa gleich teurer ARM-Chip gleich 32 oder 64KByte. Bytes verwenden Sie bestenfalls noch für lange Arrays, bei denen es dann doch auf den Platzbedarf ankommt. Aber Vorsicht: In der 32-Bit-Welt sind auch schlichte *Booleans* 32 Bit lang.

Ein 32-Bit-Chip kann lange Register wie die vom ADC oder der (zahlreichen) Timer in einem einzigen Maschinenbefehl lesen oder schreiben – der Compiler muss sie nicht mehr in 8-Bit-Zugriffe aufdröseln; das gilt natürlich auch für alle anderen Speicherzugriffe. Das hat bei Interrupts den Vorteil, dass die CPU nicht mitten in einer „mehrbytigen“ Operation gestört werden kann: Fehler, die bei einem Achtbitter durch an ungeeigneter Stelle unterbrochene 16- oder 32-Bit-Zugriffssequenzen entstehen (und nur umständlich vermieden werden) können, sind in einer 32-Bit-Architektur von vornherein ausgeschlossen.

Der 32-Bit-Adressraum mag mit seinen überlangen Adressen zunächst unhandlich erscheinen, bietet aber immense Vorteile. Achtbitter müssen in der Regel alles, was über 64KByte hinausgeht, auf mehrere 64KByte-



Programmer/Debugger für lau: Auf den Nucleo- oder Discovery-Boards von STM ist bereits einer enthalten, hier realisiert mit dem Chip unter der USB-Buchse.

Seiten aufteilen. Das dürfte dem AVR-Anwender natürlich erst bei größeren Projekten aufgefallen sein: Bei Daten oder Programmteilen, die sich über eine Seitengrenze erstrecken, war immer besondere Vorsicht angesagt, denn nicht immer vermochte ein Compiler drohende Zugriffsfehler abzufangen; dann meckerte der Assembler in der Toolchain und warf kryptische Meldungen aus.

Stattdessen hat man nun Adressen im Überfluss: ARM-Microcontroller ab Cortex M3 erlauben sich sogar den Luxus, Peripherie-Register und ganze RAM-Blöcke bitweise in einen anderen Adressbereich zu spiegeln – jedes Bit belegt hier eine eigene Adresse (so genanntes *Bit Banding*). So kann man zum Beispiel einzelne Konfigurationsbits der Peripherie-Register ansprechen, ohne sie vorher einer umständlichen Maskier- und Schiebeoperation zu unterziehen. Sogar die Bits einer beliebigen (global deklarierten) Variable kann man auf diese Weise manipulieren – ein Traumchen für jeden hardwarenahen Programmierer! Der Compiler nimmt einem dabei die Umrechnung der Adressen ab: Hat man beispielsweise die Variable `ledport_zustand` definiert, kann man mit `ledport_zustand.12 = 1` das einzelne Bit 12 der Variablen anknipsen.

Fix und Floating

Vergessen wir nicht einen wichtigen Punkt: ARMs sind schnell. Die neuen, mit 3,3V betriebenen AVR kommen zwar inzwischen auf 24 oder 32MHz Takt, bei rechenintensiven Anwendungen (etwa mit breiten Fließkomma-Zahlen) kommen aber auch sie an ihre Grenzen. Das wird dem normalen Arduino-Anwender nicht auffallen, für schnelle Regelkreise, FFT-Funktionen oder auch aufwendige grafische User-Interfaces dagegen ist die 8-Bit-Architektur schlicht zu langsam; schließlich muss der Compiler schon eine simple 16-Bit-Addition in drei, vier einzelne Befehle zerlegen.

Bei den 32-Bitern rattern dagegen *DWords* in einem einzigen Befehl durch, und zusätzlich bieten die neuen Mikrocontroller-Kerne Taktzeiten von bis zu 168MHz; lediglich die speziellen Stromspar-Modelle bewegen sich in den von den AVR bekannten Niederungen. Möglich macht dies eine reduzierte Betriebsspannung des Rechenkerns. Der Anwender muss sich darum nicht kümmern, die Logikpegel der I/Os arbeiten weiterhin mit 3,3V.

Apropos Logikpegel: Die klassischen AVR-Controller verwenden 5V-Pegel, möglicherweise müssen Sie beim Einsatz eines neuen Controllers also über Anpassungen Ihrer restlichen Schaltung nachdenken. Während mit 5V betriebene Peripherie-Chips auch 3,3V-Pegel einwandfrei erkennen, kann die Gegenrichtung Probleme bereiten: Oft sind nur bestimmte I/O-Pins eines 3,3V-Controllers 5V-tolerant (Datenblatt konsultieren).

Ein Pegelwandler-IC für 3,3V-Eingangspins vorzusehen ist dabei oft überflüssiger Luxus: Für Inputs reicht schon ein simpler Widerstands-Spannungsteiler, und I²C-Pullups hängt man nicht an 5V, sondern an die 3,3V-Leitung. Alle uns bekannten 5V-I²C-Bausteine kommen mit dem verringerten Pegelhub klar, ebenso die beliebten 74HC-Schieberegister am SPI.

Kernfrage

ARM-Cortex-Kerne für Mikrocontroller sind gut etabliert, man erkennt sie am Präfix „M“ und einer mit der Komplexität steigenden Zahl. Die Unterschiede betreffen vor allem die Ausstattung mit Hardware-Multiplizierern (bei einigen M0-Varianten nicht vorhanden), Hardware-Dividierern (ab M3), DSP- (ab M4) und Fließkomma-Einheiten (bei einigen M4 und M7). Das oben angesprochene *Bit Banding* und einen Speicherschutz (MPU) findet man wiederum erst ab dem M3-Kern, im M7 ist zusätzlich ein Befehls-cache zur Beschleunigung vorhanden.

Für Projekte mit einem längeren Produktzyklus empfiehlt es sich, einen Controller aus den Mainstream-Serien des jeweiligen Herstellers zu wählen; manche der „Spezialisten“ mit besonderen Features werden bei nachlassender Nachfrage schnell abgekündigt oder kommen gar nicht erst in den freien Handel, weil sie nur nach Großauftrag gefertigt werden. Für die weitere Entwicklung des erwähnten Projekts entschied man sich für einen STM32F303RET6, der mit 512KByte Flash-Speicher und 120MHz Takt genügend Reserven bot.

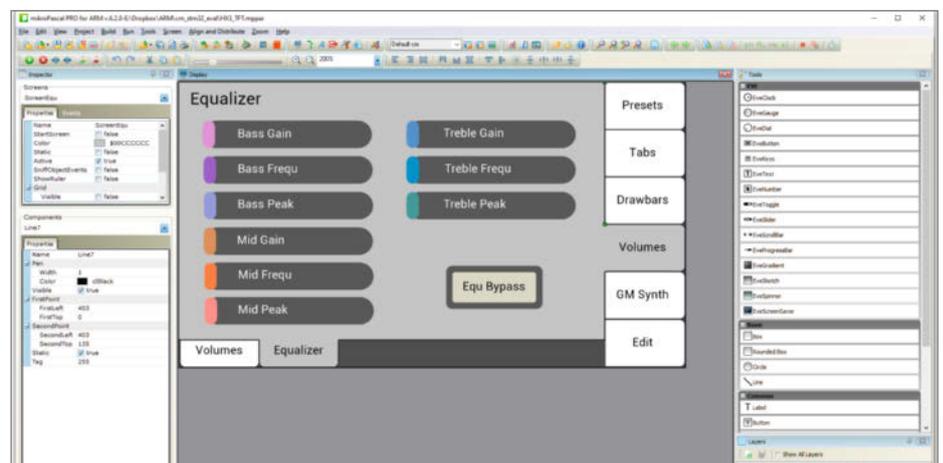
Einziges Problem: Auch dieser Chip ist derzeit nicht lieferbar, vergleichbare Bausteine der anderen Halbleiter-Giganten sind ebenfalls knapp. Zum Glück gibt es aber mit GigaDevice einen Hersteller, der mit dem GD32F303Rxx einen pin- und funktionskompatiblen Baustein anbietet. Ein offizieller Lieferant in Fernost hat derzeit einige Tausend

davon auf Lager, und es gibt sogar zwei kleinere deutsche Distributoren. Das ist das Schöne an den ARM-Controllern: Ein ähnlich ausgestatteter Chip findet sich immer bei irgendeinem Hersteller, zumindest in den Mainstream-Familien, und notfalls kann man noch auf einen besser ausgestatteten Chip mit gleichem Pinout ausweichen.

Kommerzielle Compiler

Im industriellen Umfeld benötigt man professionelle Unterstützung, wenn es der Compiler nicht so tut wie angedacht – dafür bezahlt man hier auch gern professionelle Preise im gut vierstelligen Bereich, etwa für das ARM MDK von Keil (eine eingeschränkte Version ohne Support für private Anwender ist dagegen kostenlos). Ganz so tief muss man für ein vollwertiges Produkt mit anständigem Support allerdings nicht in die Tasche greifen: Die Belgrader Firma MikroE bietet eine ganze Compiler-Familie für die Programmiersprachen C, Pascal und Basic an, die etwa 1300 verschiedene ARM-Mikrocontroller unterstützt und für einen überschaubaren Aufpreis auch gleich die Erstellung grafischer Benutzeroberflächen ermöglicht – fast so, wie man es von Delphi oder Microsofts Visual-Compilern für den PC kennt.

Da für diese Kleinserie ohnehin ein Touchscreen in Planung war, wurde statt des herstellereigenen oder eines Open-Source-Compilers der MikroE-Compiler gewählt; dafür sprachen neben den zahlreichen Libraries und der Unterstützung des FT800-Grafikchips von FTDI auch der angemessene Preis (etwa 300 Euro für den Compiler, 100 Euro für das Touchscreen-Plugin), die Verfügbarkeit eines guten Programmiers/Debuggers sowie von passenden ARM-Entwicklungsboards und Prozessorplatinen. Verraten Sie das nicht weiter, sonst werden die Bestände bald von einem Autohersteller aufgekauft, um die Controller auszulöten. —cm



Bei den MikroE-ARM-Compilern ist ein Editor für Touchscreen-Benutzeroberflächen integriert, er wird über ein Dongle oder einen Lizenzcode aktiviert.

Eigenbau- Drehselbank

Mal eben einen Dübel auf den passenden Durchmesser bringen, die fehlende Schachfigur ersetzen oder den defekten Griff der geerbten Kommode nachbauen? Für solche kleinen Arbeiten mit wenigen Zentimetern Durchmesser ist diese Eigenbau-Drehselbank mit Akkuschauber-Antrieb gedacht, die sich an einem Tag bauen lässt.

von Johannes Börnsen



Die folgende Bauanleitung ist darauf ausgelegt, die nötigen Zuschnitte weitestgehend im Baumarkt machen zu lassen und darüber hinaus mit einem Akkuschauber und einer Stichsäge auszukommen. Außerdem braucht man für den Bau einen 26mm Forstnerbohrer. Das klingt erstmal nach einer ungewöhnlichen Größe – da 26mm jedoch ein gängiges Maß für Topfscharniere ist, bekommt man Forstnerbohrer mit diesem Durchmesser in vielen Baumärkten und im Online-Handel ab ca. 8 Euro. Die komplette Liste der benötigten Werkzeuge steht in der Kurzinfor.

Wer eine voll eingerichtete Werkstatt sein Eigen nennen kann, wird an der einen oder anderen Stelle sicher von dieser Anleitung abweichen. Zum Einlassen der Kugellager ist beispielsweise eine Tischbohrmaschine hilfreich, damit die Bohrungen wirklich senkrecht werden. Und die Stichsäge-Schnitte werden an der Kapp- oder Tischkreissäge natürlich sauberer und schöner, für die Funktion der Drechselbank ist das jedoch unerheblich. Ich bleibe in dieser Anleitung daher bei möglichst einfachen Werkzeugen und Erklärungen.

Die meisten Materialien lassen sich im lokalen Baumarkt kaufen. Die Drechselbank besteht aus 18mm und 12mm Multiplex und Siebdruckplatte, typische Baumarkt-Stärken. Das ist zwar aktuell teurer als vor zwei Jahren, aber in der Regel formstabil, es lässt sich gut bohren, sägen und schleifen. Auf jeden Fall sollte man beim Kauf darauf achten, dass das Material nicht durch falsche Lagerung verzogen ist.

Außerdem benötigt man Kugellager mit einem Außendurchmesser von 26mm und einem Innendurchmesser von 10mm. Diese bekommt man bei den üblichen Online-Händlern im Achterpack für etwa 12 Euro. Die ausführliche Liste auch der restlichen Materialien wie Schrauben, Gewindeeinschlagmuffen und Ähnliches sowie die Zuschnittmaße für das Plattenmaterial finden Sie online über die Kurz-URL bzw. den QR-Code in der Kurzinfor.

Pläne

Ich habe diese Drechselbank in *Sketchup* gezeichnet. Die Datei können Sie ebenfalls über den Kurzinfor-Link herunterladen. Öffnen lässt sie sich mit dem kostenlosen *Sketchup Make 2017* oder einer neueren (kostenpflichtigen) Version sowie der Gratis-Browservariante *Sketchup Free*. Außerdem finden Sie online PDF-Dateien mit Maßen und Bohrschablonen für Spindelstock und Sterngriffe sowie weitere technische Zeichnungen.

Aufbau

Genau wie eine richtige Drechselbank besteht auch dieser Eigenbau aus *Bankbett*, *Spindelstock*, *Reitstock*, *Spindel* und *Werkzeugauflage* 1.

Kurzinfor

- » Eigenbau-Drechselbank mit Akkuschauber-Antrieb
- » Für gelegentliche Holzarbeiten gut geeignet
- » Nachbau ohne Spezialwerkzeug möglich

Checkliste



Zeitaufwand:
ein Tag



Kosten:
50 bis 100 Euro

Material

» Ausführliche Materialliste mit Zuschnittmaßen online siehe Link

Werkzeug

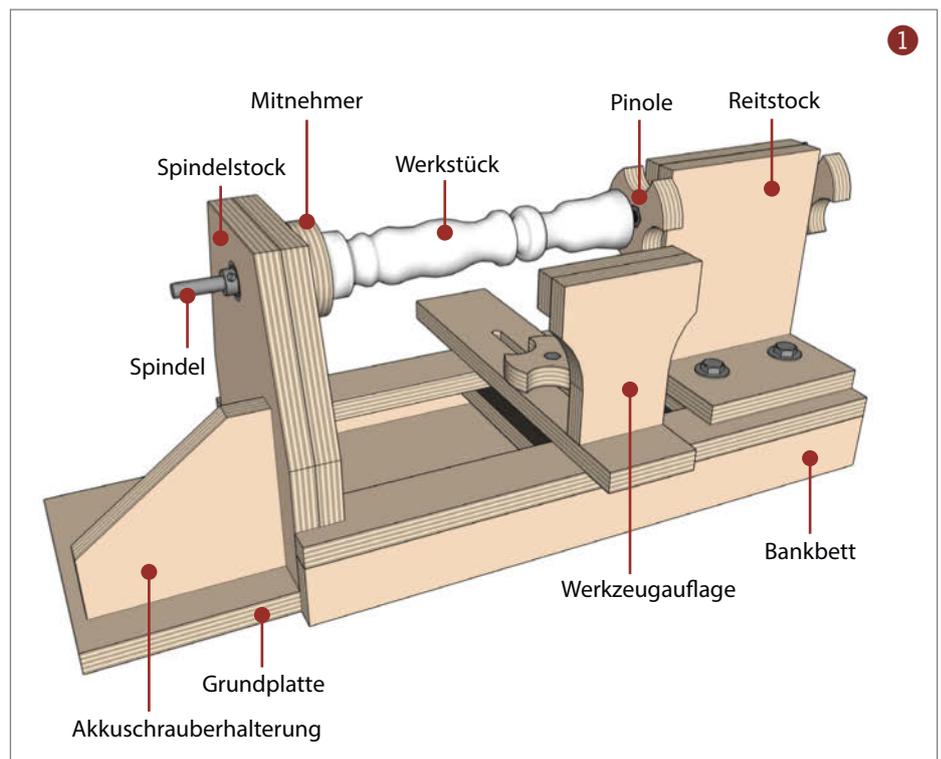
- » Stichsäge oder (Tisch)kreissäge
- » Akkuschauber für den Bau und als Antrieb für die Drechselbank
- » Bohrmaschine idealerweise mit Bohrständler oder Ständerbohrmaschine
- » Forstnerbohrer 26mm Durchmesser
- » Holzbohrer-Set verschiedene Durchmesser
- » Senker für Schraubenköpfe
- » Drechseleisen
- » Leim
- » Schleifpapier
- » Übliches Handwerkzeug etwa zum Schrauben

Mehr zum Thema

- » Tricks für Senkbohrungen gibt es in folgendem Artikel: Asa Christiana, Zwei Projekte zum Verbessern der Werkstatt, Make-Sonderheft 2020 „Loslegen mit Holz“, S. 46
- » Video: Die Drechselbank in Aktion, Details zu Spindel und Pinole



Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/x4pf





kann man auch 18V-Akkuschrauber verwenden. Diese drehen sich typischerweise schneller, was aber nur für sehr kleine Werkstücke gut funktioniert. Da die 18V-Geräte etwas größer sind, sollten Sie hierfür Spindel- und Reitstock sowie die Werkzeugauflage um einige Zentimeter erhöhen, sodass der Akkuschrauber nach unten genug Platz hat und sich senkrecht gegen die *Akkuschrauberhalterung* klemmen lässt, wie auf dem Titelbild des Artikels zu sehen. Zur Befestigung des Akkuschraubers nehme ich eine Einhandzwinde.

Zuschnitt

Im Baumarkt können Sie sich das Multiplex auf die benötigte Größe zuschneiden lassen. Allerdings sind die Plattensägen des Baumarkts auf Mindestgrößen festgelegt, die nicht unterschritten werden dürfen, meist 10cm x 25cm. Daher habe ich in der Zuschnittliste manche Teile zusammengefasst, die noch mit einer Stichsäge auf das passende Format getrennt werden müssen. Diese Schnitte liegen später immer „außen“, es gibt also keine an diese Schnitte angrenzenden Bauteile. Wenn sie also nicht ganz gerade werden, ist das nicht weiter schlimm.

Die Basis bildet das Bankbett. Auf ihm sind der Reitstock und die Werkzeugauflage verschiebbar montiert. Dadurch lässt sich das Werkstück zwischen dem fest montierten Spindelstock und dem verschiebbaren Reitstock einklemmen. Die Spindel ragt durch den Spindelstock hindurch und wird dort in einen Akkuschrauber eingespannt.

Wo möglich, verstärke ich die Schraubverbindungen zusätzlich mit Leim. Wer die Drechselbank später modifizieren möchte, verzichtet auf diesen Schritt vielleicht lieber, damit man sie demontieren und verbessern bzw. auch leichter reparieren kann.

Anders als bei einer gekauften Drechselbank verzichte ich hier auf eine in der Höhe verstellbare Werkzeugauflage – für kleine

Werkstücke ist das meiner Erfahrung nach nicht nötig. Außerdem hat die Drechselbank kein Vierbackenfutter, kein Handrad zum manuellen Drehen der Spindel und auch auf einen Morsekonus, um beispielsweise ein Bohrfutter am Reitstock befestigen zu können, müssen wir verzichten. Schalen, Stifte oder Pfeffermühlen lassen sich auf dieser einfachen Drechselbank also nicht herstellen, da sich die nötigen Zubehörteile nicht montieren lassen.

Antrieb

Als Antrieb nutze ich einen 12V-Akkuschrauber der Firma Bosch. Dieser hat zwei Geschwindigkeitsstufen (400 U/min und 1300 U/min) und genug Leistung für kleine Werkstücke. Natürlich

Grundplatte und Bankbett

Wir beginnen mit dem Bau des *Bankbetts*, welches an der *Grundplatte* verschraubt wird. Dafür müssen die beiden senkrechten und waagerechten Streifen zunächst mit der Stichsäge voneinander getrennt werden. Die Stichsäge-Schnittflächen kommen nach unten beziehungsweise außen, eine etwas ungerade Schnittführung stört nicht. Verschrauben Sie zunächst die beiden senkrechten Streifen von außen an die Grundplatte. Nun können die beiden waagerechten Streifen auf die senkrechten Streifen geschraubt werden ②.

Bohren Sie die Löcher vor und nutzen Sie den Senker, sodass die Schraubenköpfe sicher unter





dem Niveau der Materialoberfläche des Bankbetts liegen. Andernfalls würde der Reitstock und die Werkzeugauflage beim Verschieben an den Schraubenköpfen hängen bleiben.

Spindelstock

Innerhalb des *Spindelstocks* ist bei modernen Drechselbänken der Antriebsmotor verbaut. Da wir diesen durch den Akkuschauber ersetzen, brauchen wir kein Gehäuse, in dem der Antrieb unterkommen würde. Stattdessen besteht der Reitstock aus zwei aufeinander geleimten 18mm Multiplexplatten, in die von beiden Seiten ein Kugellager eingelassen wird. Die Bohrungen dafür müssen möglichst senkrecht sein und präzise gegenüber liegen, damit die Spindel nachher gerade im Spindelstock steckt. Sie finden daher über den Link in der Kurzinfo eine Bohrschablone, die Sie zweimal ausdrucken und auf die beiden Seiten der verleimten Spindelstockseiten aufkleben können.

Nun bohren Sie zunächst mit dem 26mm Forstnerbohrer die Aufnahmen für die beiden Kugellager, in denen die Spindel laufen wird **3**. Bohren Sie diese so tief, dass die Kugellager bündig in der Spindelstockplatte verschwinden. Anschließend bohren Sie mit einem 11mm Bohrer eine Durchgangsbohrung von Kugellager zu Kugellager. Dazu setzen Sie den Bohrer mit seiner Zentrierspitze in der Mitte der Forstnerbohrung an. Durch diese Bohrung wird später die Spindel gesteckt.

Die Spindelstockplatten können im Prinzip einfach rechteckig bleiben. Bringt man sie aber mit der Stichsäge noch in Form, sind sie später beim Drehseln weniger im Weg. Der Spindelstock wird nun mit dem Bankbett und der Grundplatte verschraubt **4 5**.

Die *Akkuschauberhalterung* muss so am Spindelstock befestigt werden, dass der Akkuschauber an ihr festgeklemmt werden kann, wenn die Spindel im Akkuschauber ein-

gespannt ist. Probieren Sie hier etwas aus, am besten, wenn die Spindel montiert ist. Die genaue Position hängt vom jeweiligen Akkuschauber und der Befestigung ab.

Reitstock und Werkzeugauflage

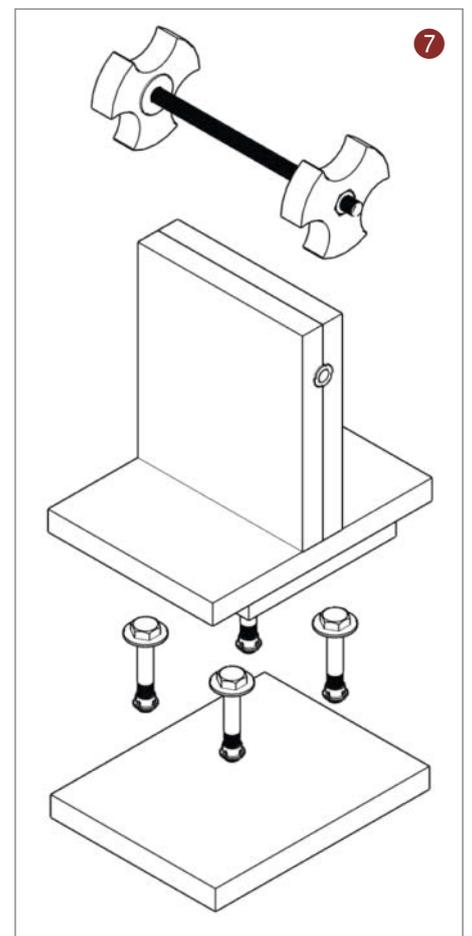
Um unterschiedlich lange Werkstücke zwischen der Spindelspitze und der Reitstockspitze einklemmen zu können, lässt sich der *Reitstock* auf dem Bankbett verschieben. Dafür baue ich diesen gemäß der Bilder **6** bis **8** zusammen. Um den Reitstock am Bankbett zu fixieren, nutze ich ein Stück Siebdruckplatte mit vier Gewindeeinschlagmuffen, welches mit seiner rauen Seite an vier M10-Schrauben nach oben gezogen wird und so das Bankbett einklemmt.

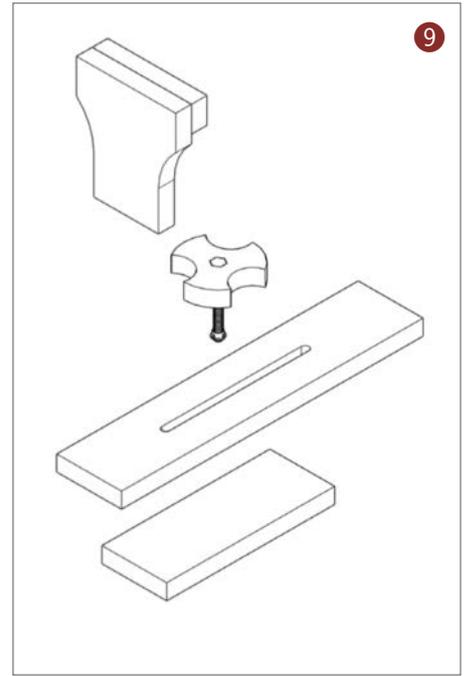
Als *Pinole*, sprich Drehzentrum gegenüber der Spindel, nutze ich eine M10-Gewindestange. Sie läuft durch eine 12mm Bohrung durch den Reitstock, die mit dem Zentrum der Spindelkugellager fluchtet. An beiden Enden steckt sie in einer Einschlaggewindemuffe und kann mit zwei Sterngriffen (die Schablone dafür gibt es ebenfalls über den Kurzinfo-Link), in die ich jeweils eine Mutter einlasse, am Reitstock fixiert werden. Dadurch lässt sich das zu drehende Werkstück nachher zwischen der Spindel und der Pinole einspannen.

Die *Werkzeugauflage* wird nach dem selbem Prinzip am Bankbett fixiert **9**. Hier baue ich aus einem Multiplex-Rest einen Sterngriff für die M8-Sechskantschraube, da man die Werkzeugauflage während des Drehselns immer wieder verstellen muss. Den senkrechten Teil bringe ich mit der Stichsäge in Form und glätte die Schnitte mit Schleifpapier. Die Auflagefläche der Werkzeugauflage sollte ein paar Millimeter über den Spitzen der Spindel liegen.

Wer hier etwas mehr Aufwand treiben möchte, baut die Werkzeugauflage höhen-

verstellbar oder baut mehrere Auflagen in unterschiedlichen Höhen. Je nachdem mit welchem Drechseisen man zu Werke geht, sollte man die Werkzeugauflage entsprechend anpassen, um einen sauberen Schnitt zu erhalten und die Rückschlaggefahr zu verringern. Alternativ reicht auch eine aufgeklebte, auswechselbare Hartholzleiste, um die nötige Höhe zu erreichen.





Um den Abstand zum Werkstück einstellen zu können, ist die Grundplatte mit einem Schlitz versehen. Dafür bohre ich jeweils an den Enden des Schlitzes ein 9mm großes Loch und verbinde die beiden Löcher mit der Stichsäge **10**. Ein wenig Schleifpapier glättet die Sägeflächen, sodass sich die Werkzeugauflage leicht verschieben lässt.

Spindel, Pinole und Mitnehmer

Als *Spindel* dient eine M10-Schraube. Mit der Metallsäge entfernen wir den Kopf und fixieren sie mit zwei Bohrtiefenbegrenzern auf beiden Seiten so im Spindelstock, dass das Gewinde-Ende in Richtung Werkstück aus dem Spindelstock ragt und das andere Ende

gut in den Akkuschauber eingespannt werden kann. Nun können wir die Drechselbank das erste Mal in Betrieb nehmen – und begehen sofort ein Sakrileg und drehen Metall! Wir spannen das glatte Ende der M10-Schraube in den Akkuschauber, fixieren diesen mit einer Einhandzwinde an der Akkuschauberhalterung, schalten ihn ein und bringen so die Schraube auf Drehzahl.

Nun können Sie das Gewinde-Ende der Schraube so kürzen, dass es etwa 20mm über den rechten Bohrtiefenbegrenzer ragt und anschließend mit der Feile anspitzen **11**. Stellen Sie dabei die Drehrichtung so ein, dass die Feile von Ihnen weggezogen wird, falls sie sich verhaken sollte.

Tipp: Ich nutze für Dauerbetrieb des Akkuschaubers eine Federzwinde, mit der ich den

Einschalter fixiere. Im Notfall kann die Zwinde einfach weggedrückt oder -geschlagen werden, dann geht der Akkuschauber aus.

Für den *Mitnehmer* (der heißt so, weil er später das zu drehende Werkstück mitnimmt und in Rotation versetzt) sägen Sie ein etwa 7cm x 7cm großes Plättchen aus den Multiplex-Resten zu, machen mit dem Forstnerbohrer eine Senkung in der Mitte, so dass eine M10-Mutter darin verschwinden kann, bohren mit einem 9mm Bohrer mittig ganz durch **12** und schrauben anschließend Mutter und Plättchen auf das Gewinde der Spindel **13**. Nun können Sie mit Ihrer Drechselbank das erste Mal drehen und machen das Plättchen rund **14** **15**. Nutzen Sie dazu die Werkzeugauflage. Stellen Sie diese so dicht es geht an das Plättchen heran, ohne



dass dieses gegen die Werkzeugauflage anstößt.

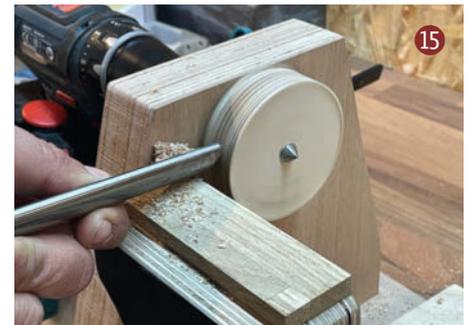
Stellen Sie den Akkuschrauber auf die niedrige Drehzahl und tasten Sie sich mit dem Drechselwerkzeug langsam an das Werkstück heran. Wenn es rund ist, demontieren Sie es wieder und schrauben von der Spindelstockseite zwei Holzschrauben so durch das Plättchen, dass sie auf der Rückseite ca. 5 Millimeter herausragen und das spätere Werkstück greifen und mitnehmen. Der fertige Mitnehmer ist bereits auf Bild 6 zu sehen.

Drechseln

Um einen Drechselrohling in die Drechselbank einzuspannen, markiert man auf beiden Seiten die Mitte des Werkstücks. Falls erforderlich, passt man die Position des Reitstocks im Bankbett an, dann spannt man den Rohling in die Drechselbank ein, indem man die Pinole mit dem äußeren Sterngriff zum Werkstück hin dreht. Dadurch drücken sich die beiden Mitnehmer-Schrauben auf Seite der Spindel in das Werkstück. Dieses spanne ich nun noch einmal aus und bohre an den Abdrücken der Mitnehmer mit einem 3mm Holzbohrer so tief in das Werkstück, dass die Mitnehmerschrauben sicher in diese Löcher greifen können. Nun kann das Werkstück wieder eingespannt werden und das Drechseln beginnen.

Da die selbstgebaute Drechselbank über keine mitlaufende Spitze am Reitstock verfügt, sollten regelmäßige Pausen zum Abkühlen der Spitze gemacht werden. Darüber freut sich ganz sicher auch der Akkuschrauber, der in der Regel nicht für Dauerbetrieb ausgelegt ist.

Ein echter Drechselkurs ist im Rahmen dieses Artikels natürlich nicht möglich. Ich zeige



aber im Video (Link in der Kurzinfo) das Einspannen des Werkstücks sowie das Drechseln auf der selbstgebauten Drechselbank. Auch der Aufbau der Spindel und der Pinole ist dort zu sehen. Zudem verrate ich einen Trick, wie man auch Werkstücke einspannen kann, deren Durchmesser zu klein für den Mitnehmer ist.

Weiter drehen

Natürlich lässt sich an solch einer Drechselbank immer noch etwas verbessern. Man könnte über einen Riemen beispielsweise

einen alten Waschmaschinenmotor statt des Akkuschraubers als Antrieb nutzen. Die nötigen Riemenscheiben können Sie auf der Drechselbank fertigen. Auch wären Sterngriffe für die Fixierung des Reitstocks nützlich, um nicht immer eine Ratsche nutzen zu müssen. Wenn Sie gute Ideen haben, freuen sich die Make-Redaktion und ich über ein Foto per Mail. Für den grundsätzlichen Einstieg ins Drechseln gibt es übrigens auch gute Videos auf YouTube. Ein paar haben wir unter dem Link in der Kurzinfo versammelt. Und jetzt viel Spaß beim Bauen und Drechseln! —pek

TECHNIKUNTERRICHT MACHT ENDLICH SPAß!



Make:Education

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



Für alle weiterführenden Schulen



Fächerübergreifend



Digital zum Downloaden



Monatlicher Newsletter

Jetzt kostenlos downloaden:

make-magazin.de/education

Eigenbau-Bandschleiferhalter

Ob als Akkugerät oder mit Kabel – ein handlicher Bandschleifer macht sich in der Werkstatt als motorisierte Feile nützlich. So ein Maschinchen wird allerdings noch vielseitiger, wenn man es im Handumdrehen fest einspannen und Werkstücke an einem Anschlag entlangführen kann. Die passende Halterung dafür kann man sich leicht selber bauen.

von Hermann Dengler



Einen Bandschleifer habe ich mir aus zwei Gründen angeschafft: Zum einen ist der Bandschleifer praktisch als elektrische Feile zur Bearbeitung von Holz- und Kunststoffteilen. Im Gegensatz zu Flächenschleifern wie Schwingschleifer oder Tellerschleifer können auch kleine Nuten und Aussparungen bearbeitet werden. Der zweite und wichtigere Grund für mich ist die Bearbeitung von Objekten aus dem 3D-Drucker. Diese sind bei mir in der Regel kleinformig, im Bereich von 10 – 15cm in Länge, Breite oder Höhe, aber oft auch kleiner. Dabei arbeite ich in der Regel die Oberflächen nach und entferne die *Brim*-Reste um die Objekte.

Zunächst war mein Plan, dass ich die zu bearbeitenden Teile in den Schraubstock einspanne, um diese dann mit dem Bandschleifer zu bearbeiten. In der Praxis musste ich dann feststellen, dass eine umgekehrte Vorgehensweise zielführender ist – also Bandschleifer fixieren und Werkstücke per Hand an das Schleifband bringen. Das Gefühl für die richtige Auflage des Schleifbandes auf dem Werkstück wird dadurch wesentlich verbessert.

Vom Hersteller des Bandschleifers, der Firma *Proxxon*, kann man zwar eine Halterung kaufen, um den Bandschleifer einzuspannen, aber eine Auflage des Werkstückes bietet diese nicht. Deshalb habe ich mir eine Halterung aus Siebdruckplatten gebaut, in die ich den Bandschleifer einbauen kann. Diese Halterung ist mit einer Auflage ausgestattet, bei der der Anstellwinkel zum Schleifband verstellbar ist. Die Halterung selbst wird wiederum in den Schraubstock eingespannt.

Nachdem mir dieser Zusatz zur Verfügung steht, haben sich die Anwendungen und Einsätze des Bandschleifers vervielfacht. Nicht nur gedruckte Teile, auch andere kleinere Werkstücke lassen sich so optimal bearbeiten. Wie der Bandschleifer in der Praxis in die Halterung hineinkommt, sieht man im Video zum Artikel (siehe Link in der Kurzinfor).

Kurzinfor

- » Halterung für *Proxxon*-Bandschleifer BS/E selber bauen
- » Kleine Werkstücke besser mit der Maschine bearbeiten
- » Verstellbarer Werkstückanschlag aus dem 3D-Drucker mit Aluminiumauflage

Checkliste



Zeitaufwand:

4 bis 5 Stunden



Kosten:

15 bis 20 Euro (ohne Bandschleifer)



3D-Druck:

Druck von zwei kleinen Werkstücken aus PLA

Material

- » Siebdruckplatte, Multiplex oder Sperrholz 15mm dick, Zuschnitte siehe Teileliste
- » Aluminiumplatte 4mm dick, Zuschnitte siehe Teileliste
- » Holzschrauben 9 Stück 4 × 30mm Senkkopf
- » Holzschrauben 4 Stück 2,5 × 15mm Rundkopf
- » Flügelschraube M4 × 20mm
- » Maschinenschraube M4 × 50mm mit Mutter für die Anschlagsachse
- » Maschinenschraube M3 × 10mm für die Anschlagfixierung
- » PLA für den 3D-Druck
- » Holzleim und Sekundenkleber

Mehr zum Thema

- » Tricks für Senkbohrungen gibt es in folgendem Artikel: Asa Christiana, Zwei Projekte zum Verbessern der Werkstatt, Make-Sonderheft 2020 „Loslegen mit Holz“, S. 46
- » Ulrich Schmerold, Gewindeschneiden in Metall, Make-Sonderheft 2021 „Loslegen mit Metall“, S. 44
- » Hermann Dengler, Metalle fräsen, Make-Sonderheft 2021 „Loslegen mit Metall“, S. 148
- » Video: Einspannen des Bandschleifers in die gezeigte Vorrichtung



Werkzeug

- » Tischkreissäge oder Stichsäge
- » Bügelsäge für Metall
- » Bohrmaschine
- » Fräsmaschine optional
- » 3D-Drucker
- » Schraubzwingen
- » Spiralbohrer 4,5mm, 3mm, 2,5mm und 1,5mm
- » Holzbohrer 10mm
- » Schaftfräser 10mm (optional)
- » Gewindebohrer M3 und M4
- » Senker, Feile, Schraubenzieher

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/x5hb



Bauanleitung Schritt für Schritt

Als Baumaterial habe ich eine Siebdruckplatte mit einer Dicke von 15mm gewählt. Die Werkstückauflage ist mit dem 3D-Drucker aus PLA gedruckt. Zusätzlich besitzt die Auflage eine Platte aus aufgeklebtem Aluminium. Der Haltebügel besteht ebenfalls aus Aluminium und besitzt zur Befestigung des Bandschleifers eine Flügelmutter-schraube.

Anstelle der Siebdruckplatte kann auch Multiplex oder Sperrholz verwendet werden. Es wäre auch eine Plattendicke von zum Beispiel 13mm möglich, so kann für dieses Projekt also durchaus Restmaterial aus der

Werkstatt zum Einsatz kommen. Bei Bandschleifergeräten anderer Hersteller sind unter Umständen Anpassungen der Konstruktion an die abweichenden Gerätemaße erforderlich.

Zuschnitt und Oberplatte

Zunächst werden die Bauteile **A – E** gemäß der *Teileliste* zugeschnitten. Am besten gelingt dies mit einer Tischkreissäge. Mit einer Stichsäge ist dies auch möglich, wobei die Rechtwinkligkeit der Schnitte häufig nicht

exakt gegeben ist. Eine Nachbearbeitung mittels Feile ist dann oft unumgänglich.

Im nächsten Schritt wird die *Oberplatte* bearbeitet. Die Maße für die Bohrungen und Ausschnitte zeigt die Abbildung ①.

Die U-förmige Aussparung für den Bandschleifer gelingt am einfachsten mittels Fräsmaschine unter Verwendung eines Schaftfräasers mit 10mm Durchmesser. Vorher können alle Bohrlöcher und auch die Aussparungen mittels Reißnadel angezeichnet werden. Wird als Grundmaterial Multiplex oder Sperrholz verwendet, ist eine Anzeichnung mit Bleistift

Teileliste

Position	Bezeichnung	Material	Abmessungen L x B (mm)
A	Oberplatte	Siebdruckplatte	174 x 102
B	Halteplatte	Siebdruckplatte	90 x 43
C	U-Halter links	Siebdruckplatte	66 x 69
D	U-Halter Mitte	Siebdruckplatte	48 x 69
E	U-Halter rechts	Siebdruckplatte	66 x 69
F	Auflage	PLA, 3D-Druck-Teil	
G	Fixierbügel	Aluminium	74 x 20, 4mm dick
H	Flügelsschraube	Stahl, Kunststoff	M4 x 20
I	Ständer	PLA, 3D-Druck-Teil	
J	Auflageplatte	Aluminium	60 x 40, 4mm dick

oft besser zu sehen. Steht keine Fräsmaschine zur Verfügung, werden zunächst an den U-Ecken Löcher mit Durchmesser 10mm gebohrt und dann das U mittels Stichsäge ausgesägt. Bei dieser Arbeitsweise wird ebenfalls eine Nachbearbeitung mittels Feile notwendig.

Die Bohrlöcher für die Senkschrauben werden mit einem 4,5mm-Spiralbohrer gebohrt. Die Tiefe der Senkbohrungen richtet sich nach dem Durchmesser der Köpfe der verwendeten Senkschrauben.

Die Bohrungen zur Befestigung der *Auflage* sind in der Abbildung ① noch nicht zu sehen, sie folgen später.

U-Halterung und Halteplatte

Weiter geht es mit der *U-Halterung*, bestehend aus den Teilen *U-Halter links/Mitte/rechts*; Positionen **C – E** aus der Teileliste. Maße und Zusammenbau zeigt Abbildung ②.

Zunächst werden auch hier die Löcher für die Schrauben mit dem 4,5mm-Spiralbohrer gebohrt sowie die Senklöcher mit dem Senkbohrer – je zwei Schrauben 4 x 30mm fixieren später die beiden Seitenteile **C** und **E** am Mit-

telteil **D**. Um ein Aufplatzen der Platten durch die Holzschrauben zu vermeiden, muss auf jeden Fall auch in den Schmalseiten des Teils **D** vorgebohrt werden. Dazu einen Spiralbohrer mit 2,5mm Durchmesser verwenden. Zur Verbesserung der Stabilität kann zusätzlich zur Schraubverbindung geleimt werden. Geeignet ist dafür Holzleim, beispielsweise Ponal. Unbedingt erforderlich ist die Leimung aber nicht.

Die zusammengesetzte *U-Halterung* wird zunächst mittels Schraubzwinde an ihrer Position unter der *Oberplatte* fixiert. Dann kann man von oben die Positionen der Schraublöcher kennzeichnen oder – bei guter Fixierung – auch direkt vorbohren. Die *U-Halterung* wird dann mit drei weiteren Holzschrauben 4 x 30mm von oben durch die *Oberplatte* angeschraubt.

Anschließend montiert man die *Halteplatte*, Position **B**. Sie wird von oben durch die *Oberplatte* mit zwei weiteren Schrauben 4 x 30mm befestigt – durch jene beiden Löcher, in denen auf Abbildung ② bereits Schraubenköpfe zu erkennen sind. Auch für diese Schrauben muss man in den Schmalseiten der *Halteplatte*

Löcher mit 2,5mm vorbohren. Dann (optional) Leim angeben und die *Halteplatte* unter die *Oberplatte* schrauben.

Auflage

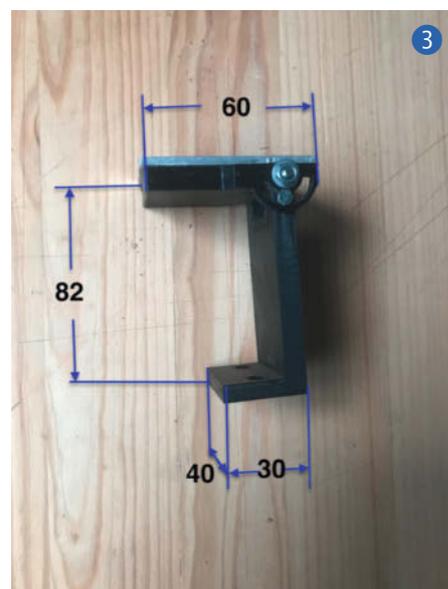
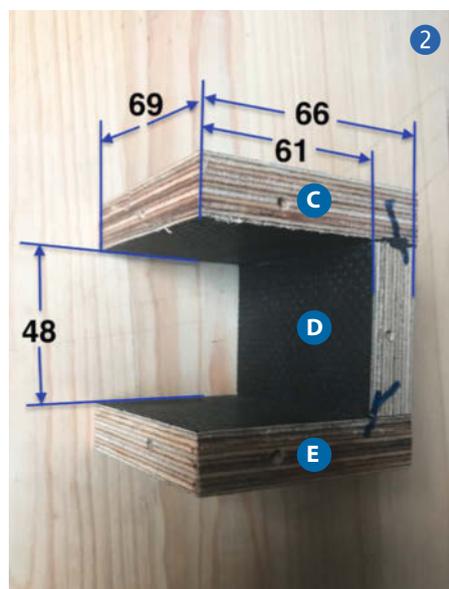
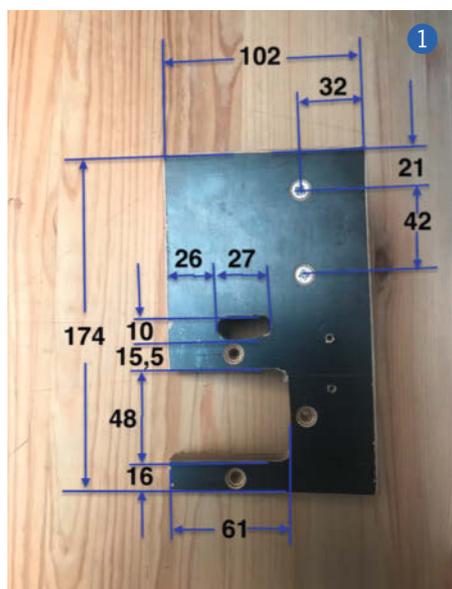
Auf die *Auflage*, bestehend aus den Positionen **F, I** und **J**, sollte keinesfalls verzichtet werden ③. Sie ist für die optimierte Handhabung des Bandschleifers entscheidend!

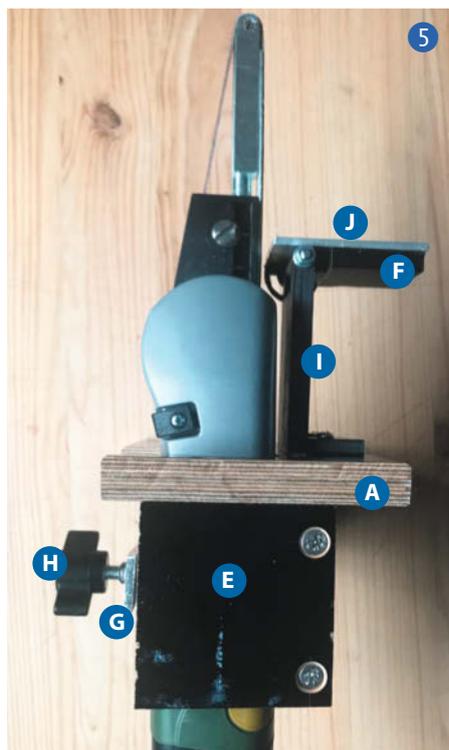
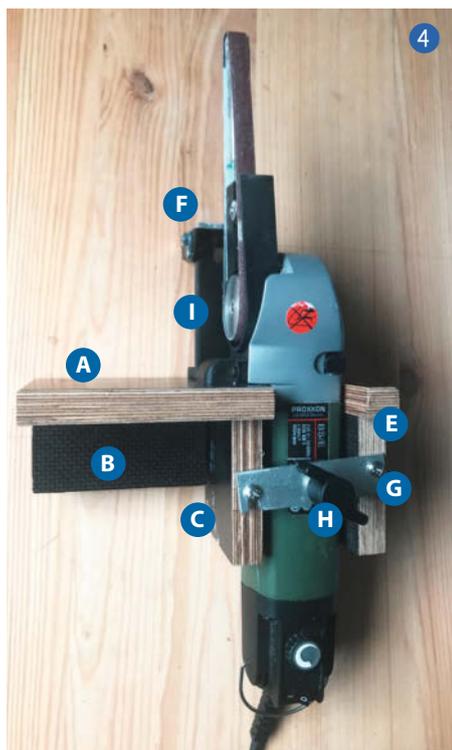
Die Teile mit den Positionsnummern **F** und **I** kommen aus dem 3D-Drucker, die STL-Vorlagen bekommt man über den Link in der Kurzinfor zum Download. Verwendet habe ich PLA bei einer Temperatur von 210°C und einer Schichtdicke von 0,15mm, Füllgrad 50%. Steht kein 3D-Drucker zur Verfügung, kann die *Auflage* auch aus Sperrholz (Dicke 6mm) gebaut werden.

Die *Auflageplatte* (Position **J**) wird aus Aluminium ausgesägt und an den Kanten gefeilt. Mittels Sekundenkleber wird sie dann befestigt. Die Aluplatte verbessert die Gleitfähigkeit des zu bearbeitenden Werkstückes auf der Auflage.

Die *Auflage* kann in ihrem Winkel zum Schleifband verstellt werden. Die Löcher für die Schrauben in den gedruckten Teilen müssen nachgebohrt werden: die Bohrungen für die Achse zum Schwenken des Anschlags in den Teilen **F** und **I** mit 4,5mm-Bohrer, die Bohrungen in Teil **I** für die Befestigungslöcher auf der *Oberplatte* mittels 3mm-Bohrer und im selben Teil das Loch für die Schraube, die den Anschlag fixiert, mit 2,5mm. In dieses Loch schneidet man mit dem Gewindebohrer ein Gewinde M3 ein.

Dann kann die *Auflage* mit der Maschinenschraube M4 x 50 samt Mutter zusammengeschaubt werden, die als Achse die beiden Teile aus dem 3D-Drucker verbindet. Zum Fixieren des Winkels dient die Schraube M3 x 10mm, für gerade das Gewinde geschnitten wurde.





Anschließend befestigt man die *Auflage* auf der *Oberplatte*. Dazu wird sie an die geeignete Position gestellt (siehe Abbildungen 4 und 5) und man reißt dann die Schraublöcher an. Mit 1,5mm-Spiralbohrer vorbohren und anschließend mit Holzschrauben 2,5 x 15mm festschrauben.

Fixierbügel

Zur Fixierung des Bandschleifers in der Halterung dient der *Fixierbügel* (Position G, Abbildung 6). Am einfachsten wird der Bügel aus Aluminium-Bandmaterial 20mm x 4mm hergestellt. Vom Bandmaterial wird ein Stück der Länge 74mm abgesägt. Die Stirnflächen bearbeitet man mit der Feile nach.

Zur Aufnahme der Flügelschraube wird ein Gewinde M4 mittig angebracht. Dazu wird mit dem 3mm-Bohrer vorgebohrt und dann mit dem Gewindebohrer M4 das Gewinde geschnitten. Auf beiden Seiten mit Abstand von 7,5mm eine Bohrung von 4,5mm Durchmesser anbringen. Dann auf einer Seite mit der Metallsäge zur Bohrung hin einen Schlitz einsägen und mit der Feile nachbearbeiten. Zuletzt wird der Bügel auf der rechten Seite mittels 2,5mm-Holzschraube so festgeschraubt, dass er sich noch bewegen lässt. Auf der linken Seite wird eine identische Holzschraube so gesetzt, dass der Schlitz des Bügels dort einrasten kann. Jetzt die Flügelschraube einsetzen und fertig ist die Halterung.

Wenn man will, kann zwischen dem Gehäuse des Bandschleifers und dem Schraubenfuß ein Holz- oder Kunststoffplättchen gelegt werden, damit sich der Anpressdruck besser verteilt.

Zusammenbau

Der Bandschleifer wird, wie auf den Abbildungen 4 und 5 zu sehen, bei offenem *Fixierbügel* in die Halterung eingesetzt. Der Absaugstutzen muss dabei in die dafür vorgesehene Öffnung (Langloch) der *Oberplatte* einrasten. Hier ist eventuell noch Nachbearbeitung mittels Feile notwendig. Den *Fixierbügel* schließen und das Ganze an der *Halteplatte* in den Schraubstock einspannen, wie auf dem Titelbild des Artikels zu sehen. Der Bandschleifer ist jetzt einsatzbereit. —pek

WIR MACHEN KEINE WERBUNG. WIR MACHEN EUCH EIN ANGEBOT.



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 RC-Quadrocopter.

ct.de/angebot +49 541/80 009 120 leserservice@heise.de

Farb-3D-Drucker

Mehrfarbig drucken, welcher Besitzer eines 3D-Druckers möchte das nicht? Geräte, die das können, sind aber meist recht teuer. Dieses Projekt baut einen normalen Creality Ender 3 für etwa 20 Euro Kosten zu einem 7-Farb-Drucker um.

von Heinz Behling

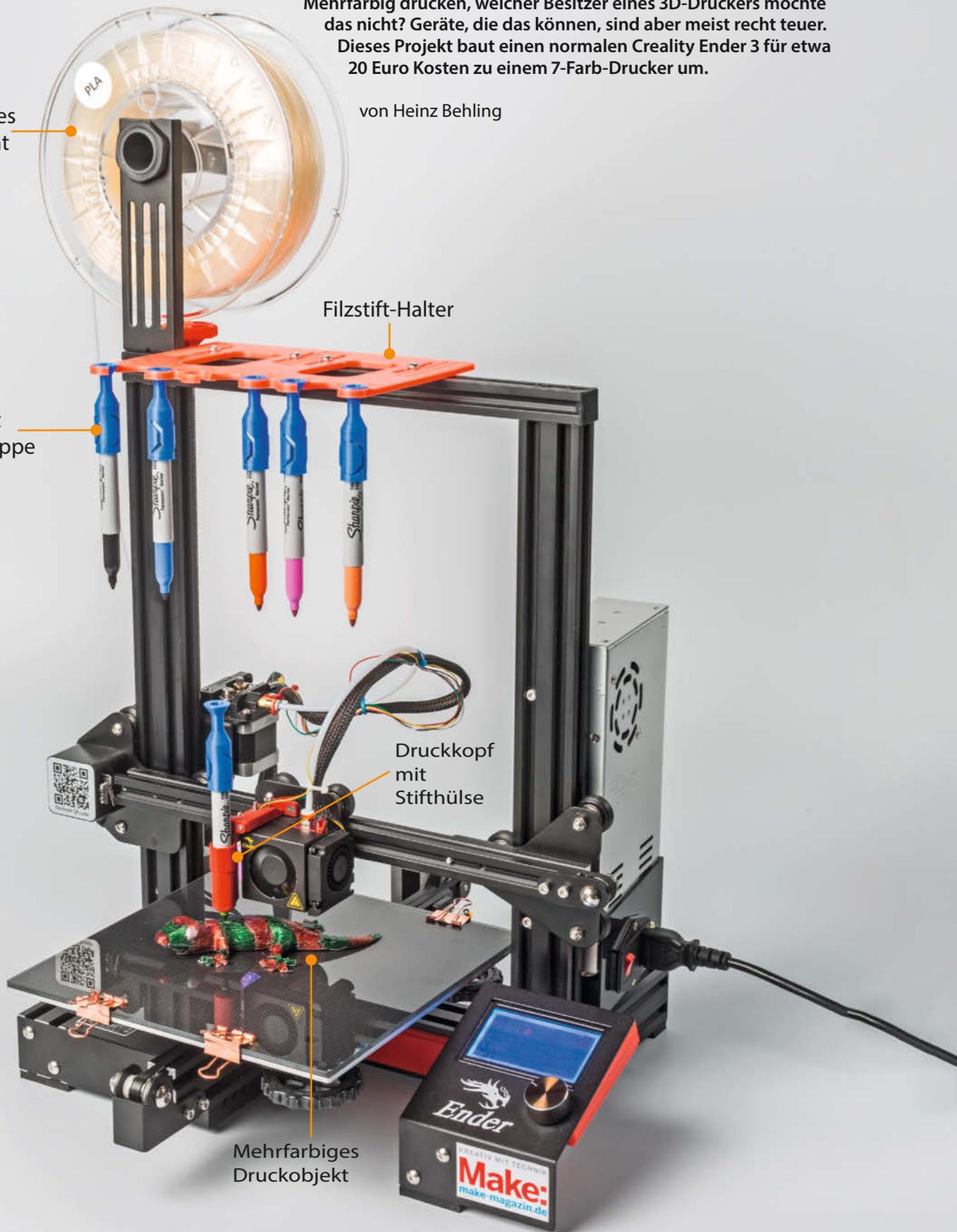
Transparentes PLA-Filament

Filzstift-Halter

Stift mit Haltekappe

Druckkopf mit Stifthülse

Mehrfarbiges Druckobjekt



Ausgangspunkt für diesen Artikel ist das GitHub-Projekt *3DPrintColorizer* von *Sakati84*. Seitdem ich mir das kurze Video mit dem beeindruckenden Farbwechsel-Mechanismus angeschaut hatte, faszinierte es mich und ich beschloss es nachzubauen. Das Projekt benutzt einen handelsüblichen *Crealty Ender3*, der mit transparentem, farblosen Filament druckt. Nach jeder Druckschicht wird diese per Filzstift eingefärbt. Bis zu sieben Farben sind möglich: sechs per Filzstift erzeugte plus die Grundfarbe des Filaments. Eines sei aber vorweg gesagt: Das Projekt ist mehr ein *Proof of Concept*, mit dem man nicht von Anfang an perfekte Ergebnisse erwarten darf, sondern noch viel Arbeit in die Feinjustierung bei den Druckereinstellungen stecken muss.

Die Filzstifte hängen in einer Halterung, die am oberen Querträger des Druckers sitzt (siehe Titelbild des Artikels). Nach dem Druck eines Layers holt sich der Druckkopf den jeweils passenden Filzstift aus der Halterung. Dazu sitzt am Druckkopf eine passende Stiftaufnahme. Gesteuert wird dies durch G-Code-Befehle, die ein Cura-Plug-in beim Slicen in die Steuerdatei für den Drucker automatisch einfügt.

In Cura wird dazu ein neuer Filamentdrucker angelegt, der über sieben virtuelle Extruder (einen für jeden Stift plus einen für farblosen Druck) verfügt. Das Druckobjekt muss in Teilen nach Farben getrennt gespeichert worden sein. Die einzelnen Teile werden dann vor dem Slicen den Extrudern zugeordnet. Für erste Versuche gibt es auf Thingiverse eine Reihe von Multicolor-Projekten, die man drucken kann (Adressen siehe Kurzinfo-Link) **1**.

Im Folgenden zeige ich Ihnen, wie Sie dieses Projekt aufbauen und was zu beachten ist, um brauchbare Resultate zu erzielen.

Mechanik einbauen

Zunächst einmal müssen die Stifthalterung und die Kappen für die einzelnen Stifte gedruckt werden **2**. Diese Kappen sitzen später am oberen Ende der Filzstifte. Mit ihnen werden die Stifte in die Halteplatte eingehängt. Gedruckt wird ohne Stützen. Die Kappen unbedingt aufrecht drucken, sonst passen sie später nicht richtig auf die Stifte.

Außerdem brauchen wir die Stiftaufnahme für den Druckkopf. Dafür gibt es verschiedene Versionen. Hat Ihr Ender 3 bereits einen BLTouch-Sensor, dann brauchen Sie lediglich eine der Stifthülsen **3**.

Ich empfehle, trotzdem alle zu drucken und die richtige anschließend herauszusuchen, da die benötigte Länge der Haltearme und die Höhe der Hülse von der Befestigung des Sensors am Druckkopf abhängt. Das kann man im Prinzip zwar vor dem Druck ausmessen, aber die Erfahrung hat gezeigt, dass dann die Hül-

Kurzinfo

- » Einfärben layerweise per Filzstift
- » Automatischer durch Cura-Plug-in gesteuerter Filzstiftwechsel
- » Tipps zum optimalen Farbdruck
- » Slicen mehrfarbiger Druckobjekte

Checkliste

-  **Zeitaufwand:**
1 bis 2 Stunden (reine Umbauzeit)
-  **Kosten:**
20 Euro

Material

- » Permanent-Filzstifte *Sharpie 75846* oder *Amazon Basics Permanent Marker*
- » M4-Schrauben mit Profilmuttern passend zum Alu-Profil des Druckers
- » Druckfilament *Amazon Basics PLA transparent*

Werkzeug

- » Schraubendreher

Mehr zum Thema

- » Peter König und Heinz Behling: Versteckte Cura-Funktionen, *Make* 1/19, S. 90
- » Peter König: Der richtige Dreh mit dem eigenen 3D-Drucker, *Make* 1/15, S. 108

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xn86

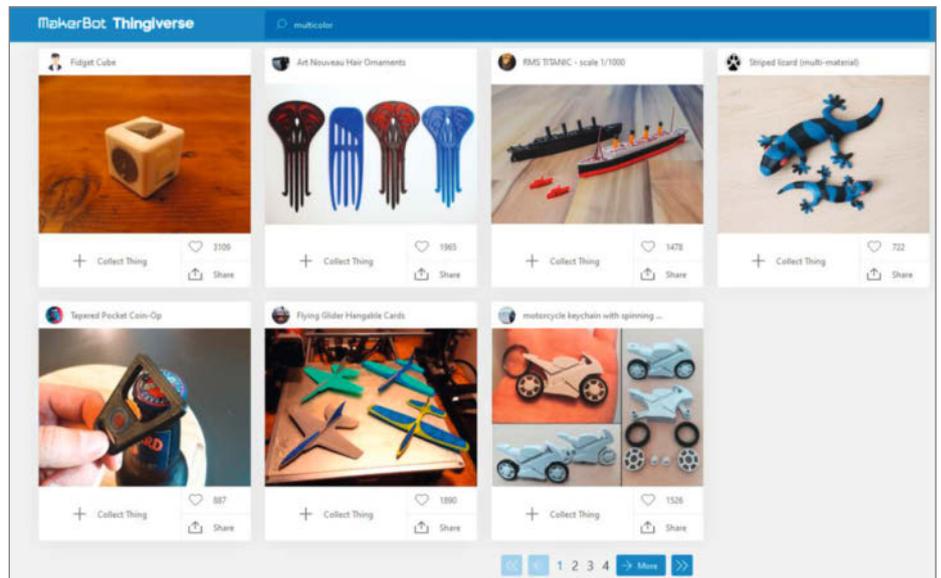


sen meist mit anderen Teilen des Druckkopfes kollidieren. Der Durchmesser der Hülsen muss sehr genau zu den benutzten Stiften passen, sonst wackeln die Stifte entweder später beim Malen zu stark und ihre Spitzen treffen nicht exakt das, was sie anmalen sollen. Oder die Stifte rutschen nicht komplett bis zum Anschlag in die Hülse, sodass die Spitzen nicht unten heraussehen. Falls Sie also die billigeren *Amazon-Basics*-Stifte benutzen: Die haben einen etwas anderen Durchmesser als

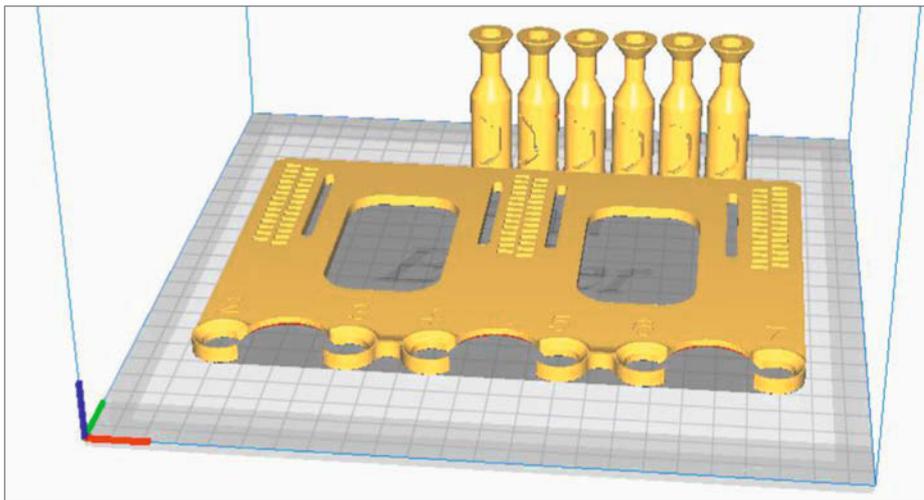
die *Sharpies* und brauchen dementsprechend auch andere Hülsen. Auch dafür gibt es Druckdateien im Download.

Falls Ihr Ender noch keinen solchen BLTouch-Sensor besitzt: Hier wird die Sache einfacher, da es ein Set aus Hülsenhalter und dazu passender Stifthülse gibt **4**.

Auch dieses Set gibt es jeweils in einer Version für die Sharpie- und die Amazon-Stifte. Der ist übrigens auch geeignet, später einmal ein BLTouch aufzunehmen. Oder falls bereits



1 Auf Thingiverse findet man unter dem Stichwort „multicolor“ einige mehrfarbige Druckobjekte.



2 Die Kappen unbedingt aufrecht und ohne Stützstrukturen drucken.



3 Die Stiftaufnahmen für Drucker mit BLTouch-Sensor variieren in Höhe und Länge.



4 Für Drucker ohne BLTouch-Sensor gibt es eine andere Druckdatei.

einer vorhanden ist, können Sie auch den bisherigen Sensorhalter durch diesen ersetzen.

Da mein Ender 3 bereits ein BLTouch hat, benutze ich lediglich eine der Stifthülsen aus Bild 3. Die beiden Schrauben des Sensors lösen, die geeignete Hülse auflegen und wieder festschrauben. Die geeignete Hülse ermittelt man so: Stift ohne Kappe in die Hülse stecken und den Druckkopf von Hand nach unten führen, bis die Spitze des Stifts das Druckbett berührt. Dann sollte die Spitze der Düse etwa

4mm über dem Druckbett stehen. Falls nicht, andere Hülsenlänge probieren.

Nach der Stifthülse kommt die Halteplatte am oberen Querholm des Druckers dran. Sie wird mit vier M4×10-Schrauben befestigt. Dazu müssen Muttern in die Nut des Querholms eingesetzt werden. Am einfachsten geht das, wenn man die beiden Schrauben herausdreht, die den Querholm mit einem der senkrechten Profile verbinden, und die Mutter von der Seite her hineinschiebt. Die genaue Positionierung ist

etwas hakelig, aber mit ein wenig Geduld zu schaffen. Danach die beiden zuvor entfernten Schrauben wieder einsetzen! Die Schrauben der Halteplatte noch nicht festziehen, diese muss erst ausgerichtet werden.

Dazu einen Stift in die Stifthülse am Druckkopf stecken. Am oberen Ende muss der gedruckte Stifthalter sitzen (den Stift so weit wie möglich hineinschieben). Nun den Druckkopf und die Halteplatte von Hand so positionieren, dass der Stift wie in Bild 5 sitzt. Jetzt die linke Schraube der Halteplatte leicht anziehen.

Dann das Spiel auf der rechten Seite der Halteplatte wiederholen 6. Anschließend noch mal die erste Position kontrollieren. Erst wenn der Stift an beiden Seiten der Halteplatte zentriert in der jeweiligen Stifthalterung sitzt, ziehen Sie die Schrauben der Halteplatte fest.

Maße ermitteln

Damit Cura, oder genauer das noch zu installierende Plug-in, später den Druckkopf genau auf die Stifte positionieren kann, braucht es noch einige Maße: den Versatz der Stifthülse zur Düsen Spitze sowie die X- und Z-Position des ersten (linken) Stifts. Übrigens: Auf der Halteplatte sind Nummern bei den Stifthalterungen angebracht. Wundern Sie sich nicht, dass die erste Halterung die Nummer 2 hat. Diese Nummern werden später für die virtuellen Extruder verwendet. Und da ist die Nummer 1 für den Extruder vorgesehen, der ohne Farbe druckt, also auch keinen Stift braucht!

Zur Ermittlung der Maße brauchen wir ein kleines Hilfsmittel: Es besteht aus einer spitz zulaufenden, etwa 2cm langen Schraube und etwas Klebeband. Diese Schraube wird mit dem Klebeband etwa in der Mitte der Druckplatte fixiert 7.

Bei ausgeschaltetem Drucker positionieren Sie nun die Düsen Spitze exakt über der Spitze der Schraube 8.

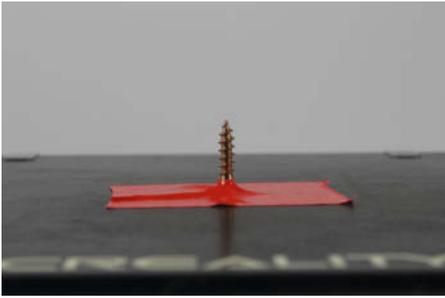
Setzen Sie nun wieder einen Stift in die Stifthülse des Druckkopfes. Danach schalten Sie den Drucker ein. Sie dürfen aber keine Homing durchführen. Per Menü (Motion/Move



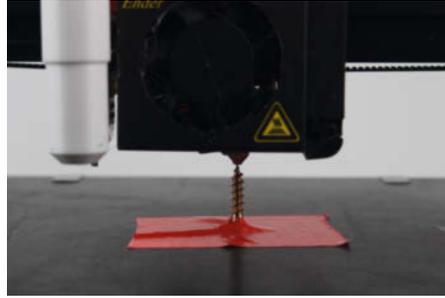
5 Beim Ausrichten der Halteplatte mit der linken Stifthalterung beginnen.



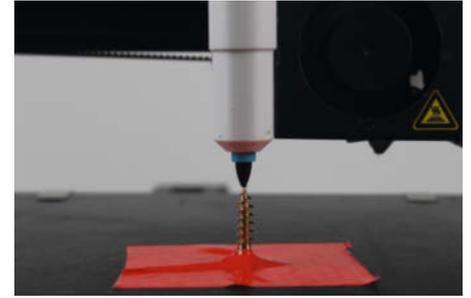
6 Auf der rechten Seite muss der Stift exakt in der Mitte der Öffnung stehen.



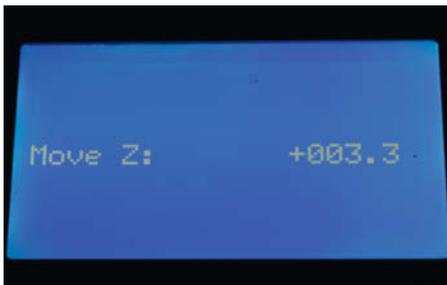
7 Das Hilfswerkzeug



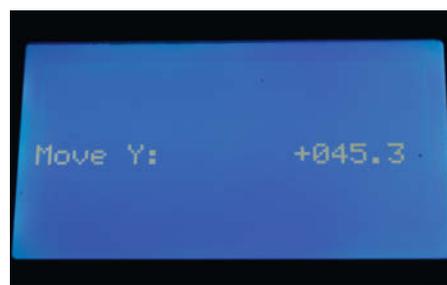
8 Die Düsen Spitze muss von Hand genau auf die Schraubenspitze gesetzt werden.



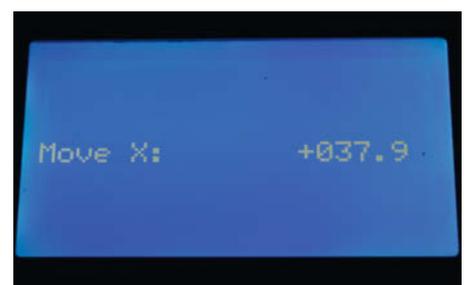
9 Der Stift muss per Menüsteuerung bewegt werden.



10 Die drei Werte für die Z-Achse, ...



11 ... die Y-Achse ...



12 ... und die X-Achse braucht später das Cura-Plug-in.

Axis..., kann je nach Firmware des Druckers auch anders lauten) positionieren Sie nun die Spitze des Stiftes auf die Schraubenspitze 9. Dazu müssen alle drei Achsen bewegt werden (mit der 0,1mm-Einstellung).

Im Menü werden Ihnen dann bei den einzelnen Achsen die Werte angezeigt, um die die Stift- von der Düsenposition abweicht. Notieren Sie sich die Werte für die Z-, Y- und X-Achse (10 11 12).

Danach entfernen Sie die Schraube und führen ein Homing durch. Positionieren Sie dann mit dem Drucker Menü den Stift so, dass er wie in Bild 15 in der Halterung mit der Nummer 2 steht.

Hier notieren Sie bitte die Werte für die X- und die Z-Achsenposition 14 15.

Cura modifizieren

Jetzt haben wir alles beisammen, um Cura so zu erweitern, dass es die Stifte auch benutzen kann. Starten Sie den Slicer und beginnen Sie mit dem Anlegen eines neuen Druckers (Konfiguration/Cura konfigurieren/Drucker/Hinzufügen). Auch wenn Ihr Ender 3 per Netzwerk erreichbar ist, wählen Sie jetzt *Einen unvernetzten Drucker hinzufügen* und danach *Custom* und *Custom FFF Printer*. Sie können dem neuen Drucker einen Namen geben, beispielsweise

Ender Multicolor. Nach Weiter tragen Sie im nächsten Fenster die Werte aus Bild 16 ein.

Klicken Sie dann auf den Registerreiter für den *Extruder 1*. Dort stellen Sie den Filament-Durchmesser auf 1,75mm ein 17. Das müssen Sie für **jeden** der 7 Extruder machen.

Mit *Schließen* legen Sie dann endgültig den neuen Drucker an.

Auf das Mainboard kommt es an

Meine ersten Druckversuche mit diesem Projekt gingen schief. Bei 0,3mm Schichthöhe ergab sich ein merkwürdiger Effekt: Bei jedem Layer verlor der Drucker 0,1mm an Layerhöhe. Layer 2 wurde also statt mit 0,6mm mit 0,5mm Höhe gedruckt, Layer 3 mit 0,7 statt 0,9mm usw. Die Filamentmenge, die gefördert wurde, entsprach aber einer Layerhöhe von 0,3mm, es wurde also viel zu viel gefördert und das Druckobjekt war um ein Drittel zu flach.

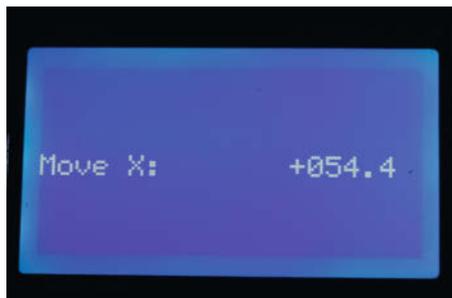
Nachdem ich so gut wie sämtlich Cura-Einstellungen ausprobiert hatte, probierte

ich den Druck auf einem zweiten Ender 3 mit einem anderen Motherboard aus. Er hatte eine Platine mit der Versionsnummer 4.2.7, der erste hatte eines der Version 1.1.4. Das neuere Motherboard besitzt einen 32-Bit-Prozessor, das alte einen 8-bittigen mit deutlich weniger Speicher.

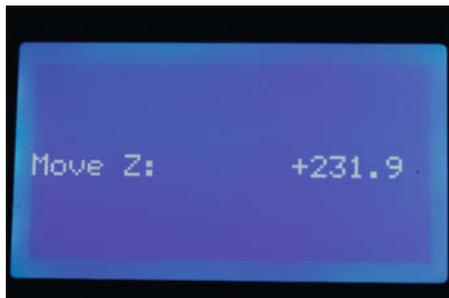
Mit dem 4.2.7-Board trat der merkwürdige Höhenverlust nicht mehr auf. Falls Ihr Ender3 ein solches 32-Bit-Board besitzt (erkennbar an der Mikro-USB-Buchse statt Mini-USB wie bei den 8-Bit-Boards), steht dem Multicolor-Druck nichts im Weg.



13 Der Stift darf in diesem Schritt die Halteöffnung nicht berühren, sondern muss genau in der Mitte stehen.



14 Die X-Koordinate ...



15 ... und die Y-Koordinate für die Position des ersten Stifts braucht das Plug-in ebenfalls.

Nun ist das Cura-Plug-in an der Reihe. Im GitHub-Download finden Sie die Datei *PenColorizer.py*. Diese Datei muss von Hand in das Verzeichnis `C:\Programme\Ultimaker Cura 4.XX.YY\plugins\PostProcessingPlugin\scripts\`. Statt XX.YY finden Sie die Versionsnummer des auf dem Computer installierten Curas. Falls Sie Cura in einem anderen als den bei der Installation vorgeschlagenen Verzeichnis installiert haben, müssen Sie den Pfad zur Datei entsprechend ändern. Anschließend muss Cura beendet und neu gestartet werden.

Jetzt muss das Plug-in noch aktiviert und mit den zuvor ermittelten Daten über die Stiftpositionen konfiguriert werden (*Erweiterungen/Nachbearbeitung/GCode ändern* und *Ein Script hinzufügen*). Dann den *PenColorizer* wählen. Anschließend tragen Sie die unter *Maße ermitteln* notierten Werte ein, wobei Sie beim *Pen Z Offset* 2mm abziehen 18. Zum Häkchen bei *Interlace colors*: Es bewirkt, dass die Farben abwechselnd nur in jedem zweiten Layer gemalt werden. Da der Farbauftrag die Layerhaftung verringert, sollten Sie dieses Häkchen gesetzt lassen.

Mit *Schließen* ist auch das Plug-in einsatzbereit. Die Cura-Modifikationen sind aber noch nicht abgeschlossen. Jetzt brauchen Sie

noch ein Profil für die Druckeinstellungen. Das steckt ebenfalls im Download-Paket. Es heißt *Endermulticolor_draft.curaprofile*. Sie installieren es mit *Konfigurieren/Cura konfigurieren/Profile/Import*. Dann gehen Sie in den Ordner, in dem Sie den Download gespeichert haben, wählen das genannte Profile und mit *Öffnen* wird es installiert.

Sie befinden sich nun fast am Ziel. Damit Cura später bei der Zuordnung der Farben das Druckobjekt auch richtig anzeigt, benötigen Sie noch entsprechende Material-Einstellungen passend zu den Farben der Filzstifte. Auch das läuft wieder über *Konfigurieren/Cura konfigurieren*, dann geht es aber weiter mit *Materialien*. Der Filz-Farbdruk funktioniert bislang nur mit PLA-Filament (PETG u. ä. bereitet wegen der hohen Drucktemperaturen Probleme, da die Stifffarben das nicht aushalten). Daher legen wir nur PLA-Materialien an. Als Muster benutzen wir *Generic PLA* und *duplizieren* es. Wählen Sie dann die passende Farbe aus und benennen Sie das neue Filament entsprechend 19.

Im Registerreiter Druckeinstellungen geben Sie diese Werte an 20.

Das wiederholen Sie nun für die anderen Stifffarben, die Sie verwenden möchten.

Richten Sie bitte auch ein Filament *nocolor* ein. Das ist für den Druck ohne Einfärbung. Ich habe ihm die Farbe Weiß zugeordnet.

Jetzt ist es soweit: Sie können Ihr erstes Vielfarb-3D-Druckobjekt starten. Im Download ist ein Beispiel enthalten. Über den Kurzinfo-Link finden Sie weitere Links zu Multicolor-Objekten bei *Thingiverse*. Im Folgenden zeige ich, wie Sie solch ein Objekt slicen. Wie Sie selbst vielfarbig konstruieren können, erfahren Sie in der nächsten Make-Ausgabe.

Farbig slicen

Ein Multicolor-3D-Objekt ist nicht in einer STL-Datei, sondern in mehreren gespeichert. Genauer gesagt: Für jede Farbe gibt es eine eigene Datei. Als Beispiel verwende ich hier den Salamander, den Sie im Download ebenfalls finden (*Lizard*). Er verfügt über drei Farben, besitzt also drei Dateien. Laden Sie alle zum Salamander gehörenden Dateien in Cura. Das sind:
 – 3C_Lizard_1.stl
 – 3C_Lizard_2.stl
 – 3C_Lizard_3.stl
 Das sieht dann auf der Cura-Arbeitsfläche etwa so aus 21.

Ich wollte den Salamander mit grünen und braunen Streifen und farblosen Augen (damit ich Ihnen zeigen kann, wie farbloser Druck funktioniert) drucken. Daher brauche ich nur zwei Farbstifte: grün auf Platz 2 und braun auf Platz 3 in der Halteplatte. Das können Sie natürlich ganz nach Ihrem Geschmack regeln. Über der Arbeitsfläche sehen Sie die Liste mit den sieben Extrudern, die standardmäßig zunächst das gelbe PLA benutzen 22.

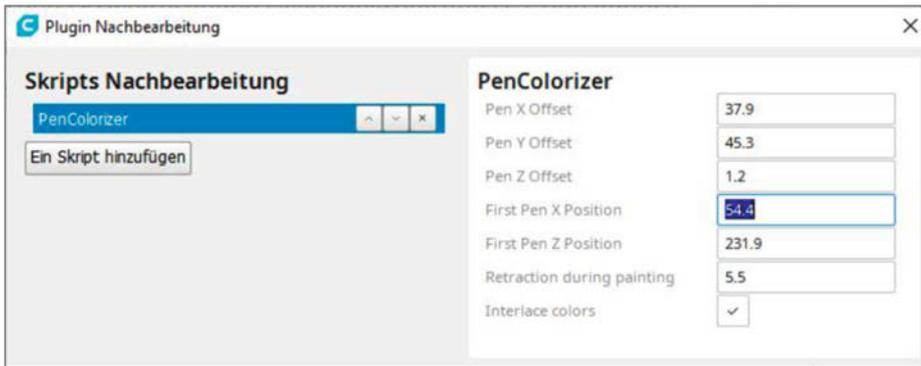
Sie sollten den Extrudern nun das Filament mit der Farbe zuordnen, die dem Stift in der jeweiligen Halterung entspricht. Dazu auf den jeweiligen Extruder klicken und unter Material dann eines der zuvor eingerichteten farbigen PLA-Versionen entsprechend den



16 Die Einstellungen für den neuen Drucker



17 Der Filament-Durchmesser muss bei allen Extrudern 1,75mm sein.



18 Hier müssen die bei Ihrem Drucker ermittelten Maße stehen.



22 Die Extruder stehen zunächst alle auf gelb.



23 Die drei Farben für den Salamander

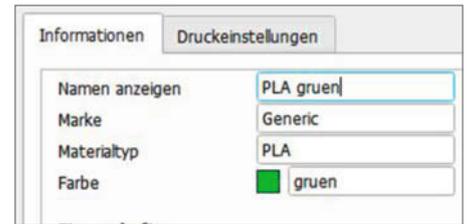
Stiften wählen, also *nocolor*, *grün* und zuletzt *braun* 23.

Diese Farben ordnen wir nun den Teilen des Salamanders zu. Dazu mit rechts auf den jeweiligen Teil klicken und den Extruder mit der passenden Farbe wählen 24.

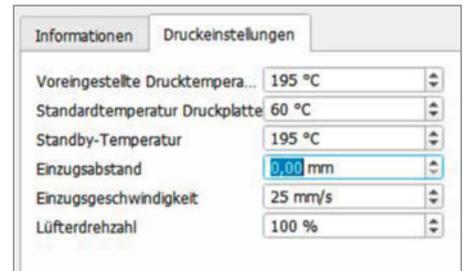
Jetzt kommt das Zusammensetzen: Einmal mit *rechts* auf die Arbeitsfläche klicken und dann mit *Alle Modelle wählen* sowie nach erneutem Rechtsklick mit *Modelle zusammenführen* den kleinen Krabbler zusammensetzen 25.

Jetzt wählen Sie in den Druckeinstellungen noch das Profil *Endermulticolor_draft*

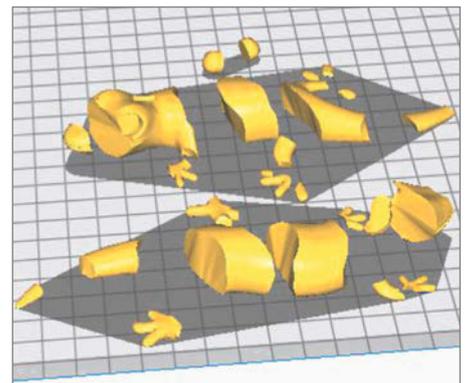
aus und klicken auf *Slicen*. Speichern Sie die Druckdatei dann auf einer Speicherkarte. Jetzt fehlt nur noch: Drucker einschalten, Karte und Stifte einlegen und den Druck starten. Erwarten Sie aber nicht, dass sie bereits beim ersten Druck ein Top-Ergebnis erzielen. Drucker, Filament und Stifte sind alle etwas unterschiedlich. Da muss Feinarbeit bei den Druckeinstellungen erfolgen. Beispiel: Zieht das Filament beim Stiftwechsel sehr viele Fäden, sollten Sie mit der Drucktemperatur ein bis zwei Grad (nicht mehr) heruntergehen. Auch eine Veränderung der Einzugsänge beim Extruder kann da helfen. Ich habe auch viele Versuche gebraucht, um das erste brauchbare Ergebnis zu erzielen. Im Forum zu diesem Artikel (siehe Kurzinfor-Link) können Sie Ihre Erfahrungen gerne mit anderen Lesern und Leserinnen teilen. —hgb



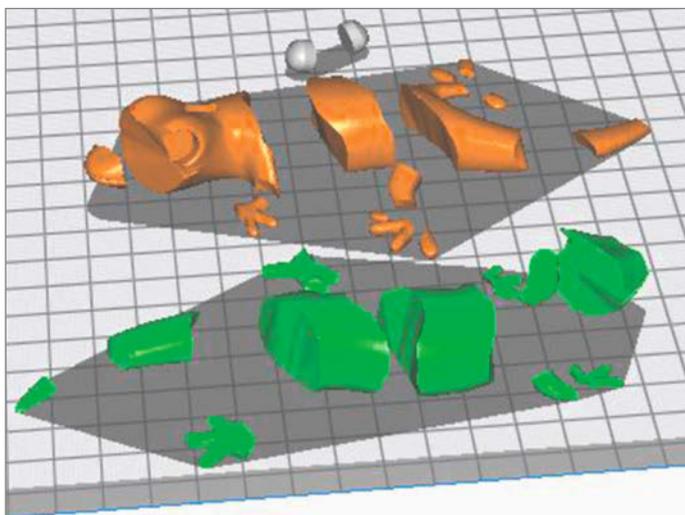
19 Die Farbe hier sollte möglichst genau der Stifffarbe entsprechen.



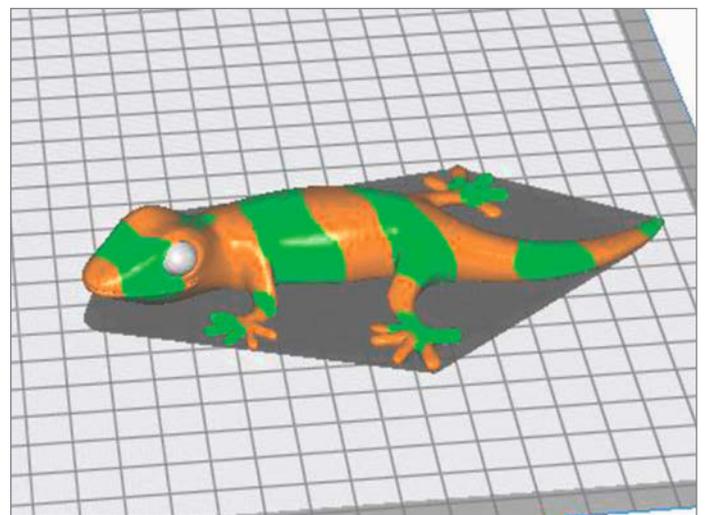
20 Auch wenn Ihnen die Drucktemperatur niedrig erscheint, viel mehr vertragen die Filzstift-Farben nicht.



21 Alle Teile des Multicolor-Salamanders in Cura geladen: Bitte nichts verschieben!



24 Salamander jetzt in Farbe, aber noch in Scheiben



25 Fertig zum Slicen

Tipps & Tricks

Dank Backpapier keine verklebten Werkzeuge mehr, der Tausendsassa Neodymmagnet als Akkukontakt und leicht zu beschaffende Kohlendioxidflaschen statt Kompressor erleichtern den Maker-Alltag.

von Michael Gaus, Miguel Köhnlein, Jan Peter Kutzt und Alexander Peevsky

Druck“luft“quelle für Maker

Beim Bohren, Sägen und sonstigen Arbeiten in der Maker-Bude entstehen Späne und Stäube, die sich leicht mit Druckluft entfernen lassen. Daher benötigt eigentlich jeder Werkstisch Druckluft, um mal eben was auszublasen oder zu trocknen. Die diversen Drucksprays in Dosen sind allerdings nicht sehr umweltfreundlich, da Müll entsteht,



Der Adapter mit Anschluss für den Zylinder und Druckminderer

darin brennbare Stoffe enthalten sind oder gesundheitlich bedenkliche Fluorkohlenwasserstoffe.

Ein Kompressor ist groß und auch laut, wenn er nicht zu teuer sein soll. Bastellösungen aus Kühlschrankkompressoren sind klobig und es ist aufwendig saubere, ölfreie Luft aus ihnen zu bekommen. Druckluftflaschen brauchen regelmäßig eine TÜV-Prüfung und Basteleien mit anderen Druckbehältern sind gefährlich.

Eine Alternative kann dann Kohlendioxid-Gas (CO₂) sein: Zufällig habe ich beim Stöbern in Ebay einen Adapter mit Druckminderer für einen *SodaStream*-CO₂-Zylinder für etwa 35 Euro gefunden. Zusammen mit einem Pfand-Zylinder für 20 Euro und einer Druckluftpistole mit Schlauch hat man dann die Minimalausrüstung. Auch Airbrushpistolen funktionieren problemlos mit Kohlendioxid. Das Gas ist trocken, sauber und umweltfreundlich, da das CO₂ aus der Umgebungsluft gewonnen wird. Ein Zylinder hält gefühlt ewig und wird irgendwann für ca. 6 Euro gegen eine neu gefüllte Flasche getauscht. Bei der Verwendung von CO₂ muss allerdings auf gute Lüftung geachtet werden, insbesondere in kleinen Räumen.

Helmut-Alexander Peevsky



Auch eine Airbrushpistole funktioniert mit CO₂.

Magnetkontakte für Akkus

Braucht man beim Basteln mal auf die Schnelle Akkus oder Batterien, weil diese genau die gerade benötigte Spannung liefern könnten,



Mit Magneten lässt sich eine 18650er Zelle gut kontaktieren. Bei Lipo-Akkus ist besondere Vorsicht geboten!



Auch eine provisorische Reihenschaltung von Batterien ist mit Magneten möglich.



In Backpapier eingeschlagener Furnierstapel, das Papier haftet nicht am Kleber.

scheitert es meistens am nicht vorhandenen und passenden Batteriehalter. Für provisorische Testaufbauten gibt es eine einfache Abhilfe. Viele Akkus und Batterien haben Kontakte aus magnetischem Material, genau wie die meisten Krokodilklemmen.

Kleine kräftige Neodym-Magnete leiten Strom, da sie vernickelt sind. Somit kann man je einen Magnet an jedem Batteriepol anbringen und darauf dann jeweils ein Kabel mit Krokodilklemmen andocken, um die Spannung abzugreifen. Je nach Anzahl und Qualität der Kontaktflächen steigt der Widerstand der Verbindung nur sehr wenig.

Ebenso kann man mit dieser Technik Akkus aufladen, beispielsweise eine einzelne 18650-Li-Ionen-Akku-Zelle, indem die Krokodilklemmen an ein passendes TP4056-Lade-Modul angeschlossen werden. Achtung: Aus Sicherheitsgründen sollte unbedingt ein Typ mit integrierter Schutzelektronik verwendet werden, um die Zelle und die eigene Gesundheit bei diesem fliegenden Aufbau nicht zu riskieren!

Es gibt auch fertige Adapterkabel, die an einer Seite eine Krokodilklemme und auf der anderen Seite eine Dupont-Verbindung oder die klassischen 4mm-Laborstecker haben und dadurch eine unkomplizierte Verbindung mit Messgeräten, Elektronikmodulen oder mit Breadboards ermöglichen. Spezialkabel sind in der Makerwerkstatt schnell gelötet.

Auch eine provisorische Reihenschaltung von Batterien, z. B. mehreren 1,5V-Zellen, ist mit Neodym-Magneten möglich, wenn gerade kein passender Batteriehalter parat ist. Dadurch kann man beispielsweise mit zwei Mignon- oder Mikrozellen ganz leicht eine 3V-Spannungsversorgung auf dem Basteltisch improvisieren.

Miguel Köhnlein und Michael Gaus

Backpapier für den Maker

Als Maker nutze ich unterschiedliche Klebstoffe: Holzleim, 2K-Epoxy oder CA-Kleber (*Superkleber*). Was unternehme ich aber, um den Kleber nur



Auch die Werkzeuge und Vorrichtungen werden vor dem Kleber geschützt.

am Werkstück und nicht an meinen Vorrichtungen oder Einrichtungsgegenständen zu haben? Ein gutes, leicht verfügbares Trennmittel, welches auch mehrfach verwendet und am Ende problemlos entsorgt werden kann: Backpapier!

Aktuell benötigte ich selbst gemachtes Sperrholz aus Eichenfurnier. Da ich die Pressung über zwei Bretter und eine Zwinde erzeuge, muss ich dafür Sorge tragen, dass mein Endprodukt nicht mit den Brettern verklebt. Backpapier oben und unten auflegen, pressen, aushärten lassen, auslösen: fertig.

Auch mit Epoxy-Kleber funktioniert es sehr gut: Ein Kletterseil musste ein neues Ende erhalten. Das klassische *Takling* war schnell erledigt, jedoch sollte zur Sicherheit das Ende mit Epoxy gesichert werden. In diesem speziellen Fall bleibt die Seele des Seils länger und es kann nicht einfach eingetaucht werden. Also das Ende senkrecht fixieren, mit Backpapier umwickeln, mit Klettband sichern, Epoxy auftragen, aushärten lassen, befreien: fertig. Nichts läuft unkontrolliert herunter oder verschmiert die Umgebung oder sogar das Seil. Selbst 3D-Drucker-Harz (Resin) haftet ausgehärtet nicht am Backpapier, man benötigt aber eine starke UV-Lichtquelle zum Aushärten durch das Papier hindurch.

Jan Kutzt
—caw



Die Seele des Seils ragt auf beiden Enden heraus, daher kann nicht klassisch getaucht werden.

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xv22

Machen Sie mit!

Kennen Sie auch einen raffinierten Trick? Wissen Sie, wie man etwas besonders einfach macht? Wie man ein bekanntes Werkzeug oder Material auf verblüffende Weise noch nutzen kann? Dann schicken Sie uns Ihren Tipp – gleichgültig aus welchem Bereich (zum Beispiel Raspberry, Arduino, 3D-Druck, Elektronik, Platinenherstellung, Lasercutting, Upcycling ...).

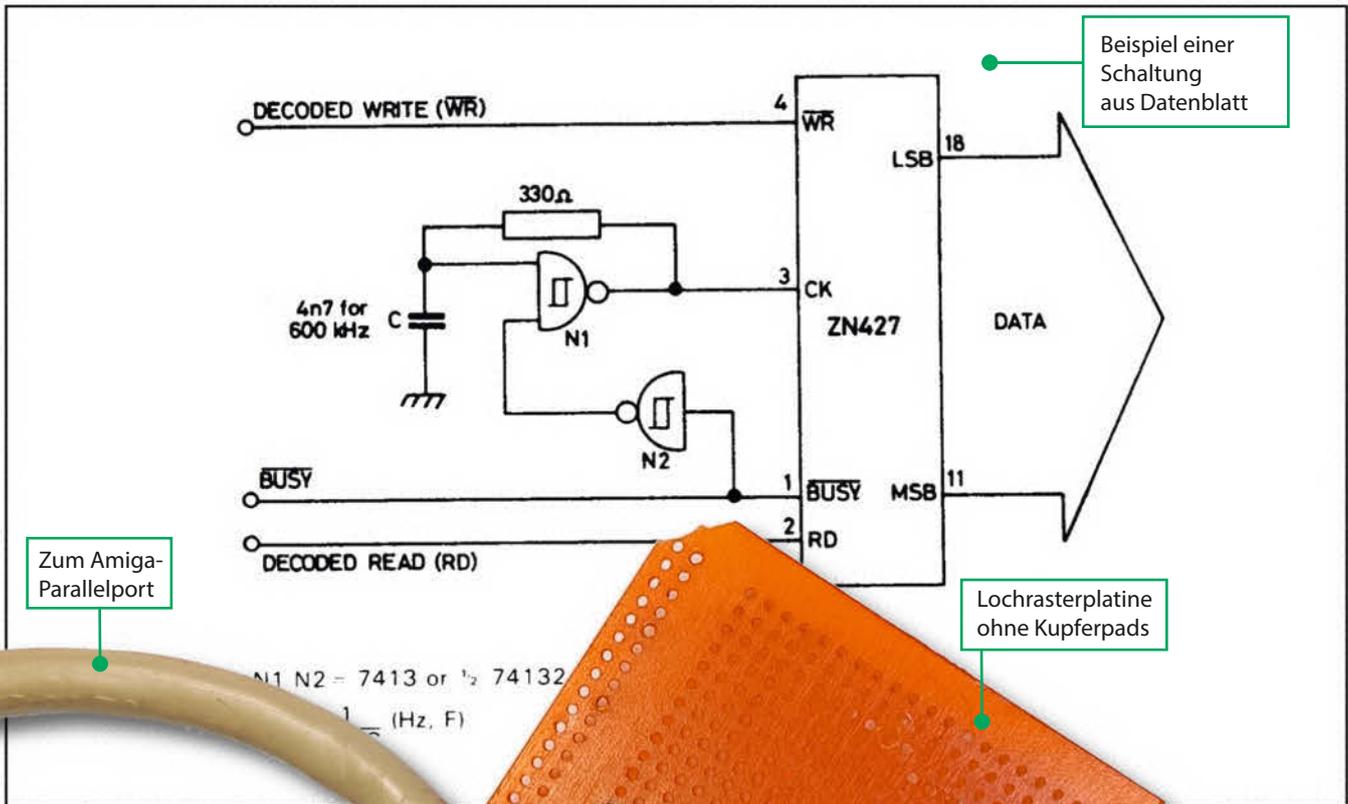
Wenn wir Ihren Tipp veröffentlichen, bekommen Sie das bei Make übliche Autorenhonorar. Schreiben Sie uns dazu einen Text, der ungefähr eine Heftseite füllt und legen Sie selbst angefertigte Bilder bei. Senden Sie Ihren Tipp mit der Betreffzeile *Lesertipp* an:

► mail@make-magazin.de

Old Stuff: Amiga-Audio-Digitizer

Der Commodore Amiga war der erste Heimcomputer, der problemlos Samples als Haupt-
soundquelle benutzen konnte. So entstand der Bedarf, auch eigene Sounds aufzunehmen.

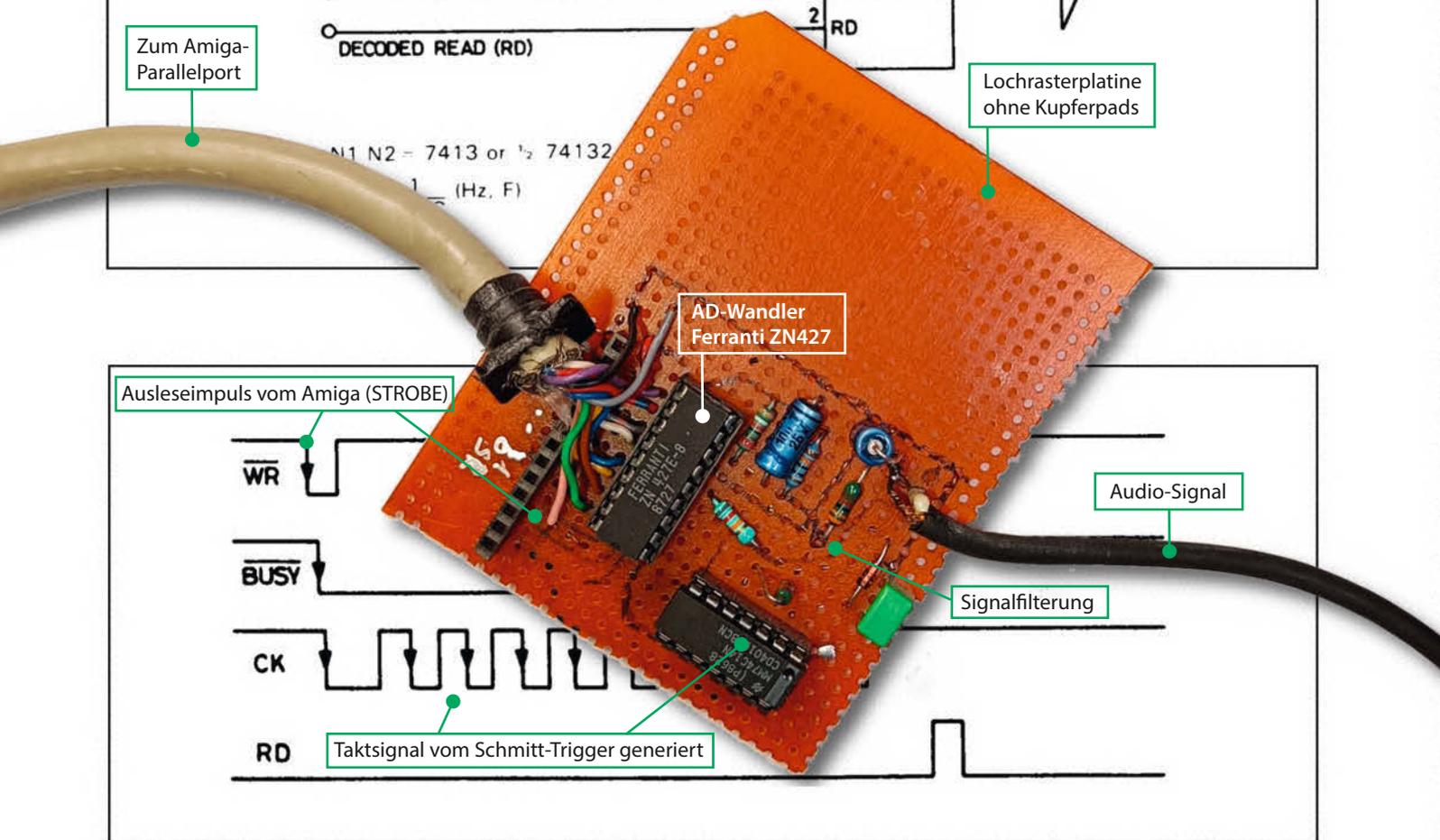
von Carsten Wartmann



Zum Amiga-
Parallelport

Beispiel einer
Schaltung
aus Datenblatt

Lochrasterplatte
ohne Kupferpads



Ausleseimpuls vom Amiga (STROBE)

AD-Wandler
Ferranti ZN427

Audio-Signal

Signalfilterung

WR

BUSY

CK

RD

Taktsignal vom Schmitt-Trigger generiert

Nicht nur die damals wegweisende Grafik des Commodore Amiga war der Schlüssel zum Erfolg des C64-Nachfolgers, sondern auch die Musik und die Sound-Effekte, welche die Spiele anreicherten. Im Gegensatz zu seinen Vorläufern und der Konkurrenz war er dank des Amiga Sound-Chips Paula direkt für die Ausgabe von vier Stimmen als digitale 8-Bit-Samples ausgelegt. Vorbei die Zeit der einfachen Wellenformen und Filterspiele – die Sounds und Instrumente wurden natürlicher und facettenreicher. Natürlich konnte man auch kurze Samples mit einfachen Wellenformen wiedergeben und so die Synthesizer-Sounds der Vorgänger emulieren und dabei noch Speicherplatz sparen.

Dank seiner musikalischen Fähigkeiten erschuf der Amiga eine ganze Generation von Musikern und Produzenten. Software der Wahl waren die *Tracker*, mit denen man die Songs mit entsprechenden Samples (bzw. den Instrumenten), der Tonhöhe und Effekten, sozusagen programmieren konnte. Die Hacker dieser Zeit stürzten sich auf diese Art des Programmierens von Musik, jenseits der üblichen Notation. Und auch heutzutage gibt es wieder MIDI-Musikinstrumente, die diese Art der Programmierung von Musik ermöglichen.

Nur ein Problem gab es: Wie bekommt man neue Instrumenten-Samples auf den Amiga? Oder wie konnte man, vom aktuellen Vinyl oder aus dem Radio, Samples der aktuellen Hits gewinnen? Bald gab es Digitizer, die über den Parallelport angeschlossen wurden und auf Analog-Digitalwandler-Chips (A/D-Wandler) basierten. Am Parallelport konnte man mit Mühe die nötigen Sample-Frequenzen von etwa 50kHz bei 8-Bit erreichen, dies war bis auf Weiteres *State of the Art*.

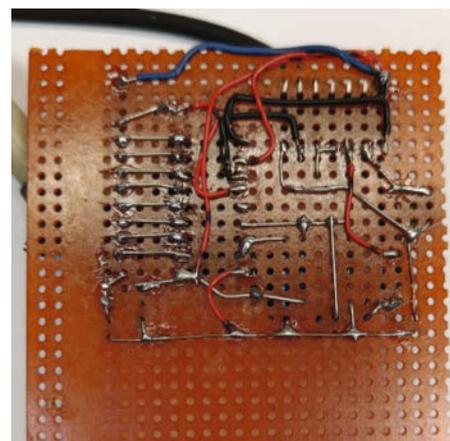
Neben den kommerziellen Produkten wurde auch immer weiter getüftelt und Bau-

anleitungen veröffentlicht, durch Eigenbau konnte man die Ausgaben deutlich senken. Allerdings kosteten die A/D-Wandler-Chips immer noch ca. 30 DM, das erforderte schon Mut, daran zu löten. Der Amiga-Parallelport ist ebenfalls sehr empfindlich und schon durch falsches „Ansehen“ konnte man einen der Treiber-Chips (8520 CIA) zerstören. Trotzdem machte ich mich mit einem Schaltplan daran, eine Version mit dem Ferranti ZN427 zu bauen. Ich kann leider nicht mehr genau nachvollziehen, woher ich den Schaltplan hatte. Der Autor hat sich aber augenscheinlich sehr direkt am Datenblatt des Chips orientiert.

Der Amiga sendet das Startsignal auf der STROBE-Leitung, die mit WR verbunden ist. Der ZN427 digitalisiert das anliegende Signal dann und benutzt dazu den Takt, den der zweite Chip generiert, ein SN7413-Schmitt-Trigger. Dabei agiert der SN7413 als astabiler Multivibrator und glättet das Taktsignal. Der Amiga liest ein Byte ein und nun kann wieder ein STROBE-Signal generiert werden, welches den Vorgang wiederholt. Über Verzögerungen in dieser Schleife kann man so auch die Sample-rate einstellen.

Immerhin hat diese Bastellei funktioniert und ich war auch noch im Jahr 2022 in der Lage, auf meinem Amiga 2000 Samples aufzunehmen und diese zu einem kleinen Song zusammenzustellen. Ausprobiert habe ich meinen Sampler allerdings zuerst an einem Teensy-3.2 Mikrocontroller, um ganz sicher zu sein, dass ich meinen wertvollen Amiga nicht beschädige. Den Code dazu habe ich übrigens von einem Projekt (Links in der Kurz-URL), welches einen Amiga-Sampler mit modernen Bauteilen realisiert, da die alten Geräte sehr hohe Liebhaberpreise erzielen.

Immer wieder erstaunt mich der Amiga mit seinen Fähigkeiten und dass er mit seinem



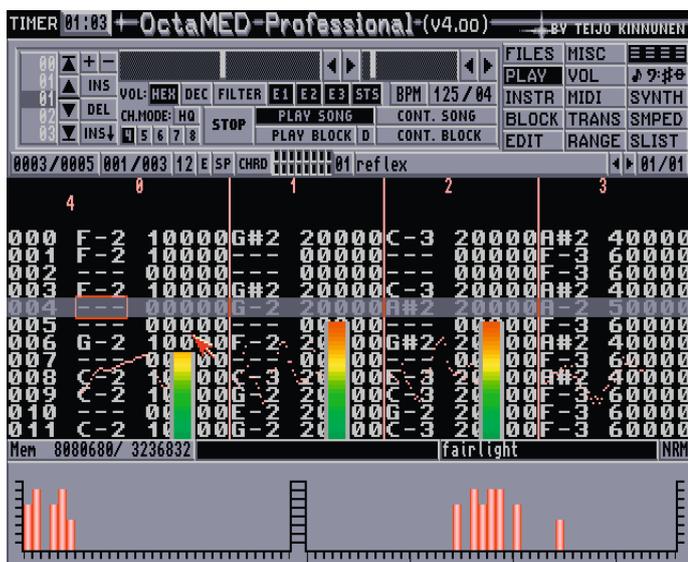
Die Lötkünste meines fast 30 Jahre jüngeren Ichs

heutzutage lächerlichen Prozessor und Speicher innerhalb von wenigen Sekunden in eine grafische Multitasking-Umgebung booten kann. —caw

In unserem Online-Video (siehe Kurz-URL) schnuppern wir etwas Retro-Computer-Luft.



Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/x45e



Octamed war einer der beliebtesten Tracker.

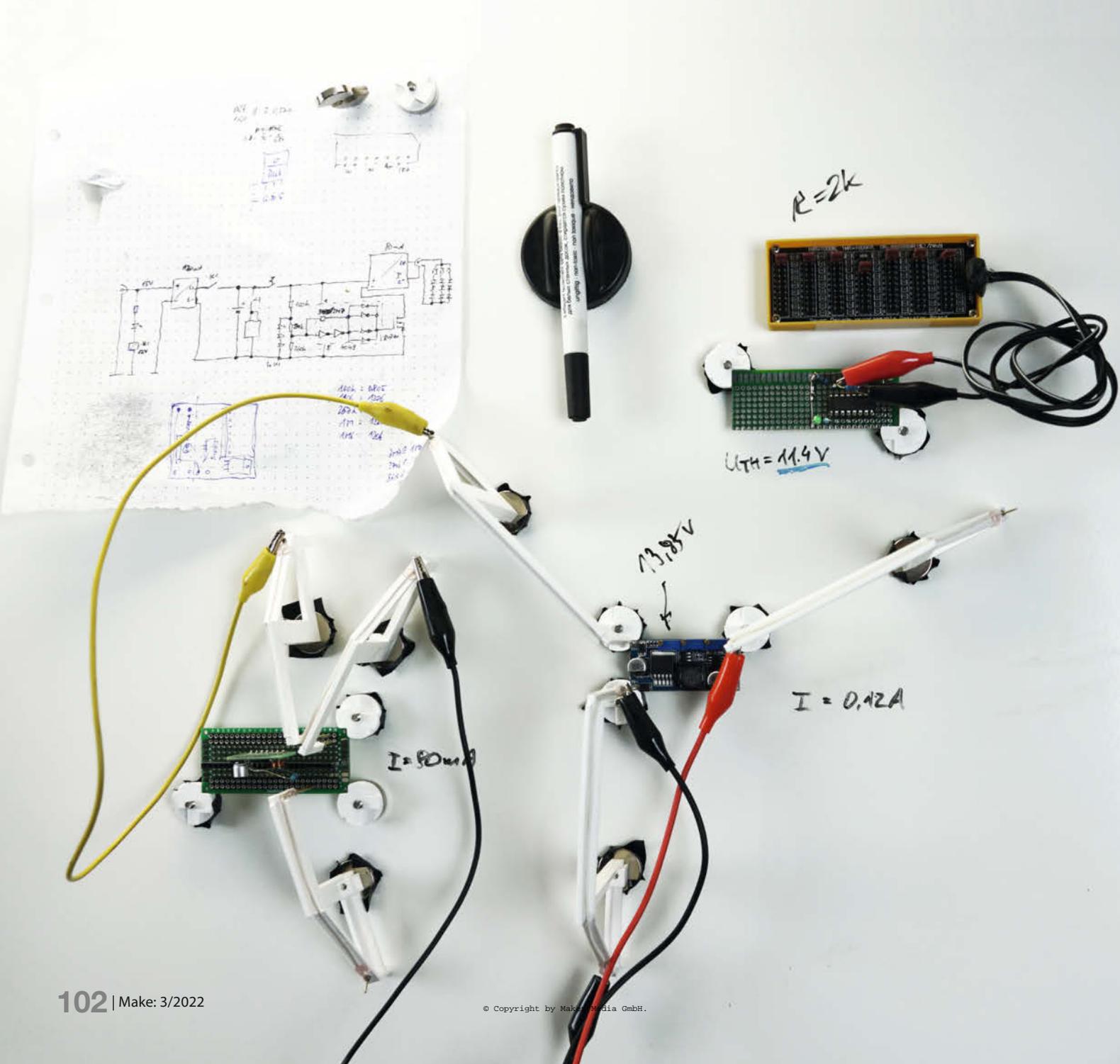


Formschönes Metallgehäuse in Hammerschlag-Lack

Magnetischer Vielzweck-Testaufbau

In der Versuchsphase wuchern Testaufbauten aus einzelnen Modulen gerne über den kompletten Arbeitstisch. Der Versuch, die fragilen Konstrukte kurz beiseite zu räumen, resultiert in Fehlern oder gar Kurzschlüssen. Dies kann mit einer magnetischen Testfläche verhindert werden, die sich auch noch einfach zur Seite schieben lässt.

von Gerd Michaelis



Im privaten Elektroniklabor kommen gelegentlich „fliegende Aufbauten“ vor, um Bauteile, Platinen oder Schaltungen auszutesten, bevor diese endgültig irgendwo ein- oder angebaut werden. Für einzelne Bauteile wird das gemeinhin mit den bekannten Breadboards erledigt, aber es gibt auch oft den Fall, dass ganze Platinen zu testen sind, mehrere fertige Module testweise zusammengeschaltet werden müssen oder während einer Reparatur zerlegte Teile zu untersuchen sind.

Die mechanische Fixierung ist oft schwierig. Und noch schwieriger ist eine zuverlässige elektrische Kontaktierung. Mit Krokoklemmen geht das nicht immer – gerade bei kleinen oder innen liegenden Kontaktflächen – und man will die Platinen ja auch nicht zehnmals zusammen- und wieder entlöten. Außerdem nimmt so ein Aufbau aus mehreren Komponenten eine ganze Menge Platz auf der Werkbank weg. Wenn man den zwischendurch für etwas anderes braucht, muss man den Testaufbau weg- und wieder herräumen, was meist lose Verbindungen zur Folge hat, deren Fehlersuche und Beseitigung viel zusätzliche Zeit und Ärger kosten. Und der Zettel mit dem Schaltplan und den zugehörigen Berechnungen fliegt zwischen all den Komponenten, Werkzeugen und Messgeräten umher oder diffundiert irgendwann ganz weg. Im Gegensatz zu einer Firma, deren Tätigkeitsgebiet üblicherweise gut definiert ist und wo man deshalb fest eingerichtete optimierte Testplätze hat, weil ähnliche Arbeiten immer wieder anfallen, ist meine Werkstatt ein Ort geradezu unbegrenzter Variabilität in der Aufgabenstellung und erfordert eine ungleich höhere Flexibilität.

Es wäre also schön, wenn es einen Testplatz gäbe, der

- die Komponenten mechanisch sauber fixiert, aber Änderungen schnell und einfach zulässt,
- für eine genauso schnelle und einfache, aber trotzdem zuverlässige elektrische Kontaktierung sorgt,
- wenig oder bestenfalls gar keinen Platz auf der Werkbank belegt,
- übersichtlich gestaltbar ist, inklusive Notizen und Dokumentation,
- in jedem Bastlerumfeld mit wenig Aufwand realisierbar ist.

Die gute Nachricht lautet, dass das tatsächlich geht. Und hier ist nun der Weg, den dieses Projekt nahm.

Schritt für Schritt

Am Anfang stand die Überlegung, für die Kontaktierung auf Platinen wie bei Testautomaten gefederte Testpins (*Pogo-Pins*) zu verwenden statt wackeliger Krokoklemmen oder aufwändiger Lötverbindungen. Diese Kontakte gibt es in verschiedenen Stärken und mit unterschiedlichen Spitzen; sie sind als Massen-

Kurzinfo

- » Platzsparender Aufbau von Versuchen
- » Magnethalterungen für Module und Geräte
- » Platinen und Module sicher mit Pogo-Pins kontaktieren

Checkliste



Zeitaufwand:

2-3 Stunden ohne 3D-Druck und Beschichtung



Kosten:

ab ca. 80 Euro



3D-Druck:

zum Druck der Kontaktarme und Halter

Material

- » Neodym-Magnete 20mm × 5mm Ringmagnet mit Senkung
- » Stahlblech der gewünschten Größe
- » Pogo Pins 1,3mm oder 1mm
- » Krokoklemmenkabel
- » Senkkopfschrauben M4 × 10mm und M4 × 12mm, ideal aus Edelstahl
- » Schiebetürbeschlag wenn die Tafel beweglich aufgehängt werden soll

Werkzeug

- » Metallwerkzeug zum Bohren, Schrauben, Entgraten, Schleifen, Senken
- » HSS-Bohrer und Bohrmaschine
- » Biegevorrichtung oder Schraubstock und Hammer
- » Lötutensilien zum optionalen Anlöten der Kabel
- » Heißklebepistole wenn die Pins nicht eingeschmolzen werden
- » Tafel beschichten beim Dienstleister oder selbst lackieren

Mehr zum Thema

- » Best, Diederich, Maršíková und Zakoth, Optik mit Klick: UC2-Modulbaukasten, Make 4/21, S. 56
- » Michael Jentsch, Windmesser fürs Handy, Make 1/21, S. 20
- » Olaf Grau, Levitator 2.0, Make 3/20, S. 42
- » Loslegen mit Metall, Make Sonderheft 2021
- » Video: Magnettafel im Einsatz

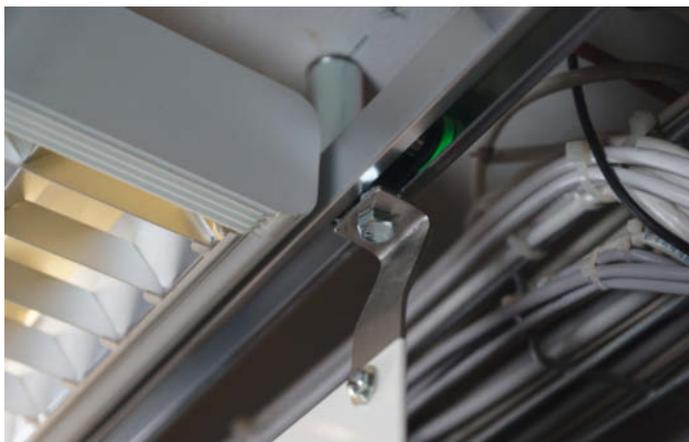


Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xnxf

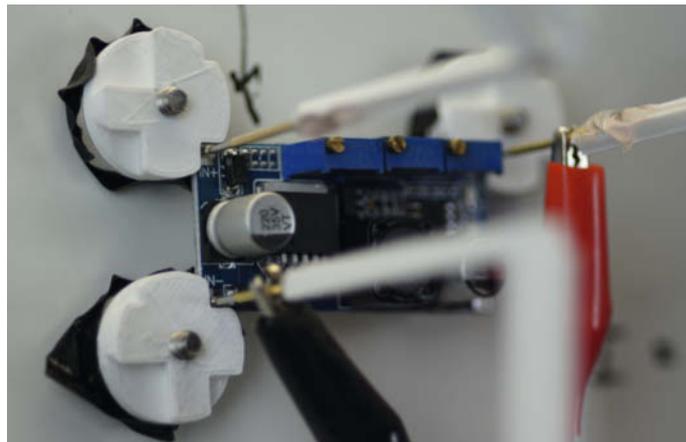


Pogo-Pins mit verschiedenen Kontakten

Bild: Adafruit



Aufhängung der Tafel an der Schiebetürgarnitur



Fertige Halter mit Schraube M4 x 10 auf dem Board im Einsatz

produkte sehr zuverlässig, tragen klaglos mehrere Ampere Strom und sind dazu noch spottbillig.

Um diese einsetzen zu können, müssen aber Platine und Kontakt gut fixiert werden. Wie so oft verändert auch hier die Lösung eines Problems lediglich die Art des Problems.

Der nächste Einfall war, Supermagnete (Neodym-Magnete) zur Fixierung zu verwenden. Die haben auch bei kleiner Baugröße und überschaubaren Kosten mehr als ausreichende Haltekräfte. Leider ist die Arbeitsplatte meiner Werkbank aus Holz. Deshalb hätte ich mir erst eine geeignete Unterlage besorgen müssen, aber in welcher Größe? Und verzinkt, lackiert oder eventuell sogar aus magnetischem Edelstahl? Mein Blick,

durch meine Werkstatt streifend, blieb an einem Whiteboard hängen, das ich mir vor Jahren mal an die Innenseite der Tür gehängt hatte. Das wäre natürlich auch eine schicke Lösung. Doch leider haften die Magnete an dem Whiteboard nicht so gut wie z. B. an meinem Schraubstock.

Haftkraft

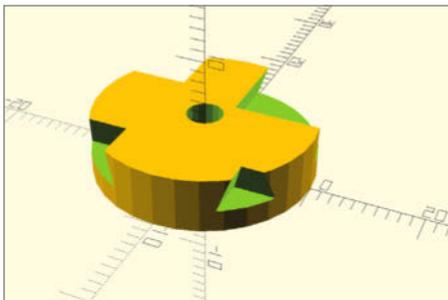
Für die Auswahl der Magnete testet man am besten einige Magnete, die man vielleicht von anderen Projekten herumliegen hat. Online (siehe Link in Kurzinfo) stelle ich ein paar Hinweise und Werkzeuge zur Abschätzung und Berechnung von Haltekräften vor. Dies ist nicht nur interessant für dieses Projekt, sondern auch für weitere, bei denen magnetische Verbindungen vorkommen.

Wichtig für die Haftkraft ist natürlich die Paarung von Board und Magnet. Bei Whiteboards ist die Metallfläche aus Kostengründen aber meist nur eine Art lackierte und vergleichsweise dünne Metallfolie – der Begriff „Blech“ wäre hier schon eine groteske Übertreibung. Bessere und deutlich teurere Whiteboards verwenden emailierte (schmelzverglaste) Oberflächen mit etwas dickeren Metallflächen, auf denen Magnete besser halten. Eine weitere wichtige Einflussgröße ist der Abstand von Magnet und der Metallfläche,

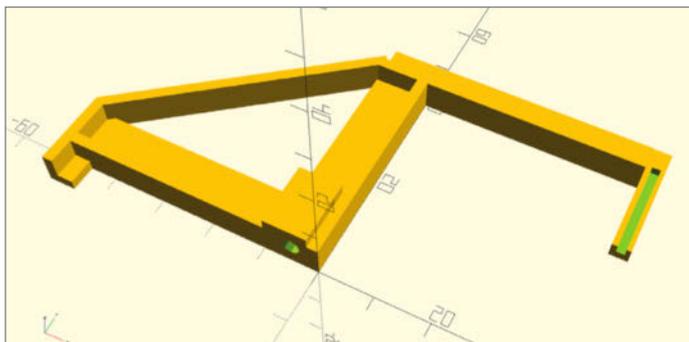
gegeben durch die Dicke der Beschichtung. Letztlich war ich mit der Haftkraft von üblichen Whiteboards nicht zufrieden und es musste ein dickes Stahlblech her.

In meinen Vorräten fand sich ein verzinktes Stahlblech mit 2,5mm Dicke und darauf hielten die 20mm-Rundmagneten erwartungsgemäß super. Die Oberfläche des Blechs gefiel mir so aber nicht und es wurde eine Pulverbeschichtung für die Beschichtung mit Schleifsteinen und -vlies einseitig geputzt, sodass keine Unebenheiten mehr zu fühlen waren. Eine Lackierung wäre auch möglich, aber hier sollten sich nur erfahrende Maker oder Lackierer heranwagen: Um eine schöne Oberfläche zu erreichen, ist eine Menge Aufwand nötig.

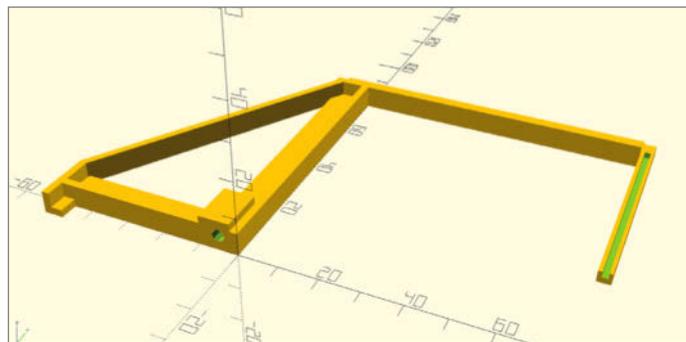
Doch das Blech war mit etwa 75cm x 60cm viel größer als der Platz, den ich dafür auf meiner Werkbank zu opfern bereit war. Die nächste wichtige Erkenntnis war nun, dass es dem Magneten ja völlig egal ist, ob die Fläche horizontal liegt oder vertikal aufgehängt ist. Daher reifte die Überlegung, die Tafel als Whiteboard über die Werkbank zu hängen. Wenn da nur Platz gewesen wäre; mein Wandregal beinhaltet Bücher, LötKolben, Messgeräte, Netzteile und vieles Weitere mehr, auf das ich schlecht verzichten konnte. Man müsste das Testbett irgendwie zur Seite schieben können. So wie eine Schiebetür.



OpenSCAD-Rendering des Platinenhalters EckHalte.scad



OpenSCAD-Rendering StickHalteKurz.scad



OpenSCAD-Rendering StickHalte.scad

Schiebe-Testbett

Nun war klar, was zu tun war: Schiebetürbeschlag und lange Schiene besorgen, die Schiene vor dem Regal an die Decke schrauben. An die Längsseite der Tafel oben am Rand zwei 6mm-Löcher bohren und entgraten für die Aufhängung beim Pulverbeschichten und die spätere Befestigung an der Laufgarnitur mittels zweier gebogener Blechstreifen.

Schließlich die Tafel zu einem Beschichter bringen: RAL9016 Verkehrsweiß oder RAL9003 Signalweiß (je nachdem, was bei dem Dienstleister grade durch den Ofen läuft, damit er wegen meiner Tafel keine Farbumstellung machen muss), Hochglanz, eine einseitige Beschichtung ist ausreichend. Die Kunststoffbeschichtung hat gegenüber einer Emaille-Beschichtung übrigens den großen Vorteil, etwas weicher und flexibler zu sein, sie platzt also nicht so schnell ab und auch der Magnet wird nicht so leicht beschädigt, falls er doch mal etwas härter aufschlagen sollte. Ich habe zur Sicherheit noch eine Lage Isolierband auf die Unterseite der Magneten geklebt; damit kann man eventuell anhaftende Metallspäne (sollen in einer Werkstatt schon mal vorkommen) leichter wieder vom Magneten entfernen.

Halterung und Kontaktierung

Während die Tafel beim Pulverbeschichten war, konnte ich mir die Planung für die weiteren erforderlichen Komponenten überlegen. Mit einem 3D-Drucker und etwas räumlicher Vorstellungskraft ist man für solche Aufgaben gerüstet. Die Platinenhalter sind ganz simple Zylinder mit vier unterschiedlich tiefen, hinterschnittenen Einkerbungen, die die Ecken der Platine umgreifen und niederhalten. Der 20mm x 5mm große Ringmagnet mit Senkung wird darunter befestigt, entweder mit einer Senkkopfschraube M4 x 10 (dazu Bohrung im Druckteil auf M4 aufbohren) oder mit einer Senkkopfschraube M3 x 12 und Gegenmutter. Die Platine liegt dann 7mm über der Tafelfläche auf.

Oft reichen zwei solcher Halter an gegenüberliegenden Ecken einer (in der Regel) rechteckigen Platine. Bei komplexeren Platinenformen können mehrere Halter erforderlich sein, es sollten auf dem Testbett etwa 10 bis 12 Stück zur Verfügung stehen.

Die Kontakthalter habe ich in zwei unterschiedlichen Höhen und Auslegerweiten konstruiert, damit man auch über größere Bauteile auf der Platine hinwegkommt, falls die zu erreichenden Kontakte nicht am Rand der Platine liegen. Die Halter sehen aus wie ein Baukran; der hintere Teil stützt sich gegen die Federwirkung des Pogo-Pins an der Oberfläche der Tafel ab. Der 20mm x 5mm Ringmagnet wird mit einer M4x12-Senkkopfschraube unten im Mittelholm befestigt

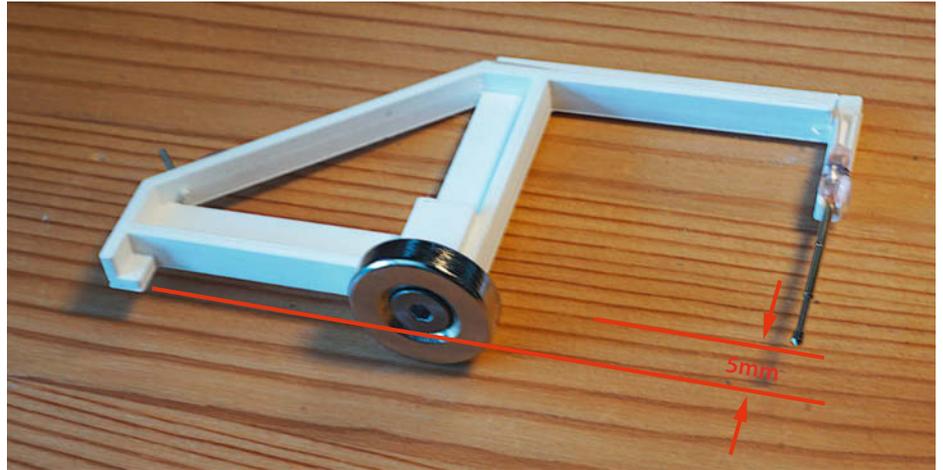


Illustration der Maßverhältnisse an einem fertigen Halter

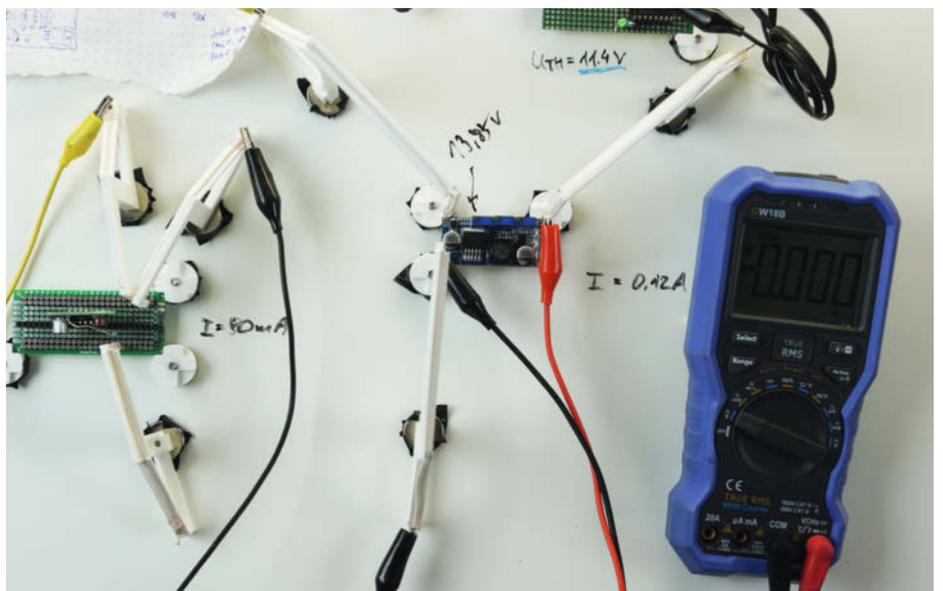
– das Loch vorher mit einem M4-Gewindebohrer ein Stück anschneiden, dann schneidet sich die Schraube die letzten Gewindegänge selbst.

Die 1,3mm-Pogo-Pins werden mit dem LötKolben eingeschmolzen oder mit einer Heißklebepistole in der Rinne am Ausleger festgeklebt, sodass sie gut 3mm ihres Federwegs eingedrückt sind, wenn sie auf der Platine aufliegen; bei Typen mit kürzerem Federweg bitte entsprechend anpassen. Weil Platinen meist etwa 1,6mm dick sind, kommt deren Oberfläche mit unseren Haltern auf gut 8mm Höhe über der Tafel. Die Spitze des Pogo-Stiftes sollte unbelastet etwa die Höhe des Magneten als Abstand zur Tafel haben, dann stimmt alles: $7\text{mm} + 1,6\text{mm} - 5\text{mm} = 3,6\text{mm}$ Federweg, wegen der Durchbiegung des Auslegers etwas weniger. Vom Pin kann nun noch ein Draht zu einem Anschlusspunkt geführt werden, der z. B. als 1,3mm Lötnagel am unteren Ende des Auslegers eingeschmolzen wird, von wo aus

man leicht mit einem Krokokabel weitergehen kann. Wenn man sich den Aufwand sparen will, klemmt man die Krokoklemme gleich am Schaft des Pogo-Pins an – dies ist nur dann nachteilig, wenn Kontakte auf der Platine nahe beieinander liegen, dann kommen sich die Spitzen der Krokoklemmen ins Gehege.

Von den Haltern sollten auf der Tafel je 6–8 Stück zur Verfügung stehen.

Zu guter Letzt kann neben der Platine auch das Blatt Papier mit der Schaltplanskizze an der Testtafel befestigt werden und mit Whiteboard-Stiften lassen sich Skizzen und Notizen direkt neben der Schaltung machen. Die Tafel kann ich einfach zur Seite schieben, wenn ich Zugriff auf das Regal brauche. Und mit zwei flachen Rechteckmagneten lassen sich auch die überaus praktischen Widerstandsdekaden überall dort anbringen, wo ich sie brauche, um einen korrekten Widerstandswert zu ermitteln. Natürlich besitzt auch mein Multimeter nun einen Magnethalter. —caw

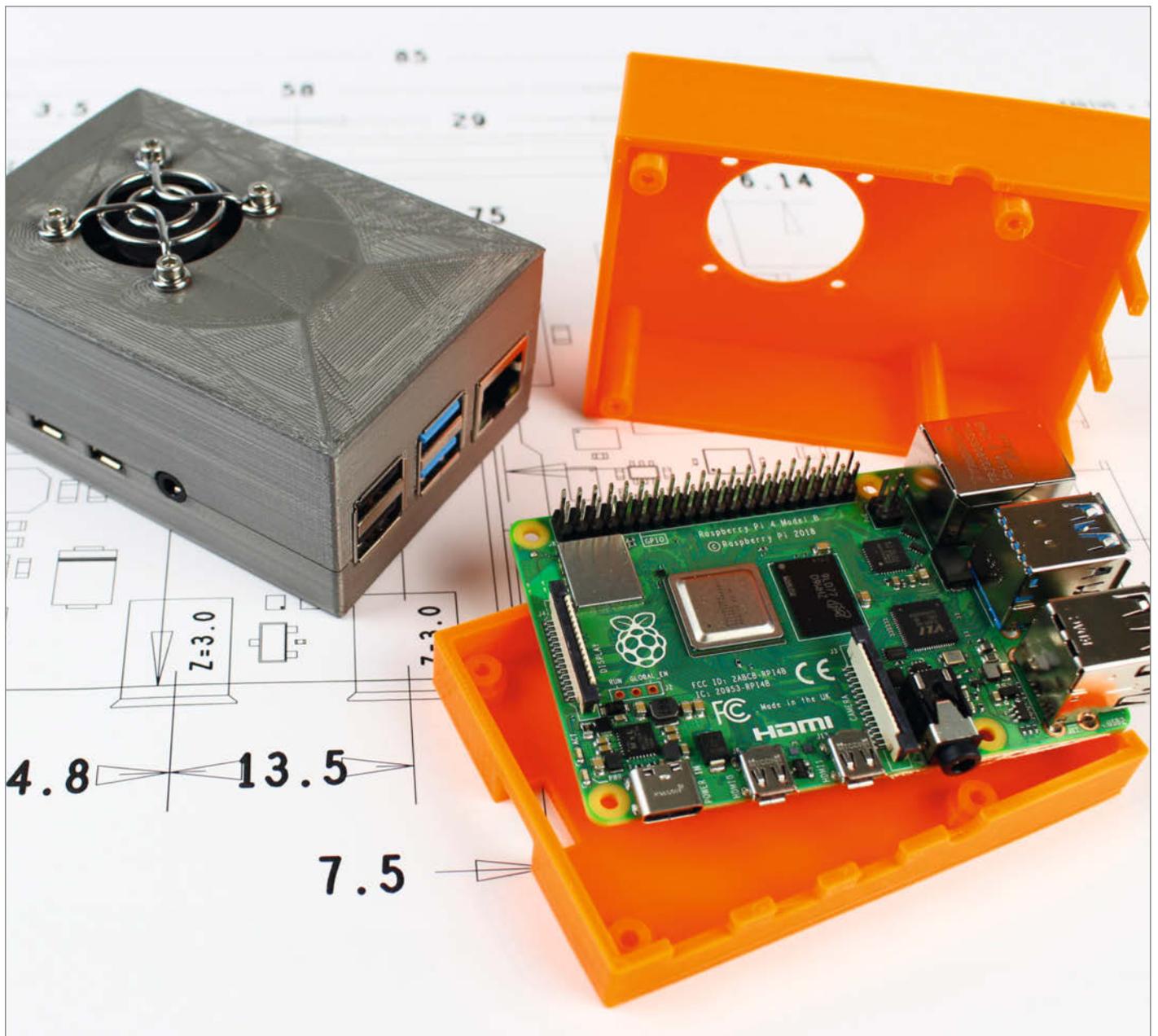


Die Testtafel im Einsatz

Raspberry-Pi-Gehäuse mit FreeCAD, Teil 5 (und Schluss)

In unserer Artikelserie zeigen wir, wie Sie mit der kostenlosen Software FreeCAD Ihr eigenes Gehäuse für Einplatinenrechner wie dem Raspberry Pi entwerfen. In den ersten vier Teilen haben wir gezeigt, wie Sie die Größe des Gehäuses sowie die Maße für die Anschlussöffnungen ermitteln und das Ganze in CAD zeichnen. In diesem fünften (und letzten) Teil der Serie wird das Gehäuse gedruckt und alles montiert.

von Matthias Mett



Nachdem die Konstruktion des Gehäuses in FreeCAD fertiggestellt ist (Schritt für Schritt in unseren drei Videos dazu gezeigt, siehe Link in der Kurzinfor), exportiert man die beiden Gehäusehälften als STL-Dateien. Markieren Sie dazu erst die eine Schale in der Baumansicht in FreeCAD und wählen Sie dann im Menü *Datei/Exportieren ...* das Exportformat *STL-Mesh (*.stl,*.ast)*. Geben Sie dann einen Dateinamen ein und starten Sie den Export. Anschließend mit der zweiten Hälfte wiederholen.

Die beiden Gehäusehälften haben wir anschließend in die Slicing-Software *Cura* importiert und dort auf dem virtuellen Druckbett nebeneinander angeordnet, um sie in einem Rutsch zu drucken. Auch hierzu und zu den folgenden Montageschritten finden Sie ein begleitendes Video über den Link in der Kurzinfor. Die durchgehenden horizontalen Flächen der Ober- und der Unterschale liegen dabei platt auf dem Druckbett, sodass sich beides (fast) ohne Stützen (Support) drucken lässt. Lediglich bei der Unterschale brauchen die Brücke über dem Ausschnitt für die SD-Karte sowie (eventuell) die Scheitel der Senkbohrungen auf der Unterseite Stützen.

Für den Ausdruck auf dem 3D-Drucker *Ultimaker 2+* haben wir ganz gewöhnliches PLA verwendet – für die Fotos kam silberfarbenes zum Einsatz, was die einzelnen Materialbahnen deutlich erkennen lässt. Die Slicing-Software ließen wir für den Druck eine *Brim* anlegen, also eine Art „Krempe“ rings um die Gehäuseschalen. Die soll verhindern, dass sich Ecken von Gehäuseboden und Oberseite vom Druckbett abheben. Das klappte auf dem Ultimaker nicht perfekt, an den Ecken war trotz *Brim* eine minimale Eckenanhebung zu erkennen. Sie ist jedoch so klein, dass sie nicht auffällt, wenn das Gehäuse später auf einer Tischplatte liegt.

Iterationen

Bei Ausdruck des allerersten Entwurfs für diese Artikelserie erwies sich die vorab ausgerechnete Wandstärke als zu dick, trotz der vorher draufgeschlagenen Toleranz. Die Außenmaße waren richtig, die inneren Öffnungen hatten jedoch zu wenig Spiel. Das liegt daran, dass die Druckdüse bei den Materialbahnen am Rand eines Werkstücks in der Regel etwas mehr Material seitlich herausdrückt, als in der Vorlage vorgesehen ist. Dadurch passte der Pi nur unter großer Pressung in das Gehäuse. Daher haben wir im zweiten Teil unserer Artikelserie (in dem es dann ans konkrete Konstruieren ging) einen Toleranzbereich von 2,25mm bis 2,5mm für die Wandstärke angegeben – je nach Genauigkeit des eigenen Druckers kann man die Wand eine Spur dicker machen oder bleibt mit einem Hauch dünner auf der sicheren Seite. Die passenden Maße

Kurzinfor

- » Konstruieren eines einfachen Raspberry-Pi-Gehäuses (4, Model B) mit kostenloser Software in 3D
- » Ermittlung von Maßen aus technischer Zeichnung und direkt an der Hardware
- » 3D-Druck, Nachbearbeitung und Endmontage

Checkliste



Zeitaufwand:
etwa drei Stunden



Kosten:
je nach Material und Drucker zwischen 5 und 20 Euro



Konstruieren:
CAD, aber keine Vorkenntnisse nötig



Computer:
Desktop oder Notebook mit Windows, macOS oder Linux



3D-Druck:
mit eigenem Drucker, im Fablab oder beim Dienstleister

Werkzeug

- » 3D-Drucker
- » Gewindeschneider Windeisen und Gewindebohrersatz M2,5
- » Hand- oder Ständerbohrmaschine mit Universalbohrern 2,1mm, 3mm, 5mm
- » Senkkopf oder Universalbohrer ab 8mm zum Entgraten der Senklöcher
- » Inbusschlüssel für die M2,5-Schrauben
- » Feile oder Schleifpapier zum Entgraten
- » Seitenschneider oder Spitzzange zum Entfernen der Stützen

Mehr zum Thema

- » Matthias Mett, Gehäusebau mit FreeCAD, Teil 1, Make 5/21, S. 116
- » Matthias Mett, Gehäusebau mit FreeCAD, Teil 2, Make 6/21, S. 116
- » Matthias Mett, Gehäusebau mit FreeCAD, Teil 3, Make 1/22, S. 80
- » Matthias Mett, Raspberrry-Pi-Gehäuse mit FreeCAD, Teil 4, Make 2/22, S. 106
- » Ulrich Schmerold, Gewindeschneiden in Metall, Make-Sonderheft 2021 „Loslegen mit Metall“, S. 44
- » Video: Slicen, 3D-Druck und montieren des Gehäuses

Material

- » Raspberry Pi 4 mit Micro-SD-Karte, Netzteil, Kühlkörpern
- » Lüfter für den Raspberry Pi 4 mit Montagezubehör
- » Gehäuse aus dem 3D-Drucker
- » 4 Schrauben M2,5 x 14mm

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xrg4



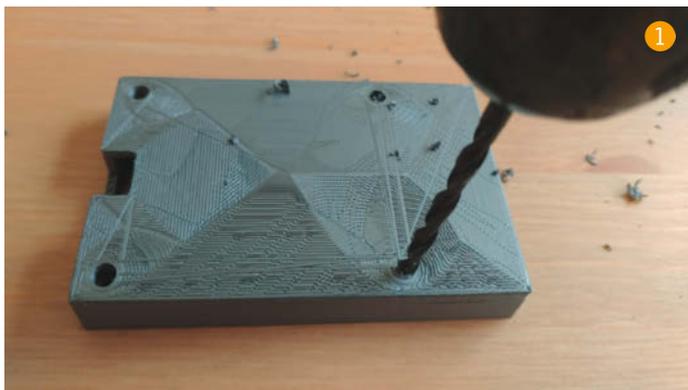
für den eigenen Drucker lassen sich in der Regel allerdings nur durch Ausprobieren herausfinden. Der alternative Weg ist, so lange mit der Materialflussrate des Druckers zu experimentieren, bis das Gehäuse passt – wie das im Einzelnen geht, würde den Rahmen dieses Artikels aber sprengen.

Entstützen und bohren

Nach dem Ausdruck haben wir die *Brim* von Hand entfernt und den übrig gebliebenen Grat mit der Feile weggenommen. Bei der Öffnung für den Micro-SD-Kartenhalter hat die Slicing-Software eine relativ solide Stützstruktur angelegt, um den Steg drucken zu

können. Diese Stützstruktur haben wir ebenfalls mit der Feile entfernt und entsprechend nachgearbeitet. Eine Stützstruktur fand sich auch an den vier Bohrungen zur Versenkung des Schraubenkopfes in der Unterschale. Die Öffnungen waren kaum noch sichtbar, ließen sich aber mit einem passenden Bohrer (5mm Durchmesser) leicht wieder öffnen ①. Die Kanten der Bohrungen haben wir dann mit einem noch größeren Bohrer (ab 8mm) händisch entgratet; hierfür eignet sich auch ein Senkkopf prima.

Die Ober- und Unterschale sind mit Hülsen ausgestattet, mit der sich die beiden Gehäusehälften von der Unterseite zusammenschrauben lassen, dabei wird dazwischen gleich die



Platine fixiert. Dazu müssen sich die Schrauben durch die Hülsenlöcher in der Unterschale einfach durchschieben lassen (sind sie zu eng, auf den passenden Durchmesser von 3mm aufbohren).

Gewinde schneiden

Für den sauberen Griff der Schrauben in den Hülsen der Oberschale schneiden wir dort Gewinde M2,5 hinein. Zuerst müssen wir jedoch die Kernlochbohrungen von 2,1mm mit einem entsprechenden Bohrer nachbohren,



Lüfter einbauen

Der separat gekaufte Lüfter mit dem mitgelieferten Lüftungsgitter und jeweils vier Schrauben und Muttern ließ sich problemlos im wieder aufgeschraubten Gehäuse montieren, ohne die Löcher nachbohren zu müssen. Die Schraubenköpfe haben wir oben angesetzt und die Muttern von unten befestigt (siehe Titelbild des Artikels). Wichtig ist jedoch die Lüftungsrichtung. Unser Lüfter bläst in Richtung des Aufklebers. Sitzt der Aufkleber unten (wie bei uns), fördert er Luft in das Gehäuse, zeigt der Aufkleber nach oben, zieht Luft aus dem Gehäuse heraus.

Wir haben zusätzlich noch Kühlkörper für die Chips auf dem Raspi zum Aufkleben ge-

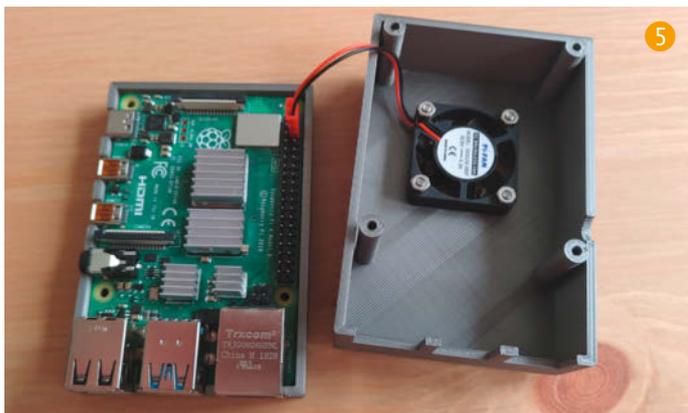
kauft, diese passen von der Höhe noch gut unter den Lüfter, der sie direkt anpustet. Die Abluft tritt aus den anderen Öffnungen des Gehäuses aus. Falls Sie Ihrem Raspi-Gehäuse mehr Durchzug verschaffen wollen, bringen Sie einfach zusätzliche Lüftungsschlitze an – wie das in FreeCAD geht, haben Sie in den vorigen Teilen unserer Artikelserie prinzipiell gelernt. Wir haben uns diese hier gespart, um unser Beispiel übersichtlich zu halten.

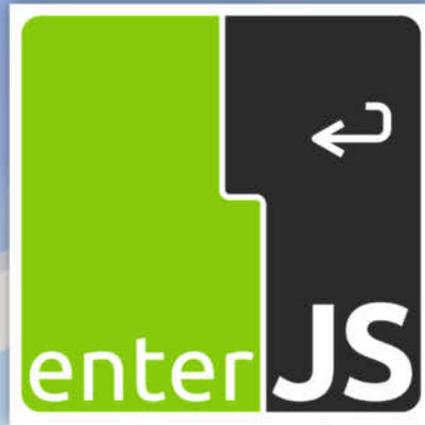
Der Stromanschluss des Lüfters kommt mit dem roten Draht auf den zweiten GPIO-Pin von rechts und mit dem schwarzen Draht auf den dritten GPIO-Pin von rechts (5 6). Der Lüfter ist so permanent aktiv und arbeitet, sobald die Platine Strom hat.

Weiter konstruieren

Unsere kleine Serie zum Gehäusebau mit FreeCAD ist damit zum Ende gekommen – nach dem gezeigten Prinzip sollten Sie jetzt in der Lage sein, mit dieser kostenlosen Software Gehäuse auf Maß für beliebige Platinen und Projekte zu konstruieren.

Wir machen mit FreeCAD aber auch jenseits dieser Serie weiter. In einer der nächsten Make-Ausgaben zeigen wir, auf welche Weise sich FreeCAD auch für andere Fertigungsverfahren als den 3D-Druck produktiv nutzen lässt, indem man aus einer CAD-Konstruktion einen bemaßten Bauplan exportiert. Bleiben Sie dran! —pek





Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

22. und 23. Juni 2022 - Darmstadt

Jetzt
Tickets
sichern!

www.enterjs.de

+++ Workshops zu Node.js, Angular, Playwright und JavaScript am 21. und 24. Juni +++

Silbersponsor



Veranstalter



Ausprobiert
— von Make: —

Hichi IR

Günstiger IR-Lese- kopf für Smart Meter mit Tasmota-Firmware



Für etwa 30 Euro bekommt man bei *eBay* direkt vom Hersteller den WLAN-fähigen IR-Schreib-Lese-Kopf *Hichi IR*, der nicht nur die Daten eines smarten Stromzählers ausliest, sondern auch die *Tasmota*-Firmware enthält und damit

gleich eine Anbindung an das heimische WLAN realisiert.

Konfiguration und Kopplung an das *Smart Meter* sind von überschaubarem Aufwand und gelingen auch ohne Vorkenntnisse als Programmierer oder Elektroniker – online finden Sie eine ausführliche Anleitung dazu (siehe Link unten). Anschließend kann man mit einem Smartphone im eigenen WLAN in Echtzeit den Verbrauch auf allen Phasen beobachten.

Reingeschaut haben wir in den Kopf auch: Auf der unteren Platine sitzen eine IR-LED und ein IR-Fototransistor. Deren Signal wird mittels eines Schmitt-Triggers (74HC14D) aufbereitet und über eine 8-polige Buchsenleiste zur oberen Platine geleitet. Ebenso befindet sich eine Micro-USB-Buchse, über die der Lesekopf mit Spannung versorgt wird, und ein 3,3V-Spannungsregler auf der unteren Platine. Die Auswertung der Zählersignale und die WLAN-Anbindung übernimmt auf der oberen Platine ein ESP8266. Daneben sitzt noch ein 8MB-Flash-Speichermodul. Alle Teile, so auch der Neodym-Magnet, der den Lesekopf am Zähler in Position hält, finden in einem Gehäuse mit 31 mm Durchmesser und 27 mm Höhe Platz. Gefertigt wurde das Gehäuse augenscheinlich mit einem 3D Drucker. Das ließe sich mit Maker-Mitteln auch leicht selber bauen, aber fertig kaufen spart Zeit und tut finanziell hier nicht weh. —*Ulrich Schmerold/pek*

► heise.de/-7065559

Hersteller	Hicham Belmadani
URL	make-magazin.de/xzg1
Preis	ca. 30 €

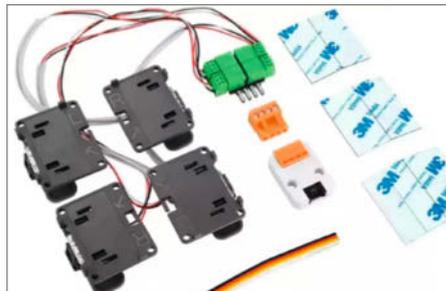
Scale Kit with Weight Unit

Gewichtssensoren für das M5Stack-System

Mit diesem Kit von M5Stack kann man schnell und sehr einfach Waagen bauen, die nicht nur der Körpergewichtskontrolle dienen, sondern auch Filamentvorräte beim 3D-Druck, den Inhalt von Gefäßen und vieles mehr überwachen können. Es besteht aus vier Wägezellen für Gewichte bis zu 200kg, einem 24Bit-AD-Wandler sowie Kabel und Stecker zur Verbindung der Zellen mit dem Wandler. Der Wandler selbst passt zum *M5Stack*-Modulsystem. Mithilfe eines Basismoduls, das neben einem ESP32 auch ein Display enthält, kann so sehr schnell eine genaue Waage aufgebaut werden. Das Modul übernimmt auch die Stromversorgung von Wandler und Sensoren. Das Kit kann aber auch mit anderen ESP-Boards benutzt werden.

Die erforderlichen mechanischen Arbeiten beschränken sich auf die Montage geeigneter Grund- und Wägeplatten (maximal 50cm Seitenlänge) unter beziehungsweise auf den Wägezellen.

Geeicht wird die Waage per Software. Der Software-Aufwand dafür ist extrem gering: In der ausführlichen Online-Dokumentation



M5Stack

ist ein Programmbeispiel mit lediglich acht Befehlszeilen enthalten. Eine Messgenauigkeit von 1% soll damit erreichbar sein.

Außerdem stehen ausführlich kommentierte Programme für die verschiedenen Prozessor-Module aus der *M5Stack*-Familie zur Verfügung, die lediglich zum Beispiel per Arduino-IDE auf das Modul aufgespielt werden müssen. —*hgb*

Hersteller	M5Stack
URL	make-magazin.de/xzg1
Preis	14 US-\$

Trnio Plus

Photogrammetrie-App für iOS

Trnio läuft auf iPhones und bringt damit alles auf Hosentaschenformat, was man für das 3D-Scannen mittels Photogrammetrie braucht (siehe auch Seite 26). Die App arbeitet ent-

weder im *ARKit*-Modus: Dann umkreist man bei laufender Kamera langsam sein Zielobjekt und bekommt auf dem Live-Bild der Kamera eine wachsende Punktwolke mit erfassten 3D-Oberflächenkoordinaten zu sehen, ohne dass man den Auslöser drücken muss. Zum Schluss schickt man die erfassten Rohdaten per Knopfdruck auf den Server, wartet eine Weile, dann lässt sich eine zoom- und drehbare Ansicht des errechneten 3D-Objekts inspizieren. Ein einfacher Editor erlaubt direkt auf dem Telefon anschließend noch die Korrektur der Ausrichtung gegenüber der Koordinatenachsen, außerdem kann man unerwünschte Teile des Scans entfernen. Alternativ zum *ARKit*-Modus schießt man einfach eine Bilderserie mit der Kamera des Mobilgeräts und lädt dann die Bilder in *Trnio Plus* hoch, die maximale Anzahl pro Objekt liegt bei 300 Fotos.



Die App an sich ist erst einmal kostenlos und auch die beschriebenen Aufnahmemethoden kann man frei ausprobieren. Als In-App-Käufe gibt es dann drei verschiedene

Tarife für den Export – Monats und Jahresabos sowie die Möglichkeit, für jeden einzelnen Scan, dessen Ergebnis man exportiert, 99 US-Cent zu zahlen.

Die App lässt sich leicht bedienen und liefert schöne Ergebnisse – wer aber nicht gerade ein neueres Top-iPhone mit *Lidar* besitzt, profitiert eher weniger von der *Plus*-Version von *Trnio*, kann aber weiter die „klassische“ Version der App benutzen, die nur einmalig 5 US-Dollar kostet. Einen ausführlichen Testbericht lesen Sie online (siehe Link). —*pek*

► heise.de/-7081736

Hersteller	Trnio
URL	make-magazin.de/xzg1
Preis	wahlweise 99 US-Cent/Scan, 10 US-\$/Monat oder 72 US-\$/Jahr

PiSquare

Per Netzwerk auf mehrere Raspbberri Pi HATs zugreifen

**Ausprobiert
– von Make: –**

PiSquare ist ein auf den RP2040 und ESP-12E basierendes Board von *SB-Components*. Es dient dazu, von einem Raspberry Pi aus, per WLAN HATs (*Hardware Attached on Top*) zu verwenden. Dazu besitzt es eine Raspberry-Pi-kompatible GPIO-Steckerleiste. Dies spart nicht nur die aktuell sehr teuren Raspberry Pi, wenn man mehrere HATs mit unterschiedlichen Fähigkeiten benötigt, sondern es ist auch alleine als Mikrocontroller-Board oder zusammen mit einem HAT nutzbar. Dabei kann es dank des beliebten RP2040-Prozessors in der *ArduinoIDE* und auch in *MicroPython* programmiert werden.

Zum Testzeitpunkt war die Software für den Raspberry Pi und *PiSquare* noch nicht finalisiert, allerdings ist die Programmierung und Verbindung über Netzwerk-Sockets, etwa in Python, leicht zu erledigen. So war es uns möglich, per WLAN unsere Test-HATs anzu-steuern. Je nach HAT können hierzu GPIO-, I²C-, SPI- oder UART-Kommandos gesendet werden – die Ausgaben oder Pin-Zustände der HATs werden dann per WLAN zurückgegeben.

Neben der Verwendung mit verschiedenen HATs kann man so auch mehrere gleiche, örtlich verteilte HATs verwenden, was auf einem Raspberry Pi aufgesteckt nicht möglich ist.

Die Kommandos können dabei nicht nur von einem Raspberry Pi kommen, sondern von jedem Computer, der per Netzwerk-Sockets auf das WLAN zugreifen kann. Da das *PiSquare*-Board zusätzlich noch ein kleines Display, einen USB-C Anschluss, und 16MBit Flashspeicher enthält, kann man es durch die leicht zugänglichen GPIOs nebenbei prima als Experimentierboard benutzen, auch ganz ohne HATs.



Hersteller	SB Components Ltd.
URL	shop.sb-components.co.uk/products/pisquare
Preis	24 € inkl. Steuern ohne Versand aus UK

—caw

Tello Talent

Programmierbare Drohne

In Heft 6/21 haben wir das Tello-Standardmodell mittels externer Rechenpower etwas intelligenter gemacht. Das Modell *Talent* verfügt über mehr Eigenintelligenz und kann über seine integrierten Kameras sogenannte *Mission Pads* (bunten Kacheln) erkennen, die ihrerseits Befehle für Flugaktionen antriggern. So kann die Drohne quasi Pfade abfliegen und beim Schweben über einem Pad die Richtung wechseln. Mit dem beigelegten Akku kann sie das rund 10 Minuten.

Die Befehle zur Programmierung werden von einem Client per UDP (statt TCP) in Klartext an die Drohne gesendet. Für den PC gibt es einen rudimentären Client in Python, für den Empfang der Telemetriedaten der Drohne muss man sich dann einen eigenen UDP-Server basteln. Alternativ gibt es blockbasierte grafische Tools wie *Mind+*, *Droneblocks* und *DJI Education Hub* sowie Apps für Android und iPhone.

Darüber hinaus ist dem Modell eine „Open-Source-Steuerung“ beigelegt, die man an der Drohne montiert. Im Prinzip handelt es sich um einen ESP32 mit LED-Matrix und einem Abstandssensor nach vorne, um die Distanz zu Hindernissen messen zu kön-

nen. Der ESP32 funkt auf 5,8GHz und reicht die Befehle dann an die Drohne weiter. Die LEDs lassen sich einzeln oder im Ganzen programmieren, um Muster oder Zeichenketten während des Fluges anzuzeigen. Die Erweiterung lässt sich während des Fluges (per UDP) programmieren oder offline per Arduino IDE.

Apropos offline: Die Drohne spannt für die Funkverbindung ein eigenes Netz per AP auf, mit dem sich der Client verbinden muss. Alternativ soll sich die Drohne im Station-Modus auch mit einem Router verbinden können, sodass man mit einem Client mehrere Drohnen, etwa für Formationsflüge steuern kann. In unserem Test gelang die Verbindung zu einem Router jedoch nicht.

Im Prinzip ist die rund 260 Euro teure Tello Talent ein geiles Stück Technik, mit der man ab 14 lernen kann, Roboter zu



**Ausprobiert
– von Make: –**

programmieren. Allerdings ist die von Hersteller DJI angebotene Dokumentation insgesamt schwere Kost und teils lückenhaft. Im privaten Education-Bereich gibt es aber diverse (teils kostenpflichtige) Angebote, die Tello-Programmierungskurse für Schüler anbieten.

—dab

Hersteller	DJI
URL	www.dji.com/de/robomaster-tt
Preis	260 €

Blender 3

Das umfassende Handbuch



Das letzte *umfassende Handbuch* zu Blender im Rheinwerk-Verlag erschien bereits vor sieben Jahren und zu Version 2.7 (besprochen in Make 6/15), war von Thomas Beck verfasst und hatte eher den Charakter eines Nachschlagewerks. Mit dem Handbuch zur aktuellen Blender-Version 3 hat sich nicht nur der Autor geändert – jetzt zeichnet Andreas Asanger verantwortlich – auch das Konzept wurde abgewandelt: Zwar bietet das Buch nach wie vor systematische Übersichten zu den Werkzeugen und Workflows zum Modellieren, Texturieren, Beleuchten, Animieren und schließlich Rendern, eingestreut sind jetzt aber diverse praktische Workshops, in denen zum Teil umfangreiche Beispielprojekte umgesetzt werden. Damit eignet sich das Buch deutlich besser als sein Vorgänger zum Lernen als „nur“ zum systemischen Füllen von Blender-Wissenslücken.

Wer bereits Asangers Buch *Blender 2.7 – Schritt für Schritt zur eigenen 3D-Animation* kennt (besprochen in Make 1/18), dem werden die in den Realfilm hineinigerende Dampflok oder der Cartoon-Octopus aus den Workshops bekannt vorkommen, andere Beispiele sind ganz neu und nutzen auch aktiv manche Neuerung von Blender 3. Wirklich alle Funktionen der Software kann und will der Autor gar nicht beschreiben, wie er in der Einleitung schreibt – dazu ist Blender schon lange zu umfangreich, wird zudem ständig weiter entwickelt und ist mittlerweile online auch recht gut dokumentiert, wenn auch auf Englisch. —pek

Hinweis: Dieses Buch erscheint in einem Verlag, der wie die Maker Media GmbH zur Heise Gruppe gehört.

Autor Andreas Asanger
Verlag Rheinwerk Design
Umfang 923 Seiten
ISBN 978-3-8362-7156-1
Preis 49,90 € (Buch oder E-Book),
 54,90 € (Bundle)

Feuer und Funken

Rezepte und Projekte für Deine Outdoor-Küche

Es gibt für alles ein erstes Mal, wie auch für ein Kochbuch in den *Make*-Rezensionen. Denn natürlich geht es in diesem Buch um mehr als Kochen und Backen. Foodblogger Felix Schäferhoff kombiniert 65 Rezepte mit 8 DIY-Projekten, die Freunde und Bekannte gebaut haben. Sie reichen von einfachen Ideen wie dem Flammklachsbrett bis hin zu Riesenprojekten wie einem selbstgeschweißtem Smoker. Ganz im Trend liegt die *Dutch Oven Station*, während ein südafrikanischer *Braai*-Grill oder der Grill im Werkzeugkasten eher exotische Spielereien sind.



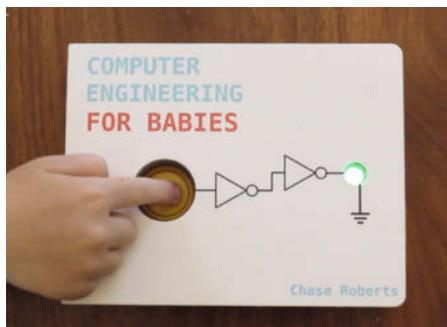
Genau wie die vorgestellten Rezepte sind sie für Outdoor-Küchen gedacht. Trotzdem ist von Fisch und Fleisch über Vegetarisches bis zum Süßkram für alle etwas dabei. Die Rezepte

und Anleitungen werden von vielen Bildern ergänzt, die Lust auf mehr machen. Wer nach unserem Sonderheft Metall noch auf der Suche nach einem sinnvollen Projekt mit diesem Material ist, wird hier fündig – und nach dem Bau bestimmt sehr satt. —hch

Autor Felix Schäferhoff
Herausgeber Landwirtschaftsverlag
 Münster
Umfang 232 Seiten
ISBN 978-3784357065
Preis 29 €

Computer Engineering for Babies

Können schon Babies und Kleinkinder verstehen, wie Logikgatter funktionieren? Klar, meint Programmierer Chase Roberts und hat ein interaktives Buch geschaffen, das mit zwei dicken Arcade-Buttons und einer bunten LED die am häufigsten verwendeten Gatter erklärt. Der Clou: Das Buch erkennt mit Lichtsensoren, welche Seite gerade aufgeklappt ist und welches Gatter daher zu sehen ist. Ist etwa die pinke Doppelseite *OR* offen, leuchtet die LED bei einem Tastendruck pink auf. Zumindest in der Theorie, denn in unserem Buch sind die Farben vertauscht – ein Problem einiger Exemplare aus dem Crowdfunding, über das Roberts seine erste Produktion finanziert hatte. Trotzdem macht das Blättern viel Spaß und



vermittelt auch Erwachsenen noch einmal anschaulich, wie Gatter eigentlich funktionieren. Ob Kleinkinder wirklich etwas lernen, sei dahingestellt. Auf jeden Fall sind sie eine Weile beschäftigt und das relativ leise. Sie sollten allerdings schon aus dem Alter raus sein, in dem auf allem rumgekaut und viel gesabbert wird, sonst hält der Spaß nicht lange. —hch

Autor Chase Roberts
Umfang 14 Seiten
ISBN 978-1-735208701
URL computerengineeringforbabies.com
Preis 33 US-\$

X203

Soundkarte und USB-Hub für Raspberry Pi Zero

Das X203 ist das neueste Erweiterungs-Board von *Geekworm* für den *Raspberry Pi Zero I* und *II*. Es bietet auf einer Fläche, die etwa doppelt so groß wie der Zero ist, vier USB-2-Ports (bis zu 480 Mbps) und eine Soundkarte mit Kopfhörerverstärker sowie Lineout-Anschlüssen, die laut Ansicht des Herstellers auch Audiophile befriedigen soll.

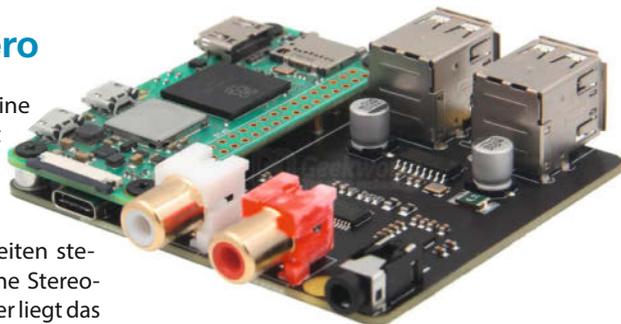
Auch die weiteren Angaben lesen sich gut: Auf dem Board sitzt ein Digital-/Analogwandler von *TI Burr Brown* (TI PCM5122) mit 32-Bit Auflösung und einer maximalen Samplerate von 384kHz. Der soll für ein Signal-/Störverhältnis (SNR) von 112dB sorgen. Ein *Ultra-low-noise*-Spannungsregler soll zu diesem Wert ebenfalls beitragen. Die Soundwiedergabe soll mit allen gängigen Betriebssystem (Pi OS, OpenELEC, OSMC, Volumio) möglich sein.

Die Audiosignale werden vom Raspberry Zero per I²S-Bus digital an den DA-Wandler übertragen. Die USB-Verbindungen werden also nicht durch die Soundwiedergabe ausgebremst, ebensowenig der Prozessor des

Raspi. Außerdem kommen so keine Störsignale aus der qualitativ nicht sonderlich guten Spannungsregelung der Zero-Platine zum DA-Wandler.

Als Sound-Anschlussmöglichkeiten stehen zwei Cinch-Buchsen sowie eine Stereo-Klinkenbuchse zur Verfügung. An der liegt das Signal des ebenfalls von Texas Instruments stammenden Onboard-Kopfhörer-Verstärkers TPA6133A an, der bei einer maximalen Leistung von 0,14W mit 109dB SNR arbeitet.

Der Raspberry Pi Zero wird mit den mitgelieferten Abstandshaltern auf das Erweiterungs-Board geschraubt. Die elektrische Verbindung (USB- und I²S-Signale sowie Strom) erfolgt mit federnden Pogo-Kontakten auf die Unterseite des Raspi. Lötarbeiten oder zusätzliche Kabelverbindungen sind nicht notwendig. Laut Hersteller soll es keinerlei Einschränkungen bei der Verwendung von Kühlkörpern auf der Oberseite des Raspberry geben. Die Stromversorgung erfolgt über die USB-



C-Buchse des X302. Durch die zusätzlichen USB-Anschlüsse muss das Netzteil allerdings bei 5V mindestens 3A liefern können. Das Board ist zu einem Aufpreis von 7 US-Dollar auch mit Netzteil lieferbar. —hgb

Hersteller	Geekworm
URL	geekworm.com/collections/new-arrivals/products/x302
Preis	31 US-\$

P200

Mobiles Labornetzteil

Das *P200*-Netzteil von *ToolkitRC* richtet sich zwar eher an Modellbauer, die ihre Akkus im Feld laden wollen, ist aber aufgrund seiner geringen Maße durchaus auch für das Maker-Labor interessant. Bei einer Größe von nur 84mm x 63mm x 78mm nimmt es kaum Platz auf dem Schreibtisch weg; zusätzlich ist es dank eines Gewichts von nur 360g auch absolut reisetauglich. Es lässt sich mit einer Gleichspannungsquelle mit 7–28V versorgen, etwa einer Autobatterie. Die Ausgangsleistung liegt dann bei maximal 200W, begrenzt auf einen maximalen Strom von 10A. Auch was die Netzversorgung angeht, ist das Gerät mit 100–240V recht flexibel, wobei hier die maximale Ausgangsleistung auf 100W begrenzt ist. Die Ausgangsspannung lässt sich von 1.0–30.0V einstellen, bei Strömen von 1,0–10,0A.

Wie für ein regelbares Netzteil üblich, ist es vor Kurzschluss geschützt und weist eine einstellbare Spannungs- beziehungsweise Strombegrenzung auf, was es auch zum Laden diverser Akkus prädestiniert. Die Einstellungen erfolgen über zwei digitale

Drehgeber, als Anzeige ist ein 1,54" großes und mit 240 x 240 Pixel recht hochauflösendes ISP-Display verbaut, welches den Verlauf von Spannung und Strom auch als Graph darstellt.

Das Netzteil konnte so klein gebaut werden, da der Wirkungsgrad dank der verwendeten Galliumnitrid-Halbleiter (GaN) laut Hersteller mit 95 Prozent hoch ist. Bei dieser Art von Feldeffekt-Transistoren (FETs) ist es möglich, Netzteile mit höheren Schaltfrequenzen zu realisieren, da die Schaltverluste geringer sind als bei herkömmlichen Silizium-Bauelementen. Neben der geringen Abwärme können dank der größeren Schaltfrequenz auch viele weitere Bauteile wie Speicherdrosseln und Siebkondensatoren kleiner dimensioniert werden. Ein weiteres nützliches Feature ist der USB-C-Ausgang mit bis zu 65W, welcher so ziemlich alle gängigen Protokolle wie Power Delivery und Quick Charge unterstützt, wobei ebenfalls alle relevanten Parameter auf dem Display dargestellt werden. Der Preis ist mit rund 110 Euro dem Gebotenen angemessen. —Roman Radtke/dab

Ausprobiert
— von Make: —



Hersteller	ToolkitRC
URL	toolkitrc.com/P200
Preis	ca. 110 €

IMPRESSUM

Make: Nächste Ausgabe erscheint am 28. Juli 2022

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), Ákos Fodor (akf), Helga Hansen (hch), Carsten Meyer (cm), Carsten Wartmann (caw)

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Beetlebum (Comic), Johannes Börnsen, André Burkhardtmaier, Hermann Dengler, Kurt Diedrich, Stefan Draeger, Thomas Fischer, Michael Gaus, Ramon Hofer Kraner, Miguel Köhnlein, Jan Peter Kuhtz, Matthias Mett, Gerd Michaelis, Andreas Müller, Alexander Peevsky, Ulli Schmerold, Alexander Wankerl, Allan Wong

Assistenz: Susanne Cölle (suc), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

Leiterin Produktion: Tine Kreye

DTP-Produktion: Martina Bruns, Martin Krefit (Korrektorat)

Art Direction: Martina Bruns (Junior Art Director)

Layout-Konzept: Martina Bruns

Layout: Nicole Wesche

Fotografie und Titelbild: Andreas Wodrich

Digitale Produktion: Kevin Harte, Thomas Kaltschmidt

Hergestellt und produziert mit Xpublisher:
www.xpublisher.com

Verlag

Maker Media GmbH
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-0
Telefax: 05 11/53 52-129
Internet: www.make-magazin.de

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise

Geschäftsführung: Ansgar Heise, Beate Gerold

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167)
(verantwortlich für den Anzeigenteil),
mediadaten.heise.de/produkte/print/das-magazin-fuer-innovation

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: Dierichs Druck + Media GmbH & Co.KG,
Frankfurter Str. 168, 34121 Kassel

Vertrieb Einzelverkauf:
DMV DER MEDIENVERTRIEB GmbH & Co. KG
Meißberg 1
20086 Hamburg

Telefon: +49 (0)40 3019 1800
Telefax: +49 (0)40 3019 1815
E-Mail: info@dermedienvvertrieb.de
Internet: dermedienvvertrieb.de

Einzelpreis: 12,90 €; Österreich 14,20 €; Schweiz 25.80 CHF;
Benelux 15,20 €

Abonnement-Preise: Das Jahresabo (7 Ausgaben) kostet inkl. Versandkosten: Inland 77,00 €; Österreich 84,70 €; Schweiz/Europa: 90,65 €; restl. Ausland 95,20 €

Das Make-Plus-Abonnement (inkl. Zugriff auf die App, Heise Magazine 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. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in Make erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Published and distributed by Maker Media GmbH under license from Make Community LLC, United States of America. The 'Make:' trademark is owned by Make Community LLC Content originally partly published in Make: Magazine and/or on www.makezine.com, ©Make Community LLC 2020 and published under license from Make Community LLC. All rights reserved.

Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten.
Gedruckt auf Recyclingpapier.

© Copyright 2022 by Maker Media GmbH
ISSN 2364-2548

Nachgefragt

Daniel Düsentrieb ist dieses Jahr 70 geworden. Viele seiner

Projekte hatten ihre Tücken.

Welches Projekt hat euch zur Verzweiflung gebracht?

Thomas Fischer
Barßel, zeigt auf Seite 64 wie man seine Werkstatte fernsteuert.

Die Idee war eigentlich ganz einfach: Ich wollte für meine Werkstatt ohne Internetzugang eine Uhr mit einem Matrixdisplay. Kurz vor der Verzweiflung fand ich letztlich eine Lösung. Nun weiß ich, welche Zeit mir geschlagen hat!

Gerd Michaelis
Möhrendorf, bastelt auf Seite 102 Schaltungen stehend statt liegend auf.

Einfache Idee: Ein Sensor misst den Druck am Boden einer Zisterne, um daraus die Füllhöhe zu berechnen. Das hydraulische System dicht zu bekommen, dauerte viel länger als Programmierung und Test des Arduinos.

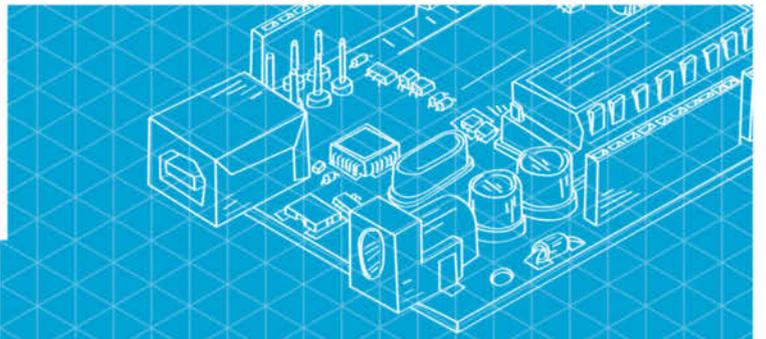
Johannes Börnsen
Ritterhude, nutzt auf Seite 82 einen Akkuschrauber zum Dreheln.

Musste zwei Schubladen bauen. Die erste ist 30mm zu schmal geworden. Bei der zweiten hat die Breite dann gepasst, dafür war sie 30mm zu tief. Diese Vollauszugsanleitungen – da muss man sich ECHT konzentrieren!

Ramon Hofer Kraner
Herisau, Schweiz, warnt auf Seite 40, bevor die Kaffee-Tabs ausgehen.

Zeile für Zeile kontrolliert, Elektronik getestet, Testprogramme geschrieben, alte Versionen ausprobiert und Stunden später gemerkt, dass mein Arduinospeicher zu voll ist, sodass ein Klappen-Regler nicht funktionieren kann.

Make:



DAS KANNST DU AUCH!



GRATIS!



2x Make testen und über 9 € sparen!

Ihre Vorteile:

- ✓ **GRATIS dazu:** Make: Tasse
- ✓ Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv*
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

Für nur 16,10 € statt 25,80 €

* Für die Laufzeit des Angebotes.

Jetzt bestellen: make-magazin.de/miniabo



Life is
what you
Make:
it

Hannover

Maker Faire®

Hannover Congress Centrum & Stadtpark

10.–11. Sept. 2022

Melde dich **bis Anfang Juli** mit
deinem Projekt für einen Stand, als
Speaker oder als Workshopleiter an!

Zeig dein
Projekt

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