

Mediacenter-Systeme  
für den Raspberry Pi

## So sparen Sie Energiekosten

- ▶ Stromverbrauch im Smart Home messen und senken
- ▶ Ganz einfach: Heizkörperluft effizient verteilen
- ▶ Heizungstemperaturen loggen und analysieren



## Workshops

- ▶ Pi Pico in Basic programmieren
- ▶ Kennt nicht jeder: Transistor-Tricks
- ▶ Schick: Aufkleber selber machen

## Werkstatt

- ▶ Raffinierte Werkbank selber bauen
- ▶ Nützliche 3D-Druck-Plug-ins für Cura
- ▶ Neue Serie: 3D-Drucker-Tuning

## Citizen Science

- ▶ Wetterfeste Sensor-Station mit Solar-Stromversorgung
- ▶ Flexibel: Wasserpegel, Wetterdaten und mehr messen
- ▶ Kilometerweite Funkverbindung mit LoRaWAN



## Funk-Hacks

- ▶ IoT-Daten per Satellit schicken
- ▶ DIY-AirTags können mehr als Apples Originale



1/23  
9.2.2023  
CH CHF 26,50  
AT 14,90  
Benelux 15,90  
€ 13,50





SHAPER

# STUDIO

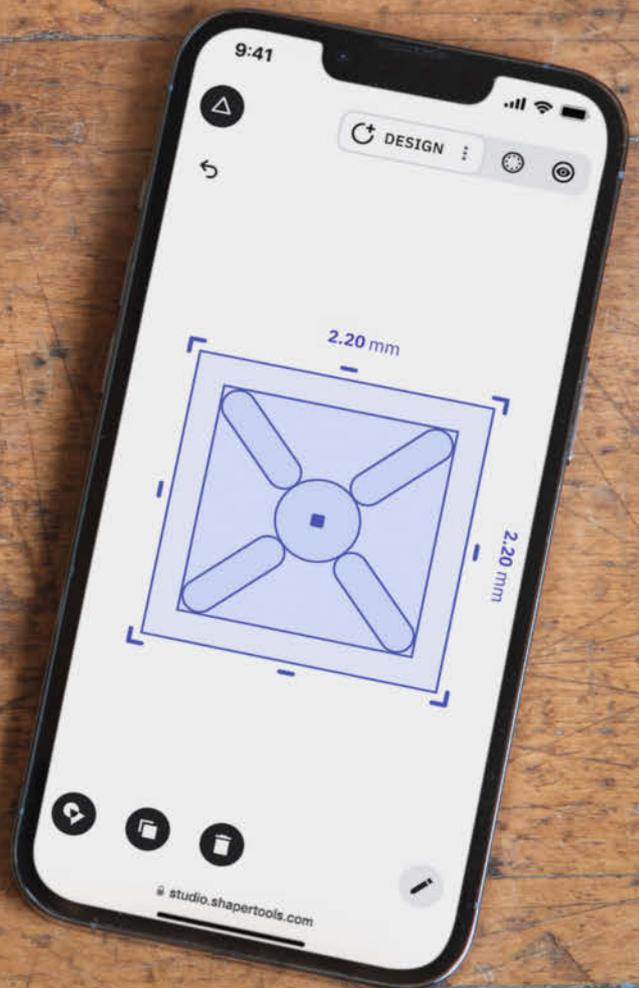
Die intuitive Zeichensoftware  
für dein Handwerk.

Zum fertigen Design in nur wenigen Klicks.  
Mit Studio erstellst du schnell fertige Projektdaten  
im SVG-Format – egal ob für Fräsarbeiten mit Origin,  
deinen Lasercutter oder Schneideplotter.



Setze deine Ideen mit einfach zu bedienenden  
Zeichen- und Layoutwerkzeugen in die Realität um.  
Kombiniere Grundformen, füge Text hinzu und  
skaliere in reellen Maßeinheiten.

[shapertools.com/studio](https://shapertools.com/studio)



Mehr erfahren:



## Voran in die Zukunft, ohne Rast und Ruh'

Alle Welt redet derzeit mit oder über ChatGPT, die künstlich-intelligente Text-Collagen-Maschine und auch wir spielen gerne damit rum (wundert Sie das wirklich?). Aber am Auftrag, für dieses Heft ein flottes Editorial etwa zum Raspberry Pi zu schreiben, ist der Textautomat gescheitert. Noch nicht mal krachend (was vielleicht lustig wäre), sondern mit einer langweiligen Aneinanderreihung von Allgemeinplätzen. Das schmissigste, was der Maschine zu den beliebten Bastelboards einfiel, war: *Wenn ihr noch nie von diesen kleinen, aber leistungsstarken Computern gehört habt, dann seid ihr wahrscheinlich unter einem Stein gelebt.*

Respekt, kreative Grammatik – aber wer im Glashaus sitzt, sollte nicht mit den Steinen werfen, unter denen er selbst *lebt*. Der Software ist zwar der Raspi ein Begriff, sie kennt aber nicht die aktuelle Marktsituation. Das Faktenwissen von ChatGPT reicht nur bis zum Stand vom September 2021, wie das Programm selbst auf Nachfrage einräumt.

Egal, nächster Versuch:

„ChatGPT, bitte rappe mir ein launiges Editorial zum Thema DIY und Künstliche Intelligenz für die Make.“

*DIY und KI, was für eine Kombination!  
Do it yourself, das ist der Trend,  
steigende Nachfrage, das ist bekannt.  
KI, die Zukunft, das ist klar,  
aber wie passt das zusammen, wie geht das wahr?*

*Ihr denkt, es geht nur um Roboter bauen,  
aber nein, das ist es nicht allein.  
Kreativität und Technologie,  
das ist die Zukunft, die wir brauchen,  
um Projekte zu realisieren,  
die sonst unmöglich wären.*

Wenn Sie jetzt merken, dass dieser Text so gar keinen Rhythmus hat – herzlichen Glückwunsch: Dann sind Sie kein Roboter. Wenn Sie denken, dass Sie besser schreiben können und mehr von Technik verstehen als ChatGPT, dann schlagen Sie doch mal Seite 29 in diesem Heft auf: Denn wir suchen immer noch Menschen, die mit uns die Make-Ausgaben der nächsten Jahre produzieren wollen, unter Einsatz von natürlicher Intelligenz, Mutterwitz und mit viel Herzblut. Wäre das nicht was?

*Also lasst uns die Zukunft gestalten,  
mit DIY und KI, das ist der Wahnsinn!  
Make, Deutschlands gefährlichstes DIY-Magazin,  
wir gehen voran in die Zukunft, ohne Rast und Ruh'.*



Das hätten wir selbst ... deutlich schöner sagen können. Deshalb: Der Rest dieser Ausgabe wurde komplett von netten Menschen geschrieben, keine künstlichen neuronalen Netze wurden gequält oder Elektronen unter für Elementarteilchen unwürdigen Bedingungen in anonymen Großrechnerfarmen ausgebeutet.

*In diesem Sinne, viel Spaß beim Basteln und Bewerben!*

*Peter König*

Peter König

*Alle kursiven Textstellen stammen direkt aus ChatGPT.*

**Sagen Sie uns Ihre Meinung!**

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



OlegDoroshtin / Shutterstock.com

## So sparen Sie Energiekosten

Energiesparen ist ein ernstes Thema – nicht nur vor dem Hintergrund der eigenen Ökobilanz, sondern vor allem im Hinblick auf die kommende Abrechnung Ihres Energieversorgers. Auch wenn Etat und bauliche Gegebenheiten keine Wärmepumpe und Solarpanels zulassen, sollten Sie zumindest heimliche Stromfresser aufspüren und Ihre Heizungsanlage optimieren – das funktioniert mit überraschend geringem Aufwand.

- 10** Stromverbrauch im Smart Home ermitteln und senken
- 18** Heizungstemperaturen loggen und analysieren
- 24** Ganz einfach: Heizkörperluft effizient verteilen

# Inhalt

## Werkstatt

Kein Bastelkeller? Kein Problem: Unsere mobile Maker-Werkbank lässt sich sekundenschnell aufbauen, und man kann sie sogar unter dem Arm zum nächsten Maker-Treff transportieren. Dort könnten Sie auch mit Ihrem frisch getunten 3D-Drucker oder tollen Slicer-Tricks mit produktivitätssteigernden Cura-Plug-ins glänzen.

- 78** 3D-Drucker tunen: Sensor-loses Homing
- 84** Nützliche 3D-Druck-Plug-ins für Cura
- 102** Raffinierte 3-in-1-Werkbank selber bauen

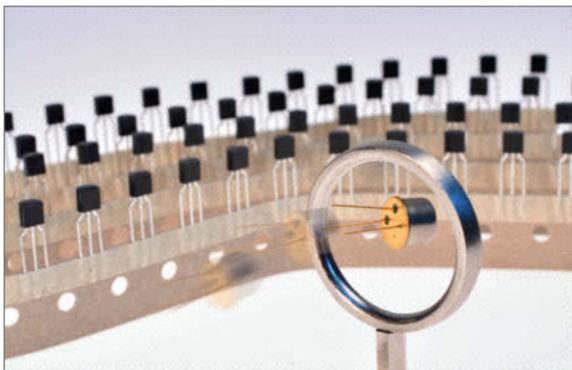


- 3** Editorial
- 6** Leserforum, Comic
- 10** Know-how: Stromverbrauch ermitteln und senken
- 18** Projekt: Heizungslogger
- 24** Projekt: Heizungslüfter
- 28** Kommende Maker Faires: Ruhr, Wien, Hannover
- 30** Nachlese: Zweiter Elektro-Experimentierkasten
- 32** Test: Mediacenter mit dem Raspberry Pi
- 42** Workshop: Projekt Spacebee – einmal Weltraum und zurück
- 48** Know-how: Eigenbau-Tracker für Apples Find-My-Netzwerk
- 54** Projekt: Flusspegel messen mit der Citizen Science Box
- 64** Community-Projekt: Smartphone-Anstecktastatur
- 66** Community-Projekt: Smartpusher

## Workshop

Ihr Laserdrucker steht untätig herum? Mit unserer Transfer-Methode machen Sie aus preiswertem Paketklebeband ansprechende, abriebfeste Aufkleber und sogar wasserfeste Frontplatten-Beschriftungen – zum Beispiel für Ihr nächstes Transistor-Projekt, zu dem wir einige weniger bekannte Tricks beisteuern können.

- 92 Kennt nicht jeder: Transistor-Tricks
- 98 Schick: Aufkleber selber machen



## Funk-Hacks

Mit Eigenbau-AirTags auf ESP32-Basis in Apples Find-My-Netz trittbrettfahren: Das geht durchaus, und sogar mit Features, die Apple gar nicht vorgesehen hat – ein spannendes Thema! Aber vielleicht finden Sie ja unsere Beiträge über IoT-Geräte mit Satelliten-WLAN oder die LoRaWAN-funkende Citizen Science Box noch nocher.

- 42 Projekt Spacebee: IoT-Daten per Satellit schicken
- 48 DIY-AirTags können mehr als Apples Originale
- 54 Flexibel, wetterfest, LoRaWAN: Citizen Science Box

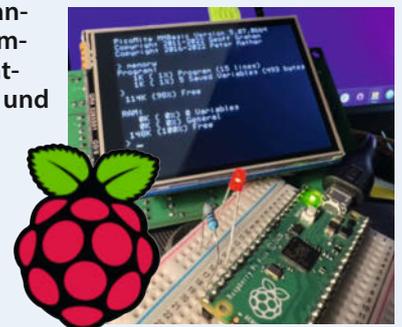


- 68 Community-Projekt: Open Gamma Detector
- 70 Reingeschaut: Kroko Doc
- 72 **Workshop: Raspberry Pi Pico - Back to BASIC**
- 78 **Werkstatt: 3D-Drucker tunen, Teil 1**
- 84 **Know-how: Diese Cura-Plug-ins sollte man kennen**
- 90 Tipps & Tricks: Handfeilkloben, Jumper mit Schiebeschalter
- 92 **Workshop: Transistor-Tricks**
- 98 **Workshop: Aufkleber selbst gemacht**
- 102 **Werkstatt: Die mobile 3-in-1-Maker-Werkbank**
- 106 Workshop: Technische Zeichnungen mit FreeCad, Teil 2
- 110 Kurzvorstellungen: Microcontroller-Boards, 3D-Drucker und -Software, Spracherkennung, CNC-Werkzeug, IOT-Set, Raspi-Kamera, Smart Home
- 114 Impressum, Nachgefragt

Themen von der Titelseite sind rot gesetzt.

## Raspi-Anwendungen

Wie zu C64-Zeiten dransetzen und losprogrammieren, ganz ohne Entwicklungsumgebung und PC: Das können Sie mit einem billigen Raspi Pico und dem ebenso schnellen wie leistungsfähigen MM BASIC-Interpreter. Für erholsame Pausen sorgt dann eine der Mediacenter-Distributionen, die wir für Sie auserkoren haben.



- 32 Mediacenter-Systeme für den Raspberry Pi
- 72 Raspberry Pi Pico in Basic programmieren

# Leserforum

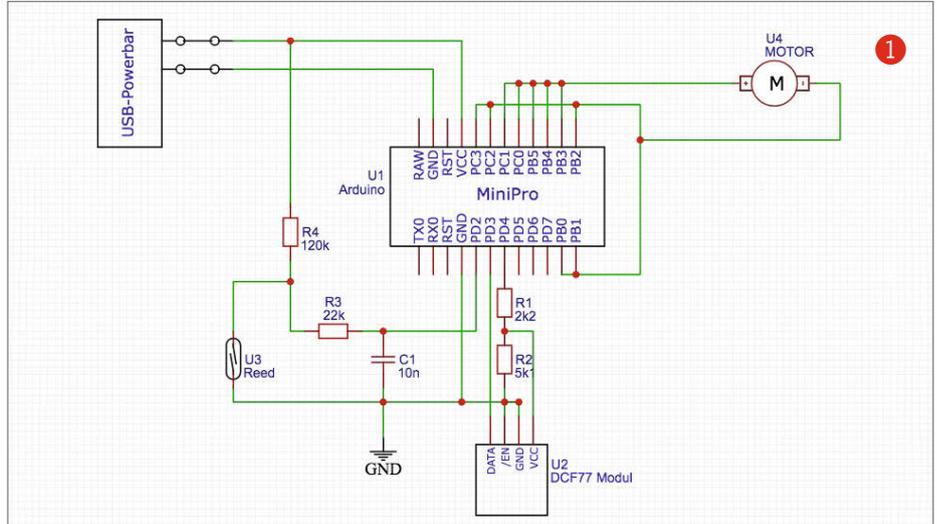
## Besserwisser und Nörgler

Editorial: Niveauverfall, Make 6/22, S. 3

Was Sie im Editorial beschreiben, ist doch einer der negativen Trends in Deutschland. Ein Teil der Bevölkerung spielt sich immer wieder als Besserwisser und Nörgler auf. Ich habe den Eindruck, man braucht nur zu sagen, ich habe da eine Idee – ohne sie schon formuliert zu haben, schreien die ersten schon, wir sind dagegen.

Selbst wenn ich im Laufe meines Lebens etwas gelernt habe, es aber dann lange Zeit nicht angewendet habe, kann eine Auffrischung erfrischend sein. So geht es mir mit Ihren Sonderheften und auch immer wieder mit der *Make*. In meinem Leben habe ich schon so viel programmiert in den verschiedensten Sprachen. Zur Zeit übe ich Python. Trotzdem studiere ich gerne Programme anderer Leute, die ein ähnliches Problem bearbeitet haben und lerne dabei sehr viel. Auch beim Basteln mit Metall, Holz oder Elektronik erlebe ich trotz jahrelanger Erfahrungen immer wieder neue Anregungen und Überraschungen. Natürlich geht es mir beim Lesen einzelner Artikel in der *Make* manchmal auch so, dass ich denke: So ein alter Hut, kenne ich alles. Beim zweiten oder dritten Lesen des Artikels kommen dann doch Überraschungsmomente, weil ich das eine oder andere beim ersten Mal überlesen habe oder im Laufe der Zeit doch wieder vergessen habe.

Die Einstellung: Kenne ich schon alles, oder das ist Hauptschulwissen, habe ich immer als



schlecht erfahren. Neugierig und auch im Alter lernbereit zu sein und auch Altbekanntes neu zu denken, bringt einen viel weiter.

Ich hoffe, die *Make* wird meine Neugier auch im neuen Jahr wie gewohnt befriedigen. Dafür wünsche ich Ihnen viel Erfolg.

Wolfhard Jording

## Dankbar für alle Hacks

Ihrem Editorial entnehme ich eine gewisse Irritation gegenüber dem Leserkommentar

und finde Ihre sehr ruhige und bestimmte Reaktion darauf lobenswert. Ich bin selber jahrelang Lehrkraft für PCB (Physik/Chemie/Biologie) an der Hauptschule gewesen und bin mir – wenigstens, was den Bildungsplan für Luxemburg angeht – sicher, dass sich dieses Niveau nicht an einer Hauptschule erwirbt. Wir haben in PCB unseren Schülern den notwendigen Grundstein für eine Allgemeinbildung und auch für Arbeitssicherheit gelegt und auf entsprechende weiterbildende Angebote in unseren höheren Klassenstufen verwiesen. Damit sollte es im Sinne einer allgemein bildenden und lebensvorbereitenden Hauptschule auch getan sein.

Ich muss leider auch einen gewissen Unmut kundtun, dass Hauptschule immer noch diesen Touch von niedrigstem Bildungsniveau erfährt. So etwas stört mich persönlich und als Schulpädagoge ungemein, denn viele unserer Schüler haben tatsächlich andere Probleme des Lebens als eine Schule zu besuchen, über die auch noch ein despektierlicher Sprachgebrauch herrscht.

Wir sollten so langsam aus dem alten Trott einer Intoleranz und einer Verspottung einer ganzen gesellschaftlichen Gruppe anhand ihrer kognitiven, intellektuellen, oft auch psychosozialen Kapazitäten wegkommen hin zu einer Gesellschaft, wo es wieder zum guten Ton gehört, Hilfe anzubieten, für andere da zu sein, wenn man gewisse Kapazitäten hat und letztendlich Spaß dran zu haben, neues Wissen und Können zu erwerben. Die Psychologie gibt uns in diesem Feld recht.

## Kontakt zur Redaktion

Leserbriefe bitte an:

[heise.de/make/kontakt/](https://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](https://www.make-magazin/forum)

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

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

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

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

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

In dem Sinne verstehe ich auch eine Maker-Community, die mit einem Fortschritt mithält, die sich selber weiterbildet und auch in Makerspaces andere, nicht so versierte Personen abholt und mitnimmt.

Vor meiner Lehrtätigkeit habe ich E-Technik studiert, bin aber seit 1998 nicht mehr in der Materie drin und sehe mich als Hobbymensch in Sachen Elektronik und neue Technologien gut informiert, stelle aber dennoch aus pädagogischer Sicht fest, dass die technische Revolution der letzten 30 Jahre schwindelerregende Dimensionen angenommen hat und nicht mehr vollumfänglich zu erfassen ist.

In diesem Sinne finde ich es umso wichtiger, dass Magazine wie *Make* mit einem fachlich gut aufgestellten Team sich die Mühe macht, sogenannte „Basics“ anschaulich für ein breites Publikum darzustellen. Ich selber bin dankbar für alle „Hacks“, die man mir in Sachen Makertum so mit auf den Weg gibt,

sodass ich nicht nur ein Produkt nachbaue oder umwandle, sondern auch die Gewissheit habe, mir etwas selber auf meinem Niveau angeeignet zu haben. Eine praktische Handhabe für *Lifelong-Learner!*

Ihnen und Ihrem Team auf jeden Fall ein Dankeschön für Ihre Publikation und trotz aller Widrigkeiten und Wortgefechte weiterhin eine gute Motivation!

André Holfeltz

## Fehler im Schaltplan

Die antike Pendel-Atomuhr, Make 6/22, S. 62

Leider hat sich im Schaltplan ein Fehler eingeschlichen, was die Beschaltung der Port PD3 und PD4 des *Mini Pro* angeht. ❶ zeigt den korrekten Plan. Wir bitten um Entschuldigung!

## Erfolgreiche Eintages-Aktion

Math-O-Mat, Make 6/22, S. 10

Als meine Kinder (drei und sechs Jahre alt) die neue *Make* aus dem Postkasten gefischt haben, wollten sie unbedingt den Süßigkeiten-Automaten nachbauen. Allerdings haben wir keine Werkzeuge für die Holzbearbeitung und wir mussten im Wohnzimmer basteln. Ebenso sollte es eine Eintages-Aktion werden.

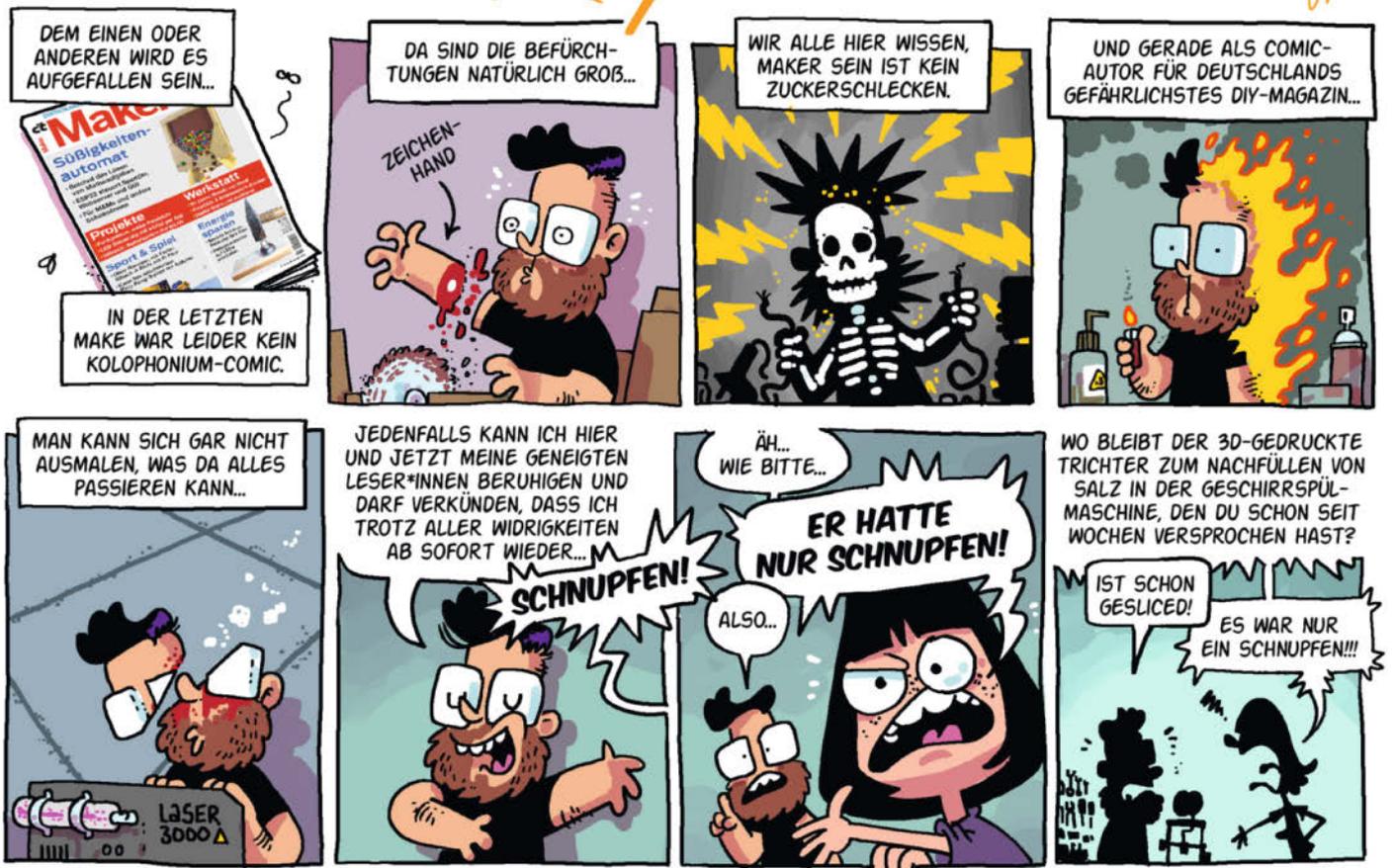
Dafür habe ich die Konstruktion etwas angepasst, sodass auch Kleinkinder und Vorschulkinder mit basteln können: Statt Holz haben wir eine 3cm XPS-Platte (z.B. *Styrodur*) genommen ❷. Diese lässt sich sehr gut und sauber mit einem Drahtschneidegerät (alternativ Cuttermesser unter Aufsicht) verarbeiten.

- Zum Verkleben der einzelnen Schichten wurde die Heißklebepistole verwendet.
- Als Antrieb für die Trommelscheibe haben

52 Abwesenheit

# Kolophonium

von und mit @beetlebum





2 Der an einem Tag gebastelte Math-O-Mat mit Mindstorm-Steuerung.

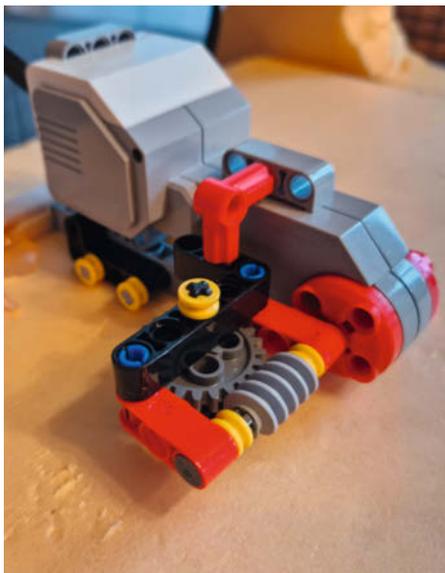
wir uns für ein Schneckengetriebe aus *Leg Mindstorms* entschieden 3.

- Die 2mm Plexiglasscheibe wurde mit einem Heißluftfön (von Erwachsenen) gebogen und ebenso mit dem Heißkleber verklebt.
- Damit die Lego-Teile wiederverwendet werden können, wurde eine Konstruktion aus Eis-Stäbchen ausgedacht, welche die Teile an der XPS-Platte festhält.
- Wir haben unter der Trommel einen trichterförmigen Gang beigefügt, um die Bonbons immer an der gleichen Stelle auszuwerfen. Der Lerneffekt bezog sich bei uns vor allem auf den Umgang mit den Werkzeugen, das Abzeichnen und Ausschneiden von XPS-Teilen aus Schablonen und die Entwicklung und Programmierung des Lego-Mindstorms-Antriebs (und die Berechnung der Übersetzung – die Anzahl der Umdrehungen pro Bonbon).

Uns ist aufgefallen, dass die Beschaffenheit der Bonbons eine sehr wichtige Rolle spielt: Diese sollen alle möglichst kugelförmig sein und nur sehr gering im Durchmesser variieren. Zudem spielt die Oberfläche eine Rolle – Schokokugeln verkleben schneller untereinander und rutschen schlechter nach als z.B. Karamell- bzw. glasierte Bonbons. Eine Verbesserung wäre der Umstieg auf Kunststoffkapseln (wie bei den Automaten auf der Straße). Das wäre hygienischer und würde die Trommel nicht so oft blockieren, da alle Teile den exakten Durchmesser hätten. Allerdings müssten die Bonbons zuerst in die Kapseln verpackt werden.

Wir haben zum Basteln etwa einen Tag gebraucht (inklusive Baumarktbesuch). Und nur einen Bruchteil der im Artikel genannten Kosten (Lego Mindstorms vorausgesetzt) aufbringen müssen.

Maximilian Wiens



3 Das Schneckengetriebe wird durch eine Konstruktion aus Eisstäbchen befestigt.

## Geschenke aus China

Geschenktipp fürs Maker-Labor, Make 6/22, S. 68

Ich muss sagen, dass ich, der ich keine Weihnachtsgeschenke will/wollte, sehr in Versuchung geführt wurde durch den Artikel in der letzten *Make*. Ein schönes neues Tischmultimeter, ein neuer Bauteiltester usw., warum sollte ich mir nicht selbst so ein tolles Geschenk machen? Die Versuchung ist groß.

Leider sind fast alle Dinge, die Sie beschreiben, bei *AliExpress* oder *Amazon* zu kaufen, und das auch noch lächerlich billig. Wir sind leider nicht nur abhängig von russischem Gas, sondern auch von billigen chinesischen Produkten, und von einer Lieferfirma, die viel zu mächtig geworden ist und ihre Angestellten schlecht behandelt. Der Diskussion über diese Dinge sollten wir uns nicht verschließen.

Ich bin gerade auf dem Weg, die *ESPs* durch *Raspi Pico* zu ersetzen (bringt ruhig mehr darüber, auch den *Pico W* habe ich lieb gewonnen). Bestimmt können wir als phantasievolle Maker etwas dazu beitragen, aus diesen Abhängigkeiten auszubrechen, auch wenn es nicht so einfach ist.

In diesem Sinne: let's make it!

Jean-Claude Feltes

## Tipp zu craftcloud3d.com

3D-drucken lassen, Antwort auf einen Leserbrief zur Wetter- und Wind-Mühle, Make 6/22, S. 6

Noch einige Anmerkungen von mir zu *craftcloud3d.com*: Die Angebote stammen nicht

nur von kommerziellen, sondern zu einem nicht unerheblichen Teil auch von Hobby-Druckern. Leider ist es schwierig zu erkennen, wer was ist. Meine Druck-Erfahrungen liegen zwischen „naja – geht so“ bis „hmmh, gar nicht so schlecht“.

Ich empfehle, die Bewertungen gut durchzulesen und nicht allein den Preis als Entscheidungskriterium zu nutzen. Happy printing!

Norbert Schaefer

## Einen Lüfter sparen

Eigenbau-Wärmetauscher für das Taupunkt-Lüftungssystem, Make 4/22, S. 20

Vielleicht liege ich mit meinem Gedanken ja daneben, weil ich dieses Projekt bisher nicht nachgebaut habe. Allerdings frage ich mich, ob es hier wirklich nötig ist, zwei Lüfter einzusetzen. Verständlich ist, dass es zwei Rohre (Zu- und Abluft) nach Außen geben muss. Ich denke, wenn nur ein Lüfter zum Ansaugen der (warmen) Kellerluft benutzt wird, reicht das aus und spart auch noch 18W an Energie ein. Begründung: Wenn ich aus dem Keller Luft absauge, dann muss ja auch Luft wieder nachströmen. Wenn nicht, würde ein Vakuum entstehen. Bei dem Betrieb mit einem Lüfter sollte aber die Absaugöffnung im Kellerraum nicht direkt neben dem Einströmrrohr liegen. Sonst könnte es natürlich passieren, dass die aufgewärmte, einströmende Luft gleich wieder angesaugt wird.

Uwe Skopp

*Sie haben Recht, dass bei Verwendung nur eines Abluft-Lüfters in einem luftdicht geschlossenen Raum die Luft durch eine zweite lüfterlose Zuluft-Öffnung strömen würde. Allerdings muss dann der eine Lüfter etwa doppelt so viel leisten, da er die doppelte Luftmenge bewegen muss (er zieht ja auch die Zuluft mit an). Wenn man also keinen doppelt so starken Lüfter mit entsprechend höherer Leistungsaufnahme verwendet, dann wird einfach deutlich weniger Luft ausgetauscht und somit auch weniger Feuchtigkeit abtransportiert. Wenn man die Leistungsaufnahme halbieren möchte, würde es von der Trocknungsleistung des Wärmetauschers her eher Sinn machen, zwei halb so stark dimensionierte Lüfter zu verwenden als einfach einen Lüfter wegzulassen.*

*Außerdem ist kaum ein Kellerraum derart hermetisch abgeriegelt. Tatsächlich dürfte auch durch zahlreiche Ritzen, Wände und auch durch die Fugen einer geschlossenen Kellertür hinreichend Luft einströmen. Diese Luft trägt (im Falle der Kellertür) auch noch feuchte Raumluft aus dem beheizten Erdgeschoss in den Keller. Der Keller könnte dann sogar noch feuchter werden als er schon war.* (Peer Steldinger)

# 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 + Experimentierset für 44,95 €

[shop.heise.de/make-elektronik21](https://shop.heise.de/make-elektronik21)



Inklusive Experimentierset 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 €

[shop.heise.de/make-micropython](https://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 + Nano-Axe-Board für 24,95 €

[shop.heise.de/make-picaxe](https://shop.heise.de/make-picaxe)



Inklusive Nano-Axe-Board mit PICAXE-08M2

# Stromverbrauch ermitteln und senken

Mit ein paar kleinen Messgeräten spüren Sie Stromverschwender auf. Sie werden sich wundern, wo die Energie und damit Ihr Geld verpulvert wird und wie viel Sie sparen können, egal, ob mit Smarthome oder ohne.

von Heinz Behling



**D**ie vielen elektrischen Helfer im Haus sind uns alle lieb und teuer. Seit etwa einem Jahr besonders letzteres: Die Kosten für eine Kilowattstunde haben sich ja deutlich nach oben bewegt und liegen derzeit bei 48 ct/kWh (laut *Verivox*), vor zwei Jahren lag der Preis noch etwa 20 Cent niedriger. Bei 4000kWh Jahresverbrauch sind das 1920 Euro zzgl. Grundgebühren etc. Und falls Sie auf einen vermeintlich preiswerten Anbieter gesetzt haben, dessen Preisbindung ausläuft, fallen Sie vielleicht sogar in einen noch deutlich teureren Tarif.

Grund genug, sich einmal mit den Stromverbrauchern daheim zu beschäftigen. Dabei kommt es nicht nur (aber auch) auf die typischen Großverbraucher im Haushalt an wie Wasch- oder Spülmaschinen. Wichtig, ja fast noch wichtiger, sind die vielen kleinen, aber permanent arbeitenden Verbraucher: Die bilden quasi die Grundlast, also den immer anliegenden Stromverbrauch. Das summiert sich recht schnell zu Werten von 100 Watt und mehr. Das erscheint Ihnen nicht viel? Nun, 100 Watt Grundlast macht am Tag  $24h \times 0,1kW = 2,4kWh$ . Im Jahr sind das  $2,4kWh \times 365 = 876kWh$ . Dafür berappen Sie dann aktuell (siehe Preis oben) 420 Euro. Falls Sie Ihrem Geld böse sind, müssen Sie nun nicht weiterlesen. Andernfalls aber zeige ich Ihnen, wie Sie mit simplen Maßnahmen einige Ihrer sauer verdienten Euros vor der Überweisung an den Stromversorger retten können.

### Messgeräte

Grundlage bilden drei Messgeräte für den Stromverbrauch. Im Folgenden verwende ich diese Geräte:

- Einbau-Messgerät *Shelly EM3* für den Zähler-/Sicherungskasten



1 Die Filament-Kabeltrommel aus Make 3/21



2 Die feuchtigkeitsgeschützte Fritz-Schaltsteckdose Typ 210 gibt es auch funktionsgleich als Typ 200 ohne Feuchtigkeitsschutz.

## Kurzinfo

- » Stromverbrauchsmessgerät für Sicherungsschrank-Einbau
- » Verbrauch messen mit Fritz-Schaltsteckdose oder Selbstbau-Steckdose
- » Integration der Messgeräte in Home Assistant
- » Tipps zum Senken des Verbrauchs

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
einige Stunden



**Kosten:**  
ab 40 Euro

### Material

- » Filament-Kabeltrommel Selbstbauanleitung aus Make 3/21
- » Schaltsteckdose Fritz!DECT 200 oder 210 nur in Verbindung mit Fritzbox-Router
- » 3-Phasen-Stromverbrauchs-Messgerät Shelly EM3 zum Einbau in Zähler-/Sicherungsschrank

### Mehr zum Thema

- » Heinz Behling: Filament-Kabeltrommel mit Leistungsmessung, Make 3/21, S. 46
- » Sven Hansen: Sechs Zwischenstecker für das Energie-Monitoring, Make-Sonderheft 2022, S. 50
- » Heinz Behling: Intelligentes Heim mit Home Assistant, Make 1/21, S. 100

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



- Steckdose *Fritz!Dect 210* als Zwischenstecker mit Schaltfunktion
  - Selbstbauprojekt *Filament-Kabeltrommel* aus der Make 3/21 zur Leistungsmessung mit Verlängerungskabel
- Alle drei lassen sich problemlos in ein Home-Assistant-Smarthome integrieren. Aber keine Angst: Sie müssen keinen Home Assistant installieren, denn die drei Geräte stellen

auch jeweils eine eigene Web-Oberfläche bereit, auf der Sie die Messdaten ablesen können.

Und noch ein wichtiges Detail: Strom-Messgeräte kosten natürlich ebenfalls Geld. Ihr Kauf ist also nur dann sinnvoll, wenn die Aussicht besteht, mit ihrer Hilfe mindestens soviel einzusparen, wie die Anschaffung kostet. Das preiswerteste der oben genannten



**3** Der Shelly-Sensor mit den drei aufklappbaren Stromsensoren

Geräte ist das Selbstbauprojekt Filament-Kabeltrommel **1**, das aber auch mit etwa 40 Euro zu Buche schlägt. Da aber die mit dessen Hilfe möglichen Einsparungen jährlich immer wieder anfallen, macht sich diese Summe eigentlich immer bezahlt.

Auch die Fritz-Schaltsteckdose **2** kostet nur wenig mehr. Sie erfordert allerdings eine Fritzbox als Router und ist daher nicht überall anwendbar. Es gibt aber noch einige andere ähnliche Geräte, die routermäßig nicht festgelegt sind (siehe Artikel von Sven Hansen in der Kurzinfo). Da diese Steckdosen lediglich zwischen Netzstecker des zu überwachenden Geräts und der Steckdose eingesetzt werden, fallen keinerlei Montagekosten an.

**Tipp:** Manche Stadtwerke, aber auch Verbraucherzentralen verleihen Messsteckdosen gratis oder gegen eine geringe Gebühr (zzgl. Pfand). Allerdings haben diese Geräte oft nicht den Komfort einer eigenen Web-Oberfläche, sondern besitzen ein Display, auf dem man die Messdaten direkt ablesen muss.

Das teuerste Gerät ist der Shelly-Sensor **3**. Er muss nämlich in den Zähler- bzw. Sicherungsschrank eingebaut werden. Und dies muss jemand erledigen, der weiß, was er macht, also ein Elektriker (siehe Kasten *Shelly EM3: Einbau*). Der Sensor selbst kostet etwa 110 bis 120 Euro, für den Einbau sollte man mit etwa 150 Euro rechnen, je nach Anfahrtsweg und Zeitaufwand. Aber auch eine solche Summe

kann sich lohnen, doch dazu mehr am Schluss dieses Artikels.

Obwohl dieser Sensor nicht die beste Wahl für die Verbrauchsmessung einzelner Geräte darstellt, da er immer nur den Verbrauch aller Geräte einer Phase anzeigt, hat er doch auch seine Berechtigung. Ich habe diesen Sensor in meinen Sicherungsschrank einbauen lassen, weil damit die Messungen an fest angeschlossenen Geräten mit hoher Leistung (etwa Elektroherde oder Durchlauferhitzer) oder an Geräten mit schwer zugänglichen Netzsteckern (Spülmaschine in Einbauküchen) deutlich einfacher sind. Außerdem habe ich damit den laufenden Verbrauch immer im Blick. Das geht aber nur über Home Assistant.

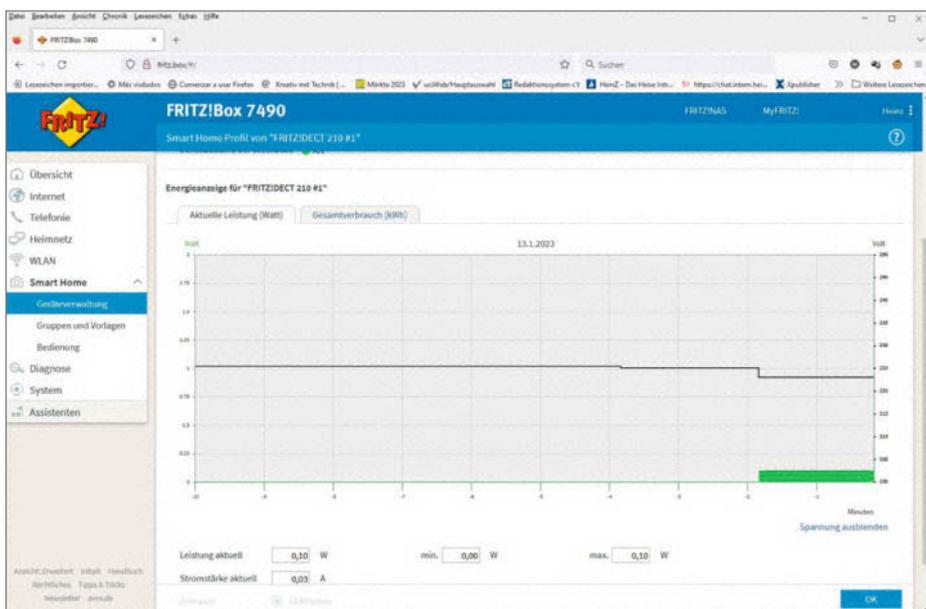
Viele werden vielleicht auch denken: Ich spare mir die Sache mit der Messung, kaufe eine Solaranlage für den Balkon und senke so meine Stromkosten. Das geht natürlich auch, ist aber nicht unbedingt die beste Lösung. Die billigste Kilowattstunde ist nämlich nicht die selbst erzeugte, sondern die eingesparte. Auch ein Balkonkraftwerk produziert den Strom nicht gratis, denn es ist ja nicht umsonst zu haben: Zum aktuellen Zeitpunkt (Januar 23) kostet eine 600W-Solaranlage etwa 700 Euro. Das soll sich, so man Aussagen im Netz glauben kann, nach etwa acht bis zehn Jahren bezahlt machen. Lassen Sie sich nicht von den 600W blenden: Das ist die Spitzenleistung bei voller, senkrechter Sonneneinstrahlung, die aber nur selten erreicht wird.

Wenn Sie dieses Geld stattdessen benutzen, um beispielsweise ein altes, Stromverschwendendes Haushaltsgerät durch ein energiesparendes neues zu ersetzen, bringt das oft mehr. Beispiel: Ich habe einen uralten Kondensations-Wäschetrocker, der sich (wie ich bei meinen Messungen geschockt feststellen musste) locker etwa 3,5kWh pro 5kg Füllung gönnt. Ein moderner Wärmepumpentrockner braucht laut Produktdatenblatt 176kWh für 160 Füllungen zu je 8kg (Jahresverbrauch nach EU-Norm). Auf eine 5kg-Füllung umgerechnet ergibt das 0,7kWh, also nur ein Fünftel. Das spart pro Jahr nach EU-Norm etwa 350 Euro. Nach etwas mehr als zwei Jahren hätte sich ein neuer Trockner also bereits bezahlt gemacht. Da wäre das Geld also besser investiert als bei der Solaranlage.

Verstehen Sie mich hier nicht falsch: Ich halte Solaranlagen durchaus für sinnvoll, aber erst, wenn Stromverschwendungen beseitigt sind. Sonst produzieren diese Solarpaneele nämlich Strom, der anschließend unnötigerweise verbraucht würde.

**Messungen ohne Home Assistant**

**Fritz-Steckdose:** Als Erstes müssen Sie einmal Fritzbox und Fritz-Schaltsteckdose miteinander verbinden. Das ist schnell erledigt: Stecken



**4** Das Leistungsdiagramm der Fritzbox

Sie die Schaltsteckdose in eine Steckdose in der Nähe der Fritzbox. Drücken Sie die DECT-Taste an der Steckdose für mindestens 6 Sekunden (LED fängt an zu blinken). Drücken Sie dann die DECT-Taste an der Fritzbox für ebenfalls mindestens 6 Sekunden, bis die DECT- oder die Info-LED der Box anfängt zu blinken. Wenn die LED an der Steckdose nicht mehr blinkt, ist sie mit der Box verbunden. Sie kann nun auch woanders eingesteckt werden und nimmt dann automatisch wieder Kontakt zur Fritzbox auf.

An die Messwerte gelange Sie über die Web-Seite der Fritzbox. Rufen Sie diese auf und wählen Sie im Menü *Smart Home/Geräteverwaltung*. Die Fritzbox zeigt dann eine Liste aller Smarthome-Geräte an. Klicken Sie auf das *Stiftsymbol* hinter dem Eintrag der Steckdose. In der Kopfzeile des nächsten Fensters klicken Sie auf *Energieanzeige*. In einem Diagramm **4** wird daraufhin mit der schwarzen Linie die Netzspannung und mit dem grünen Block die aktuelle Leistung angezeigt. Ist kein Gerät an der Steckdose angeschlossen, liegt der Block als grüne Linie natürlich auf Null. Das ist der geeignete Ort, um den Momentanverbrauch zu messen, beispielsweise eines Geräts in Bereitschaft. Im Bild sehen Sie den Bereitschafts-Leistungsbedarf meiner Kaffeemaschine, der bei 0,1W liegt.

Die aktuell aufgenommene Leistung ist aber nur ein Teil: Wichtig ist auch der Gesamtverbrauch während der Tätigkeit, also beispielsweise, wie viel Energie eine Wasch- oder Spülmaschine für einen Arbeitsgang verbraucht. Dazu klicken Sie oberhalb des Diagramms auf *Gesamtverbrauch*. Klicken Sie dann ganz unten im Fenster auf *Zurücksetzen* und starten Sie die Maschine. Sobald die Ihre Arbeit erledigt hat, können Sie den Verbrauch ablesen.

**Filament-Kabeltrommel:** Im Artikel in der Make 3/21 ist beschrieben, wie man dieses Projekt nachbaut und bedient. Um die Messergebnisse zu sehen, rufen Sie im Browser die IP-Adresse der Steckdose auf (die erfahren Sie notfalls auf der Web-Oberfläche Ihres Routers). Im Browser erscheint dann das Fenster der Steckdose **5**.

Hier sehen Sie die aktuelle Leistung. Um den Gesamtverbrauch zu messen, notieren Sie den Wert hinter Arbeit, starten Sie die Maschine. Nach Ablauf des Arbeitsgangs notieren Sie erneut den Arbeitswert. Subtrahieren Sie davon den ersten Wert und Sie haben den Energieverbrauch des Arbeitsgangs.

Übrigens zeigt die Kabeltrommel auch die Frequenz des Stromnetzes. Daraus kann man ermitteln, wie stark das Stromnetz aktuell belastet ist (siehe Kasten Schwachlast- und Hochlastzeiten).

**Shelly EM3:** Zur Ersteinrichtung des Sensors nach dem Einbau müssen Sie entsprechend der sehr guten, beigelegten Anleitung Ihren Computer/Ihr Smartphone zunächst in das

vom Sensor aufgespannte WLAN einloggen und auf seine Web-Oberfläche wechseln. Dort geben Sie die WLAN-Daten ein.

Die Web-Oberfläche des Shelly-Sensors **6** zeigt Ihnen vor allem die aktuelle Leistung auf den drei Phasen an, also aller Geräte gemeinsam. Um hieraus die aktuell aufgenommene Leistung eines Gerätes herauszufiltern, muss man ein wenig tricksen: Schalten Sie einfach das jeweilige Gerät mehrmals ein und aus. Dazwischen sollten Sie jeweils mindestens zehn Sekunden warten, da die Web-Oberfläche nicht öfter aktualisiert wird. Bei einem der drei angezeigten Leistungswerte wird sich eine entsprechende wiederholende Änderung einstellen. Die Differenz der beiden Werte ist dann die aktuelle Leistung dieses einen Geräts.

Falls Sie den Gesamtverbrauch Ihrer Wohnung aktuell oder summiert anzeigen lassen möchten, ist dies mit der Web-Oberfläche nicht möglich. Das geht nur über einen Smart-home-Server wie Home Assistant. Dazu kommen wir gleich.

### Integration in Home Assistant

**Fritz-Steckdose:** Klicken Sie auf der Web-Oberfläche von Home Assistant (Achtung: die Version muss 2022.6.7 oder höher sein, sonst

# Make:

## Kabeltrommel

<b>Spannung:</b>	225.80V
<b>Strom:</b>	0.13A
<b>Leistung:</b>	27.40W
<b>Arbeit:</b>	0.03kWh
<b>Frequenz:</b>	49.90Hz
<b>Leistungsfaktor:</b>	0.97

**5** Das Kabeltrommel-Fenster zeigt die aktuelle Leistung und die verbrauchte Energie (Arbeit).

werden später Strom und Spannung falsch angezeigt) auf *Einstellungen* und *Geräte & Dienste*. Bereits bei der Installation von Home Assistant sollte auch die Integration *AVM Fritz!SmartHome* mit eingerichtet worden sein und nun angezeigt werden **7**. Falls das nicht der Fall ist, fügen Sie diese mit einem Klick auf *Integration hinzufügen* und Eingabe des Integrationsnamens ins Suchfeld hinzu.



**6** Die Web-Oberfläche des Shelly-Sensors ist spartanisch.

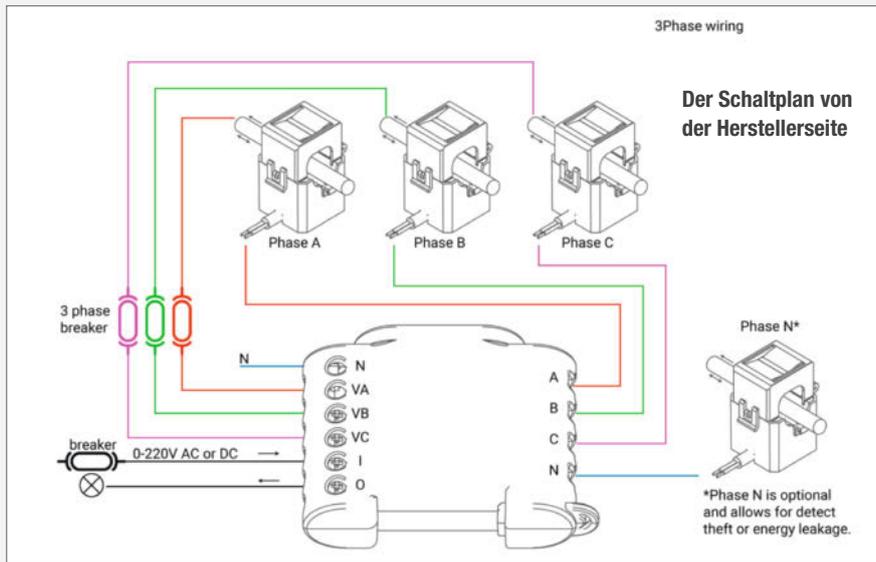
# Shelly EM3: Einbau

Dieser Stromsensor kann den Stromverbrauch auf allen drei Phasen der Stromleitung gleichzeitig messen. Der Sensor selbst sitzt in einem Kunststoffgehäuse, das einem Sicherungsautomaten ähnelt und wie dieser auf die Hutschiene innerhalb des Zähler-/Sicherungsschranks montiert wird.

Die Strommessung erfolgt mit drei aufklappbaren induktiven Sensoren, die um die drei Phasenleitungen herum unmittelbar nach dem Zähler angeordnet werden



Der Sensor rechts neben den Sicherungen und die drei induktiven Sensoren, die um die dicken braunen Phasenleitungen herum sitzen



müssen. Da sie relativ groß sind, kann es eng werden bei der Installation. Zusätzlich muss der Sensor auch die Spannungen messen können, wofür eine direkte elektrische Verbindung mit den drei Phasen und dem Nullleiter notwendig ist.

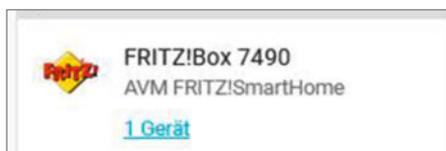
Der Hersteller stellt zwar Anleitungen und Schaltpläne zum Einbau zur Verfügung: Den sollten Sie aber unbedingt einem Elektriker überlassen. Im Sicherungskasten liegen schließlich viele

Leitungen blank und sind zum Teil auch nicht durch Fehlerstromschutzschalter geführt. Da sollte man unbedingt wissen, was man macht.

Kleiner Tipp: Wenn der Schaltkasten schon mal offen liegt, fragen Sie den Elektriker, ob er Ihnen sagen kann, welcher Stromkreis an welcher Phase liegt. Das kann später bei den Messungen nützlich sein.



7 Hier erscheinen alle Fritzboxen Ihres Smart-homes.



9 Hinter diesem Gerät versteckt sich unter anderem die Fritz-Steckdose.



8 Die Steckdose wurde gefunden.



10 Die Sensorenwerte der Fritz-Steckdose: Erscheinen hier unsinnige Werte bei Spannung und Strom, müssen Sie Home Assistant updaten.

Dann sollte Ihnen angezeigt werden, dass ein neues Gerät gefunden wurde: die Steckdose 8.

Klicken Sie dann einfach auf Fertig.

Normalerweise erscheint nur eine Fritzbox im Integrationsfeld. Verwenden Sie mehrere, erscheinen die auch alle hier. Klicken Sie danach auf den Pfeil unter dem Namen der Fritzbox, mit dem die Steckdose verbunden ist, und danach auf 1 Gerät 9.

Darauffin werden Ihnen mehrere Bereiche zum Hinzufügen zum Dashboard angeboten. Relevant ist hier der Sensor-Bereich 10. Klicken Sie dort auf Zum Dashboard hinzufügen und wählen danach den Bereich der Home-Assistent-Oberfläche (Dashboard), in dem die Anzeige erfolgen soll, beispielsweise Home. Bestätigen Sie Ihre Wahl.

Diese Karte erscheint daraufhin auf der Übersicht-Seite der Home-Assistent-Oberfläche. Power Consumption ist hier die aktuelle Leistung, die das an die Steckdose angeschlossene Gerät zieht. Total Energy steht für die Gesamt-Energie, die seit dem letzten



**12 Die sechs Sensoren der Kabeltrommel**

Zurücksetzen über die Steckdose bezogen wurde. Für die Messung eines Waschgangs o. ä. müssen Sie hier wieder den Wert vor und nach der Aktion notieren und voneinander subtrahieren.

**Filament-Kabeltrommel:** Hier muss eine neue Firmware auf den ESP8266 in der Trommel aufgespielt werden. Die Mikrocontroller-Platine der Kabeltrommel muss dazu per USB mit dem Home-Assistant-Raspi verbunden sein. Die neue Firmware legen Sie über *ESP-Home* und *New Device* an. Geben Sie ihr einen Namen, zum Beispiel *pzem* (wegen des verbauten Sensors). Als Board geben Sie unter *Pick specific Board* dann *Wemos D1 lite* an. Vor der Installation auf dem Board editieren Sie den Programmcode noch: Fügen Sie ans Ende die Zeilen aus Listing 11 ein. Dann folgen *Save* und *Install* sowie der Zusammenbau der Kabeltrommel. Nach einem Home-Assistant-Neustart wird Ihnen dann das neue Gerät gemeldet und sie müssen bestätigen, dass Sie es benutzen möchten.

Jetzt müssen Sie nur noch eine Karte auf der Web-Oberfläche Ihres Home Assistants einfügen. Lassen Sie sich die Übersichtsseite anzeigen und klicken Sie auf die drei Punkte rechts oben. Nach *Benutzeroberfläche konfigurieren* wählen Sie *Karte hinzufügen* und *Elemente* als Kartentyp. Als Entitäten tragen Sie in der neuen Karte dann die Sensoren der Kabeltrommel ein 12.

Danach *speichern* und mit *Fertig* die Bearbeitung der Oberfläche beenden. Schon sehen Sie die aktuellen Messwerte 13.

**Shelly EM3:** Den Sensor müssen Sie zunächst für Ihr WLAN konfigurieren (siehe oben). Dann fügen Sie in Home Assistant unter *Einstellungen/Geräte & Dienste* als neue Integration *Shelly* hinzu und folgen den Anweisungen auf dem Bildschirm. Danach wird der Sensor automatisch entdeckt.

Anschließend müssen Sie die Datei *configuration.yaml* im config-Verzeichnis des Home Assistants erweitern. Das können Sie über Terminal erledigen: Mit *cd config* in den Ordner und mit *nano configuration.yaml* die Datei im Editor öffnen. Nach Ergänzung um die Zeilen

	PZEMCurrent	0,000 A
	PZEMEnergy	0,000 Wh
	PZEMFrequency	49,900 Hz
	PZEMPower	0,60 W
	PZEMPower Factor	1,00
	PZEMVoltage	230,3 V

**13 Die relevanten Werte auf der Kabeltrommel-Karte sind PZEMEnergy für den Gesamtverbrauch und PZEMPower für die aktuell aufgenommene Leistung.**

aus Listing 14 (die Nummer, hier beginnend mit 34 ist übrigens eine individuelle Kennung Ihres Shelly-Moduls; Sie können sie auf der Web-Oberfläche des Sensors unter *Settings/Device Info* auslesen) speichern Sie die Datei und starten Home Assistant neu.

Nun fehlt noch die Karte auf der Home-Assistant-Oberfläche. Das erledigen Sie auf dieselbe Art wie bei der Filament-Kabeltrommel

**11 Yaml-Code für Kabeltrommel**

```

uart:
  rx_pin: D1
  tx_pin: D2
  baud_rate: 9600

sensor:
  - platform: pzemac
    current:
      name: "PZEMCurrent"
    voltage:
      name: "PZEMVoltage"
    energy:
      name: "PZEMEnergy"
      accuracy_decimals: 3
    power:
      name: "PZEMPower"
    frequency:
      name: "PZEMFrequency"
      accuracy_decimals: 3
    power_factor:
      name: "PZEMPower Factor"
    update_interval: 1s
    
```

**14 Erweiterung in configuration.yaml**

```

template:
  - sensor:
    - name: "Energy Total"
      unique_id: energy_total
      state: >-
        {{
          [
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_a_energy'),
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_b_energy'),
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_c_energy'),
          ] | map('float') | sum
        }}
      availability: >-
        {{
          [
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_a_energy'),
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_b_energy'),
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_c_energy'),
          ] | map('is_number') | min
        }}
      unit_of_measurement: kWh
      device_class: energy
      state_class: total_increasing
    - name: "Power Total"
      unique_id: power_total
      state: >-
        {{
          [
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_a_power'),
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_b_power'),
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_c_power'),
          ] | map('float') | sum
        }}
      unit_of_measurement: W
      device_class: power
      state_class: measurement
      availability: >
        {{ not 'unavailable' in
          [
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_a_power'),
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_b_power'),
            states('sensor.shellyem3_34945475891f_channel_c_power') ]
        }}
    }}
    
```

⚡	Stromverbrauch channel A Power	414,3 W
⚡	Stromverbrauch channel B Power	183,6 W
⚡	Stromverbrauch channel C Power	16,8 W
⚡	Power Total	614,7 W
⚡	Energy Total	804,7 kWh

**15** Home Assistant zeigt auch die aktuelle Summenleistung aller drei Phasen und den Gesamtverbrauch seit dem letzten Reset an.



**16** Das Verlaufsdiagramm der dritten Phase: Vom Elektriker wusste ich, dass die Küche daran hängt. Deutlich erkennt man das regelmäßige Einschalten des Kühlschranks und die hohen Leistungen anderer Küchengeräte.

beschrieben. Als Entitäten tragen Sie aber dies ein:

- sensor.shellyem3\_34945475891f\_channel\_a\_power
- sensor.shellyem3\_34945475891f\_channel\_b\_power
- sensor.shellyem3\_34945475891f\_channel\_c\_power
- sensor.power\_total
- sensor.energy\_total

Auch hier müssen Sie die Sensornummern anpassen. Anschließend zeigt Ihnen Home Assistant nicht nur die aktuelle Leistung auf den drei Phasen des Stromnetzes an, sondern auch die Gesamtleistung und den aufsummierten Gesamtverbrauch seit dem letzten Zurücksetzen des Sensors **15**.

Wenn Sie auf einen der angezeigten Werte klicken, erhalten Sie übrigens den Messverlauf der vergangenen 24 Stunden als Linien-diagramm **16**.

Der Gesamtverbrauch in kWh wird übrigens recht genau ermittelt. Ich habe in drei Monaten Laufzeit nur eine Abweichung von 2 kWh gegenüber meinem offiziellen Stromzähler ermittelt. Und das könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Beleuchtung in meinem Keller nicht über den Shelly-Sensor läuft.

Was nützen uns die Shelly-Werte? Vor allem zur Messung der Grundlast der Wohnung sind sie sehr nützlich und zur Messung der aufge-

nommenen Leistung einzelner Geräte (durch Ein- und Ausschalten ermitteln und die Summenleistung vergleichen). Den Energieverbrauch eines Waschgangs o.ä. kann man damit aber nicht ermitteln.

## Grundlast ermitteln

Die Grundlast lässt sich vernünftigerweise nur mit dem Shelly-Sensor ermitteln, da nur er die Leistung sämtlicher in Betrieb befindlicher Geräte gleichzeitig erfassen kann. Am besten geht das nachts, wenn alle tagsüber benutzten Geräte (TV, Radio usw.) ausgeschaltet sind. Entweder lesen Sie den Wert direkt bei *Power Total* ab. Oder Sie lassen sich in Home Assistant das Verlaufsdiagramm anzeigen. Setzen Sie darin den Mauszeiger auf den tiefsten Punkt, erscheint der dazugehörige Messwert. In meinem Haushalt waren das übrigens zu Beginn 190 Watt. Allein diese Grundlast verursacht beim aktuellen kWh-Preis (0,48 Euro) etwa 800 Euro Kosten im Jahr.

Nun begann die Detektiv-Arbeit: Einzelnen wurden diverse nachts laufende Geräte (auch solche in Bereitschaft) über eine der Messsteckdosen betrieben, um ihren Leistungshunger zu messen. Als gefräßigstes Gerät erwies sich mein ständig laufender Server mit 110W, den ich nebenbei auch als Satelliten-TV-Empfänger, Videorecorder und Multimediaplayer nutzte. Deshalb dachte ich bislang, es wäre eine gute Idee, ihn ununterbrochen laufen zu lassen. Das habe ich geändert: Er läuft nun nur noch, wenn ich TV oder Video schaue. Als Dateiserver benutze ich ihn nicht mehr: Stattdessen speichere ich Daten auf meinem Arbeits-PC. Folge: Der gefräßige Server läuft nur noch einige Stunden am Tag, die Grundlast nachts sank auf 80 Watt. Selbst, wenn ich dem Server noch großzügig 12 Stunden am Tag laufen ließe, ergäbe das eine jährliche Einsparung von  $0,1\text{kW} \times 12\text{h} \times 365 \times 0,48 \text{ Euro} = 210 \text{ Euro}$ . Und schon hat sich der Shelly-Sensor fast bezahlt gemacht.

Zweite Maßnahme am Server: Ich konfigurierte mithilfe des `hdparm`-Befehls des Linux-basierten Betriebssystems die Festplatten so, dass sie nur bei Bedarf arbeiteten. So brauchte der PC im Betrieb statt 110 Watt nur noch 80 Watt. Gehe ich wieder von 12 Stunden Einschalt-dauer pro Tag aus, ergibt dies eine Ersparnis von etwa 60 Euro.

## Fall 1: Küchengeräte

Dann ging es den Küchengeräten an den Appetit: Nachts, wenn dort nichts mehr als der Kühlschrank arbeitete, zeigte sich ein merkwürdiges Phänomen: Bei laufendem Kompressor brauchte der Kühlschrank etwa 120 Watt. Lief der Motor nicht, waren es aber immer noch 15 W, was mir der Shelly-Sensor auf der dritten Phase anzeigt!?!

# Schwachlast- und Hochlastzeiten

In unserem Stromnetz, das übrigens nicht nur die nähere Umgebung umfasst, sondern nahezu ganz Europa von Portugal über Polen und die Ukraine bis zur Türkei, muss ständig genau so viel elektrische Energie erzeugt werden, wie aktuell verbraucht wird. Das Netz wird mit Wechselstrom gespeist bei einer Frequenz von 50Hz. Diese Frequenz wird durch die Drehzahl der Generatoren erzeugt.

Wird dem Netz einmal mehr Energie entnommen als zugeführt, dann wird diese Energie aus dem Drehimpuls der Generator-Rotoren entnommen. Deren Drehzahl sinkt daher und mit ihr die Netzfrequenz. Die Netzfrequenz wird daher europaweit zur Regelung der Energieerzeugung benutzt. Sinkt sie ab, werden besonders schnell hochfahrbare Erzeuger (Solar- und Windkraftanlagen) hochgeregelt. Steigt sie über 50Hz,

werden Lasten zugeschaltet, etwa Pumpspeicher.

Wenn Sie etwas für die Gesundheit des Stromnetzes tun möchten, dann sollten Sie Großverbraucher nicht gerade dann betreiben, wenn im Stromnetz Hochlast herrscht. Dazu können Sie sich die aktuelle Netzfrequenz anzeigen lassen. Die Filament-Kabeltrommel kann dies zwar nur auf 1/10 Hz genau, aber immerhin. Zeigt die Trommel also 49,9 Hz an, verzichten Sie besser auf das Einschalten Ihres Keramik-Brennofens oder ähnlicher Lasten.

Die Regelung im Netz erfolgt übrigens im Bereich von Millihertz. Im Netz, etwa auf [netzfrequenzmessung.de](http://netzfrequenzmessung.de), können Sie sich ebenfalls die aktuelle Frequenz anzeigen lassen. Dabei spielt Ihr Wohnort keine Rolle, denn alle Generatoren im europäischen Strom-Verbundnetz laufen synchron.

Zunächst vermutete ich, dass die Innenbeleuchtung sich beim Schließen der Tür nicht abschaltet und legte daher mein Smartphone mit laufender Kamera hinein. Aber die Aufnahme zeigte bei geschlossener Tür absolute Dunkelheit. Dann widmete ich mich der Technik des schon etwas betagten Geräts: An der Rückseite des Kühlraums sitzt der Verdampfer, der vom Kühlmittel bei laufendem Kompressor gekühlt wird. Hinter dem Verdampfer aber saß noch ein schlangenförmiges Alu-Rohr. Ein wenig Recherche im Netz erbrachte: Das war eine Heizschlange, die eingeschaltet wurde, sobald der Kompressor abschaltet. Die Hersteller nennen das werbeträchtig: *Antifrost-Funktion*, da sie den Reifansatz am Verdampfer recht effektiv beseitigt. Ich persönlich finde eine Heizung im Kühlschranks aber ziemlich grotesk, insbesondere, da sie nicht nur selbst die besagten 15W Leistung aufnimmt, sondern durch die dem Innenraum zugeführte Wärme auch dafür sorgt, dass der Kompressor öfter läuft. Die Zusatzkosten durch den letzteren Effekt sind schwierig zu berechnen. Die Kosten der Heizschlange sind einfacher: Geht man davon aus, dass sie 16 Stunden am Tag heizt, ergeben sich mindestens weitere 40 Euro Einsparung im Jahr.

Durch Abklemmen der Zuleitung zur Heizschlange direkt am Thermostat des Kühlschranks habe ich sie erst einmal still gelegt. Folge: Die Grundlast sank auf 65 Watt und im Laufe von etwa zwei Wochen vereiste der Verdampfer relativ stark. Das ist in erster Linie ein Schönheitsfehler, denn die Eismasse kühlt ja den Inhalt, auch wenn der Kompressor abschaltet. Dennoch möchte ich demnächst eine kleine Schaltung einbauen, die die Heizschlange alle zwei Wochen einmal für ein paar Stunden einschaltet, um das Eis zu beseitigen. Dazu mehr in einer der nächsten Make-Ausgaben.

Bei den Messungen fand ich noch einen, wenn auch kleinen permanenten Stromverbraucher: Meine Spülmaschine (Energieauszeichnung mit AAA) zog sich auch im Ruhezustand fast 4W rein. Grund war meine Bequemlichkeit: Die Maschine hat außer dem Programmwähler und dem Startschalter auch einen Hauptschalter. Da nach Beendigung des Spülprogramms keinerlei Anzeigen mehr an der Maschine leuchteten, hab ich den permanent eingeschaltet gelassen. Seit der Messung schalte ich die Spülmaschine komplett aus, die Grundlast lag somit bei etwas über 60W. Das bringt zwar nur etwa 16 Euro Ersparnis im Jahr. Aber immerhin bin ich damit schon bei  $210 + 40 + 60 + 16 = 326$  Euro angelangt!

Wo ich gerade bei der Spülmaschine war, habe ich da mal den Energiebedarf zweier Programme verglichen: Das eine arbeitet mit 70° Wassertemperatur und wird vom Hersteller empfohlen, wenn man Töpfe und stark fettverschmutzte Sachen reinigen möchte. Das zweite nennt sich *Bio-Programm*, arbeitet

mit 50° und soll für normale Verschmutzungen genügen. Beide Programme habe ich mit ziemlich stark verschmutztem Geschirr (inklusive Bratpfanne und Auflaufform) ausprobiert und den Stromverbrauch gemessen. Ergebnis: Das 70°-Programm machte alles sauber und brauchte 1,65kWh. Das Bio-Programm reinigte ebenfalls alles, verschlang aber nur 0,83kWh, also etwa die Hälfte. Klar, welches ich künftig benutze.

### Fall 2: Computer

Faul, wie ich bislang war, schaltete ich auch die drei Monitore und die Stromversorgung der USB-Hubs an meinem Arbeits-PC nicht aus, wenn ich den PC abschaltete. Jetzt betreibe ich das alles über eine Master/Slave-Steckdose. Ist der PC aus, dann bekommen auch die anderen Geräte keinen Strom. Das brachte dann nochmal 9 Watt weniger Grundlast und etwa 12 Euro Einsparung/Jahr. Insgesamt bin ich damit schon bei 338 Euro!

### Wettkampf: Essen aufwärmen

Ob Fertiggericht oder Rest vom Mittagessen: Die Speisen wollen vor Verzehr in der Regel erwärmt werden. Möchte man das möglichst energiesparend machen, denkt man schnell an den Mikrowellen-Ofen: Rein mit dem Essen und nach drei Minuten ist es von Kühlschrank-Temperatur aufgeheizt.

Dachte ich bislang auch, schließlich hatte ich ja nur eine 900W-Mikrowelle. Die Messsteckdose meldete aber, dass sich der kleine Strahlheizer dabei stolze 1600W an Aufnahmeleistung reinzog. Grund für diesen Unterschied: Die Leistungsangabe bei Mikrowellen nennt meist die Strahlleistung, die das Magnetron in den Garraum abgibt. Da es aber einen Wirkungsgrad von nur etwa 65 Prozent hat, muss es deutlich mehr Leistung aufnehmen. Dazu kommt dann noch die Gebläsekühlung des Ofens, die Versorgung der Elektronik und die Beleuchtung.

Erwärmte ich das Essen hingegen auf einer Induktions-Kochplatte bei 2000W, war das Essen in gut einer Minute heiß genug. Das heißt, die Induktionsplatte braucht nur etwa die Hälfte an Energie.

Mit der Küche war ich durch. Aber im Wohnzimmer gab es ein paar Sachen, die Strom verschwenden: So hörte ich beim Fernsehen den Sound über einen externen Surround-Receiver, selbst, wenn die Sendungen nur normalen Stereo-Sound hatten. Der Receiver zieht sich aber mindestens 40 Watt rein. Also drehe ich künftig besser den Fernseher-Ton laut und lassen den Receiver aus.

Falls Sie in Ihrem Heim auch noch überraschende Stromverschwender finden: Teilen Sie doch Ihre Erkenntnisse im Online-Forum zu diesem Artikel mit anderen. —hgb

# ENTDECKE UND ERFORSCH DEINE UMWELT

Programmierbare Multisensorplatine mit hochauflösendem Farbscreen, fünf Tastern und vielen Sensoren.

Die sieben eingebauten Umweltsensoren liefern zwölf Sensorwerte, mit denen du experimentieren kannst.

- Temperatur
- Luftdruck
- Feuchtigkeit
- VoC
- CO<sub>2</sub> (berechnet)
- Ethanol (berechnet)
- Luftqualität (IAQ)
- Licht
- Infrarot
- Dezibel
- Frequenzen
- Beschleunigung

INFOS UNTER:

**OXOCARD.CH**



Jetzt im Heise-Shop bestellen

ORIGINALGRÖSSE – 55×85 mm



MAKER-FREUNDLICH 14+ 14-99



# Heizungslogger

Läuft Ihre Heizung nicht rund oder planen Sie gar eine neue Heizungsanlage? Mit einer Temperaturaufzeichnung kann man nachvollziehen, ob in der alten Anlage ein technischer Defekt vorliegt oder ob für die neue Heizung sogar eine moderne Wärmepumpe in Betracht kommt.

von Klaus Peters



OlegDoroshin / Shutterstock.com

**E**nergiesparen ist angesagt. Aber wie soll das mit möglichst geringem Aufwand gehen? Meine Heizungsanlage ist schon in die Jahre gekommen (Baujahr 1998), ein Heizwertgerät mit Außentemperatursteuerung, aber natürlich noch ohne jede weitere Anbindung zu IoT- oder Cloud-Diensten. Mit einer Datenerfassung der Temperaturen von Vorlauf, Rücklauf und Warmwasserspeicher könnte man beurteilen, ob die Heizungsanlage macht, was sie soll oder ob eine mangelhafte Konfiguration vorliegt – etwa weil am Haus nachträglich eine zusätzliche Wärmedämmung angebracht wurde. Dann dürfte die Werks- oder Installationseinstellung der Heizung nicht mehr stimmen.

Ein erstes Indiz für Energieverschwendung ist bereits, wenn eine angenehme Raumtemperatur schon unterhalb der Stellung 3 auf den Heizkörperventilen erreicht wird. Das deutet auf eine im Bezug zur Außentemperatur zu hohe Vorlauftemperatur hin. Im Grunde genommen schiebt man hier eine zu große Menge Wärmeenergie in den Heizkörper, und das Thermostatventil muss viel früher schließen, da die Restwärme im Heizkörper zum Erreichen der gewünschten Raumtemperatur ausreicht. Nachteilig ist nur, dass das Heizkörperventil durch seine unvermeidliche Hysterese erst bei Unterschreiten der eingestellten Temperatur wieder öffnet (z.B. 18 °C). Ein Auf und Ab der Raumtemperatur ist die Folge.

Ein Vergleich der Vorlauftemperaturen mit der Heizkurve würde eine entsprechende Anpassung erleichtern. Mit einem WLAN-fähigen Sensor werden über ein kleines Python-Programm, das auf irgendeinem Computer im heimischen Netzwerk läuft, die über den Sensor erfassten Daten abgerufen und als Textfile gespeichert. Ein Vergleich der Daten mit der entsprechenden Heizkurve des Heizungsherstellers stellt anschließend klar, ob die Heizung wie gewünscht funktioniert.

### Aufbau

Der Shelly 1 ist ein kleiner, smarterer WLAN-Schaltaktor, der je nach Ausführung als Versorgungsspannung 230V AC, 24 bis 60V DC oder 12V DC benötigt und über ein Zusatzmodul auch drei Messeingänge abfragen kann. Wer sich nicht mit Netzspannungs-Installationen auskennt, sollte unbedingt auf die 24V- oder 12V-Versorgung wechseln. Ein passendes Steckernetzteil leistet hier gute Dienste. Bei den DC-Varianten bitte unbedingt die Bedienungsanleitung von Shelly beachten: Die Anschlusspolarität ist bei den DC-Varianten Plus auf N und Minus auf L, zusätzlich muss bei 12V-Betrieb eine Steckbrücke umgesetzt werden.

Mit dem Aufsteckmodul Shelly-ADDON können bis zu drei DS18B20-Temperatursensoren an einen Shelly 1 angeschlossen werden. Diese werden hier zur Erfassung der Vorlauf-, Rück-

## Kurzinfo

- » Fehlkonfigurationen erkennen und analysieren
- » Smart Actor Shelly 1 als Sensor-Interface
- » Python-Skript zum Loggen der Daten

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
3 Stunden



**Kosten:**  
50 Euro

### Material

- » Shelly1 v3 Smart Actor
- » Shelly ADDON Temperatursensor-Modul
- » 3 Shelly-Temperatursensoren mit DS18B20-Chip

### Mehr zum Thema

- » Uwe Rohne, Warmwasser-Sparpumpe, Make 4/22, S. 28

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



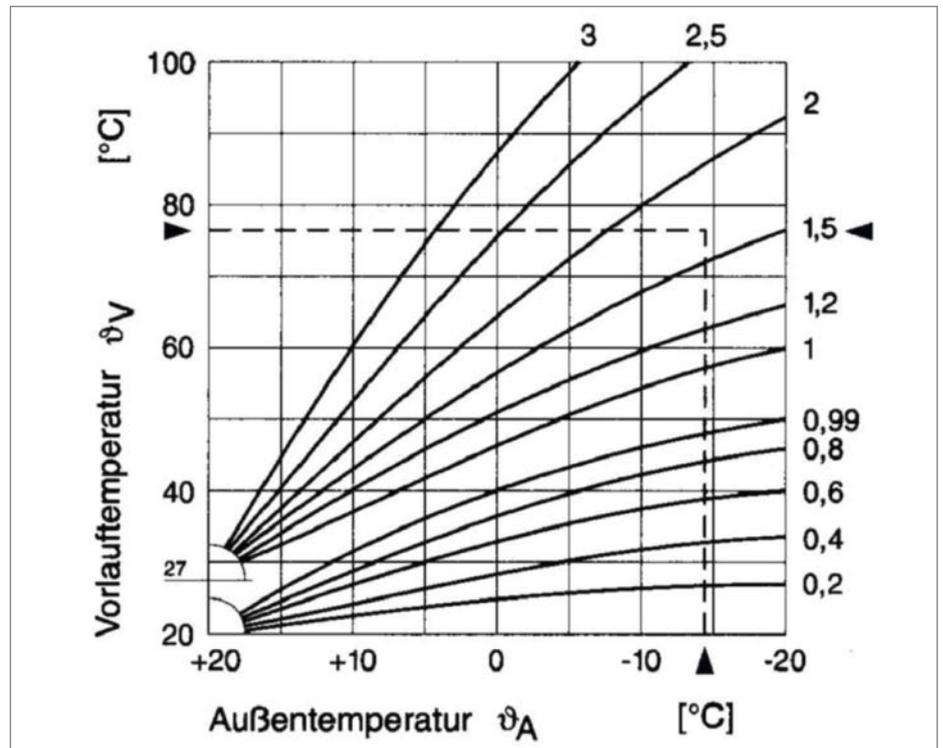
lauf- und Speichertemperatur verwendet. Eingebaut in ein passendes, selbst gedrucktes oder angefertigtes Gehäuse erhält man ein flexibel einsetzbares Messsystem, das man auch ohne weiteres an Freunde ausleihen kann.

Die Löcher im Gehäuse für Schrauben und Kabeldurchführungen sind absichtlich klein gehalten. Sie müssen entsprechend der verwendeten Schrauben und Kabel aufgebohrt

werden. Die Befestigung der Sensoren erfolgt mit Schlauchschellen. Für den Warmwasserspeicher reicht es, den Sensor zwischen Isolierung und Behälter zu schieben.

### Netzwerk-Anbindung

Nach dem Einschalten der Versorgungsspannung muss der Shelly in das heimische



Für jede neuere Heizungsanlage gibt es ein solches Heizkurven-Diagramm. Es lassen sich leicht die entsprechenden Vorlauf-Sollwerte für eine bestimmte Heizkurve ablesen.



Für den Heizungslogger werden lediglich ein Shelly 1 mit ADDON und drei DS18B20-Temperatursensoren benötigt; das Ganze gibt es vom Hersteller auch als Set.

Netzwerk aufgenommen werden. Mit der kostenlosen Shelly-App kann man das Sensor-Modul suchen und in das Netzwerk aufnehmen. Danach sollte unbedingt eine feste IP-Adresse zugewiesen werden, entweder über die Shelly-App oder den Router.

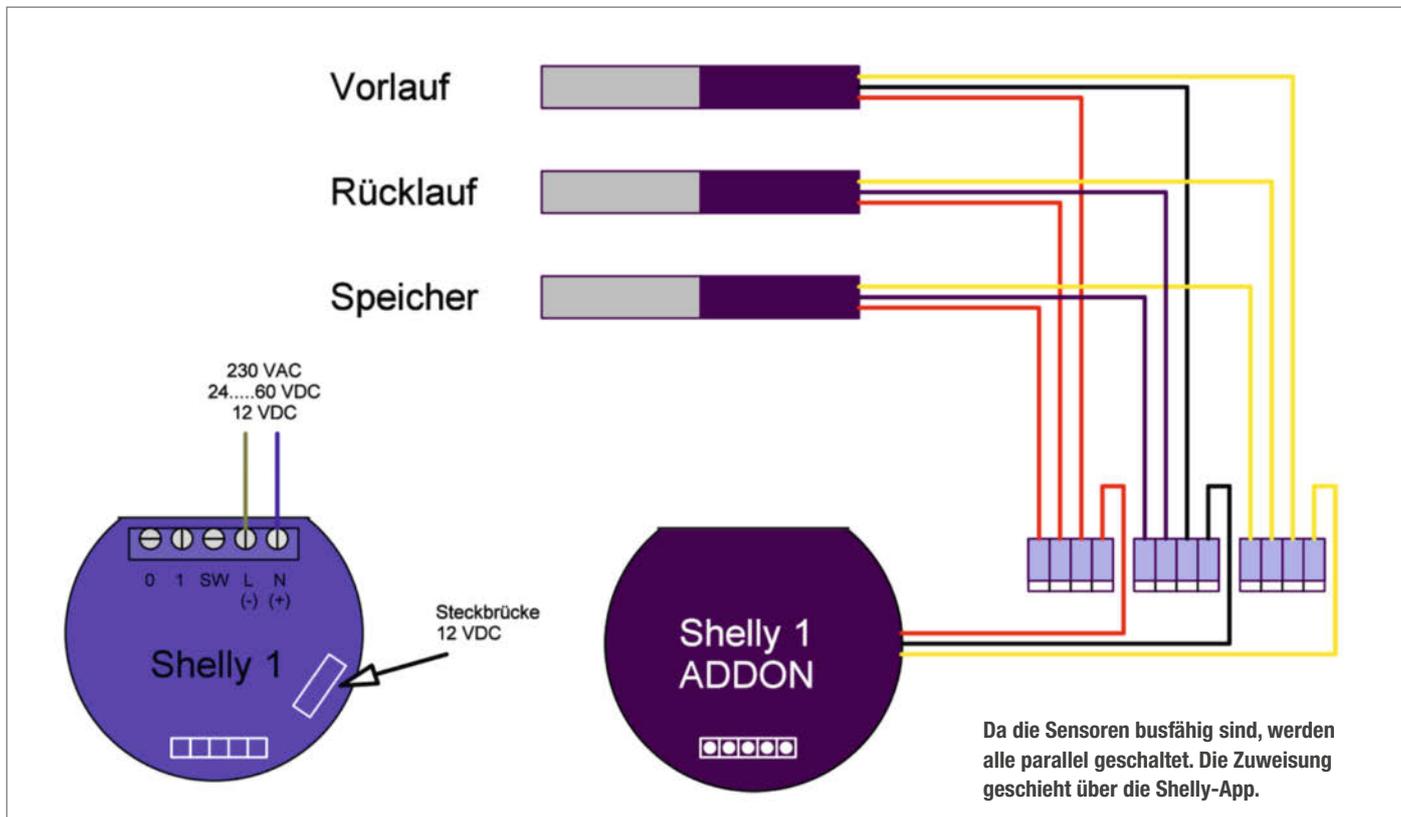
Wenn ein entsprechendes Thermometer verfügbar ist, kann man den Shelly noch mit den Offset-Einstellungen der App auf die genauen Werte kalibrieren. Wer mag, kann die Daten auch in die Shelly-Cloud hochladen.

## Datenabruf

Wer allerdings der Meinung ist, dass die Daten nur im eigenen Netzwerk sicher sind, muss sich über den gezielten Datenabruf Gedanken machen. Besonders geeignet ist dafür die Programmiersprache Python. Zum Einsatz unseres Logger-Programms müssen Sie also einen (ganz bescheidenen) Python-Interpreter auf Ihrem Rechner installieren. Das gestartete Skript (siehe Kasten) kann unbemerkt im Hintergrund laufen, es belastet den Prozessor nur in homöopathischem Ausmaß.

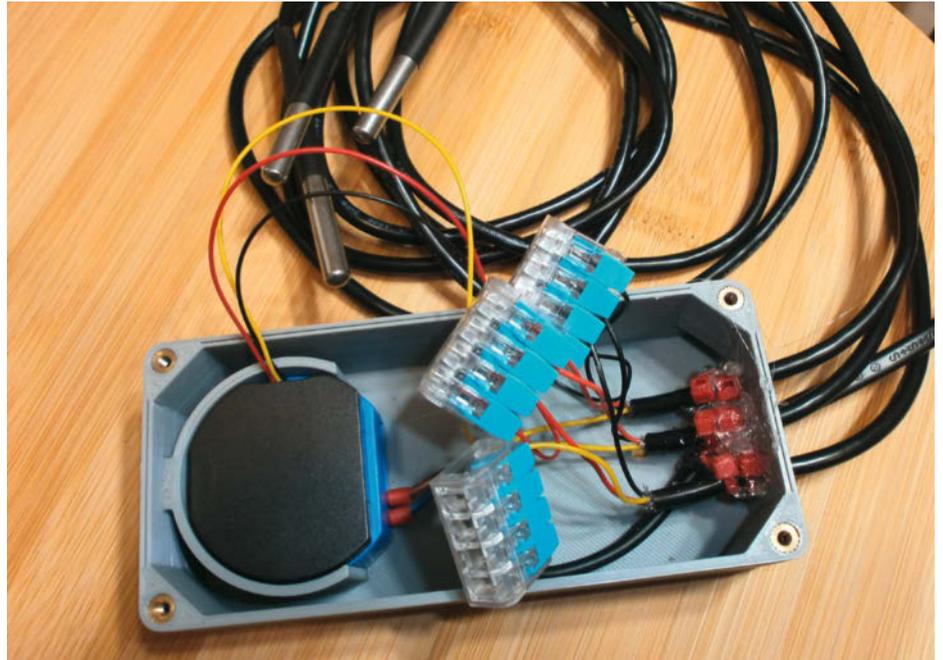
Für die Realisation habe ich mich von der Methode inspirieren lassen, wie man Daten aus Webseiten herausfiltert. Beim Status-Aufruf des Shelly mit beispielsweise `http://192.168.178.123/status` erhält man als Antwort einen Datensatz, den die Methode `decode()` in einen String wandelt. Anschließend wird mittels `Splitting` eine Liste erstellt und aus den Listeneinträgen werden die entsprechenden Temperaturwerte herausgesucht. Nun wird nur noch der verwendete Dezimalpunkt in ein Komma gewandelt, und schon stehen die Daten im richtigen Format zur Verfügung.

Für jeden Tag erstellt das Skript dann eine Textdatei unter dem Namen `jjjj_mm_tt_Shelly.txt`. In diese Datei werden alle fünf Sekunden die Uhrzeit und die drei Sensorwerte in einer Zeile angehängt. Das wird bis zum nächsten Datumswechsel gemacht und anschließend eine neue Textdatei erstellt.





Mit einer angepassten Schlauchschelle ist die Sensorbefestigung kein Problem.



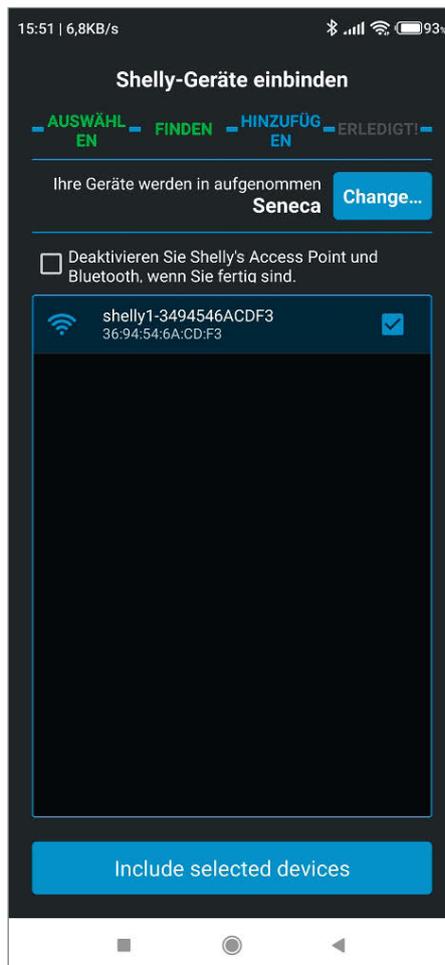
Für den praktischen Aufbau kann man sich ein Gehäuse 3D-drucken (Druckdaten siehe Link im Info-Kasten). Die Kabel werden mit Kabelbindern und Heißkleber gesichert.

### Auswertung

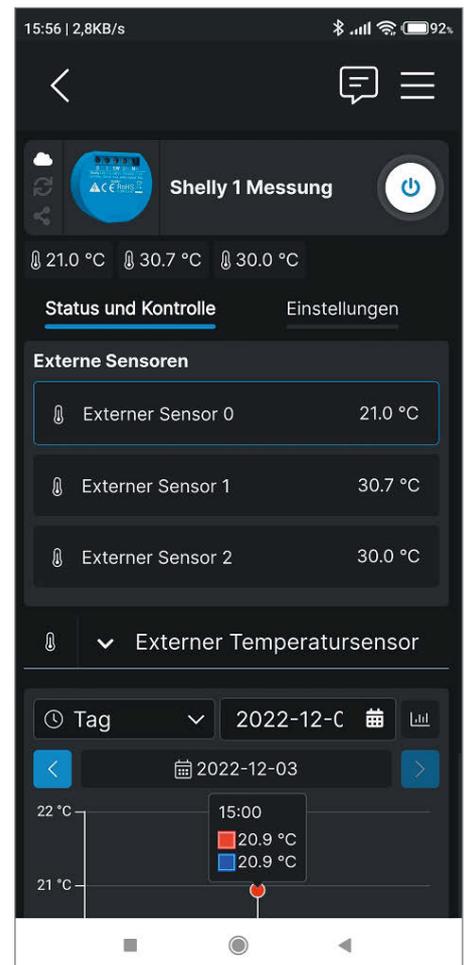
Die fertigen Textdateien können so in MS-Excel, OpenOffice oder LibreOffice importiert und als Diagramm dargestellt werden. Anhand der ermittelten Daten lässt sich zum Beispiel gut verfolgen, wann und wie oft ein Heizkörperventil öffnet.

Außerdem kann man bewerten, ob die Heizung optimal nach der Heizkurve arbeitet oder ob bei einem Betrieb mit einer Vorlauftemperatur von 55°C oder weniger eine Wärmepumpe als Alternative in Betracht kommt. Dazu zeichnet man die Daten bei unterschiedlichen Außentemperaturen auf; für längere Zeiträume ist es dann empfehlenswert, das Messintervall deutlich zu erhöhen. Der dritte Sensor, den wir zur Überwachung des Brauchwasserspeichers nutzen, lässt sich selbstverständlich auch zur Aufzeichnung der Außentemperatur verwenden, man muss sie dann nicht mehr notieren.

Das Python-Script muss vor seinem Aufruf auf die IP-Adresse angepasst werden, unter der sich das Shelly-Modul im heimischen Netzwerk angemeldet hat. In Anbetracht der spezialisierten und möglicherweise nur einmal benötigten Anwendung haben wir auf einen besonderen Komfort des nur knapp 40 Zeilen langen Programms bewusst verzichtet; mit Texteditor und einer Tabellenkalkulation sollten Sie deshalb umgehen können. Bevor Sie sich ans Abtippen des Programmchens machen: Wie immer finden Sie den Software-Sourcecode und auch die Druckdaten für das Gehäuse online unter dem Link im Info-Kasten. —cm



Das Einbinden in das heimische Netzwerk geht mit der Shelly-App recht einfach – wenn es geklappt hat, sieht es so aus.



Die Shelly-App zeigt die Messwerte der drei Sensoren an, rückt sie aber nicht als Tabelle heraus – das macht unser Python-Skript.



# API 2023

Die Heise-Konferenz zu Design,  
Entwicklung und Management von  
HTTP-APIs

30.3. und 27.4.2023 · Online-Konferenz



## APIs – die Basis für moderne IT-Systeme

Die **Vorträge** der betterCode() API im März und April bieten **Softwareentwickler:innen**, **Softwarearchitekt:innen** sowie **API- und Integrationsbeauftragten** konzeptuelles Wissen, neueste Trends der API-Entwicklung sowie umsetzbares Praxis-Know-how und Entscheidungshilfen.

Die **Vorträge und Panels** in diesem Jahr behandeln unter anderem folgende Themen:

- ✔ Mit APIs auf dem Pfad zu evolutionären Architekturen
- ✔ Die richtigen APIs finden mit Event Storming
- ✔ API Operations as a Service
- ✔ Sicherheit im API Lifecycle
- ✔ Async APIs
- ✔ Bestehende APIs um GraphQL erweitern
- ✔ API Sprawl

[api.bettercode.eu](https://api.bettercode.eu)

Jetzt  
Frühbucher-  
rabatt  
sichern!

# Heizungslüfter

In diesem Beitrag stellen wir eine Ergänzung für Wandheizkörper mit Teilen aus der Bastelkiste vor, die dabei hilft, einen Raum schneller warm zu bekommen.

von Mark Liebrand



**S**eine vier Wände möglichst effizient warm zu bekommen, beschäftigt in dieser Zeit viele. Durch die explodierenden Energiepreise wird eine warme Wohnung zum Kostenfaktor, bei dem es sich lohnt, nach Effizienzsteigerungen zu suchen. Viele wünschen sich daher eine Wärmepumpe als Heizung oder wollen zumindest die Vorlauftemperatur ihrer vorhandenen Heizung senken, um Wärmeverluste (durch schlechte Rohrisolierung) zu reduzieren.

Wer mit einer Wärmepumpe heizen möchte braucht idealerweise eine Fußbodenheizung, denn Wärmepumpen arbeiten mit niedriger Vorlauftemperatur. Die erfordern große Heizflächen, denn der geringe Temperaturunterschied zur kühlen Raumluft bewirkt eine nur geringe Luftzirkulation im Raum.

Klassische Heizkörper sind damit überfordert (zu geringe Oberfläche): Die Luft zirkuliert kaum, der größte Teil des Raumes bleibt kalt. Eine mögliche Lösung, sie trotzdem an einer Wärmepumpe zu nutzen, besteht darin, mittels Ventilatoren die Luft an der warmen Oberfläche des Heizkörpers vorbeizupusten, um so eine bessere (und schnellere) Verteilung der Luft im Raum zu erreichen. So wird trotz des geringen Temperaturunterschieds mehr Wärme vom Heizkörper auf die Luft übertragen. Die Wirkung der Lösung hängt von den Gegebenheiten des Raums ab. Beim Autor macht sich nach ungefähr einer Stunde eine Erhöhung der Raumtemperatur von 1,5 Grad bemerkbar.

## Kurzinfo

- » Gebläsesteuerung mit und ohne Cloud
- » Steuerung mit Python-Script auf Raspberry Pi
- » Alternative: Steuerung ohne Cloud mit TP-Link-Steckdose

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
2 Stunden



**Kosten:**  
ab 20 Euro

### Werkzeug

- » Säge, Holzbohrer

### Mehr zum Thema

- » Carsten Wartmann: 230-Volt-Geräte mit Zwischensteckern sicher und zuverlässig schalten, Make-Sonderheft 2022, S. 46
- » Sven Hansen: Sechs Zwischenstecker für das Energie-Monitoring, Make-Sonderheft 2022, S. 50

### Material

#### Variante 1

- » WLAN-Steckdose DeLock 11827
- » Thermometer Fritz!Dect 410
- » Raspberry Pi alle Modelle mit WLAN geeignet

#### Variante 2

- » WLAN-Steckdose TP-Link P110

#### Beide Varianten

- » PC-Lüfter 12V 120mm Anzahl je nach Heizkörpergröße
- » Steckernetzteil 12V min. 500mA

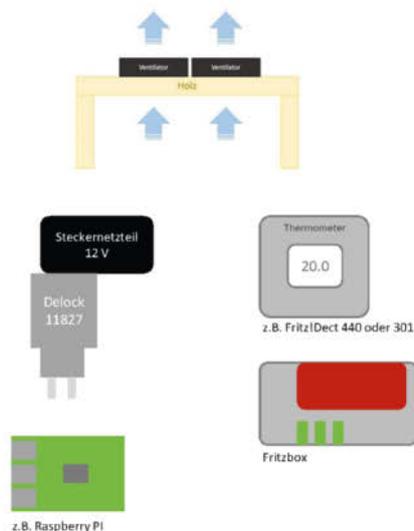
Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xbyw](https://make-magazin.de/xbyw)



## Aufbauvarianten

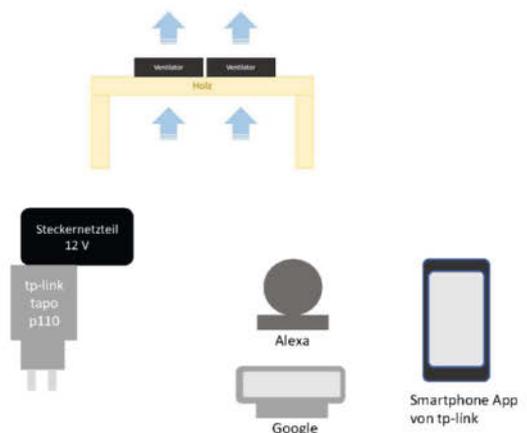
1 Die zwei Varianten dieses Projekts

### Variante #1:



- Automatik: Raspberry fragt die Temperatur über die Fritzbox ab und schaltet damit den Ventilator über den WLAN Schalter (Delock)
- Relativ viele Komponenten, dafür kein Cloud-Zwang
- Manuelles Schalten über Taster am Delock-Gerät

### Variante #2:



- Keine Automatik für die Temperatur
- Einfacheres Setup, Cloud-Anmeldung erforderlich
- Schaltbar über Sprachassistent oder das Mobiltelefon (auch aus der Ferne)

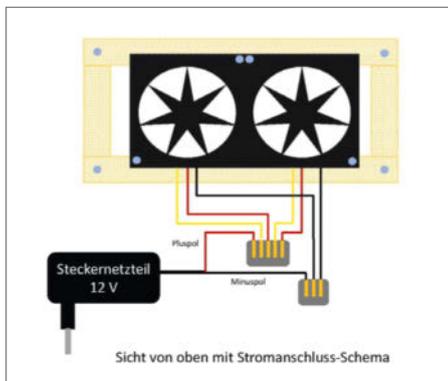


2 120mm-Lüfter sollten unter die meisten Heizkörper passen.

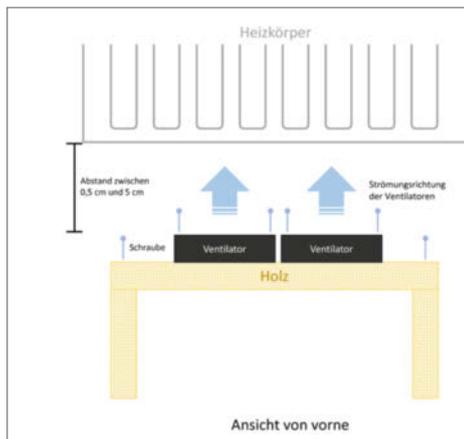
Der Effekt ist ähnlich wie bei einem Heizlüfter. Allerdings ist der Heizlüfter normalerweise im Betrieb viel teurer und trocknet die Raumluft stärker, was einige Menschen als unangenehm empfinden. Lüfteraufsätze für Heizungen finden sich auch im Versandhandel. Diese Geräte sind mit 50 bis 60 Euro für einen Heizkörper doch recht teuer. Dem Materialwert entspricht dies nicht.

### Billiger bauen, mehr sparen

Die hier vorgestellte Lösung ist günstiger zu realisieren, insbesondere, wenn man noch alte PC-Lüfter und ein passendes Netzteil hat. Außerdem kann unser Projekt mehr.



4 Die Verdrahtung ist recht simpel.



Im einfachsten Fall montiert man die Lüfter unter der Heizung und versorgt diese mit Strom. Für die Ansteuerung stellen wir zwei Varianten vor, die beide einen WLAN-Schalter benutzen 1. Die erste Variante stellt eine Automatik zur Verfügung, die den Lüfter bei einer bestimmten Temperatur einschaltet und bei Erreichen einer Zieltemperatur ausschaltet.

Während bei dieser Aufbauvariante eine WLAN-Steckdose des Hersteller *Delock* zum Einsatz kommt, die vollständig ohne Cloud-Anbindung auskommt, nutzt die zweite Variante ein Modell des Herstellers *TP-Link*, das eine Cloud-Anbindung braucht. Dafür bekommt man eine recht einfache Integration mit *Alexa* oder *Google Assistant*. Wer also auf Zuruf das Gebläse schalten möchte, der nutzt die zweite Variante.

### Variante 1: Delock ohne Cloud

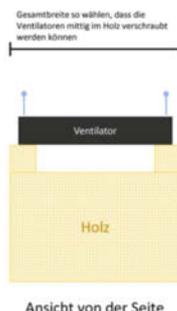
Für die Automatisierung nutzen wir eine Temperatur-Abfrage über eine Fritzbox und schalten die Ventilatoren über die *WLAN-Steckdose 11827* von Delock. Um diese Komponenten miteinander zu verbinden und etwas Logik einzubauen, braucht es sowas wie einen Raspberry, der irgendwo im Heimnetz läuft. Doch dazu später mehr. Zunächst mal der Aufbau.

Am besten eignen sich PC-Lüfter mit 12cm Durchmesser. Hier kann man durchaus mehrere nebeneinander betreiben 2.

Die 12V-Lüfter sollten nicht zu laut sein. Die Konstruktion für das Aufstellen der Lüfter unter der Heizung ist denkbar einfach und kann mit Holzresten realisiert werden 3.

Wer mag, kann das Holz noch hobeln und/oder streichen. Die Löcher für die Schrauben sollte man in jedem Fall vorbohren, damit das Holz nicht platzt. Bei der Verschraubung der Ventilatoren ist Vorsicht geboten – nicht zu stark anziehen wegen Bruchgefahr. Vor der endgültigen Montage der Lüfter sollte die Richtung des Luftstroms ausprobiert werden. Mehrere Lüfter nebeneinander sollten die Luft in die gleiche Richtung, und zwar von unten nach oben drücken. Die Höhe der Konstruktion richtet sich nach dem Abstand der Heizung vom Boden. Die Lüfter sollten recht nahe an der Heizung sitzen. Berühren sollten die Ventilatoren die Heizung nicht, sonst überträgt sich das Lüftergeräusch möglicherweise auf den Heizkörper.

3 Die Holzkonstruktion: Alle Lüfter müssen von unten Luft ansaugen können.



Bei dem elektrischen Anschluss der Lüfter müssen die roten und gelben Adern mit dem Pluspol des Netzteils verbunden werden 4. Damit steht die Drehzahl-Regelung auf volle Drehzahl. Wem das Ganze zu laut ist, der kann ggf. die Lüfterdrehzahl reduzieren, indem die Lüfter in Reihe geschaltet werden. Dadurch wird es leiser bei geringerem Lufttransport.

Das Netzteil sollte 12V und pro Lüfter ca. 0,2A liefern. Für zwei Lüfter sollte ein 5W-Netzteil also ausreichen. Mit der hier benutzten smarten Steckdose kann man zudem den Verbrauch messen; bei den geringen Leistungswerten ist das allerdings wohl eher uninteressant.

Das ganze Setup positioniert man dann unter dem Heizkörper. Natürlich sollte der Heizkörper nicht von einem Vorhang bedeckt sein. Die Luft sollte frei Richtung Raum aufsteigen können (siehe Titelbild des Artikels).

An dieser Stelle noch einen wichtigen Hinweis für Bewohner von Wohnungen mit Gemeinschaftsheizungen: Oftmals wird mit an den Heizkörpern angebrachten Messgeräten der Wärmeverbrauch ermittelt. Durch den Einsatz von Ventilatoren kann die Verbrauchsmessung verfälscht werden – der gemessene Verbrauch könnte geringer ausfallen. Daher sei es angeraten, hier in den Mietvertrag zu schauen oder mit der Hausverwaltung zu sprechen, ob der Einsatz unseres Lüfters zulässig ist.

Für eine smarte Steuerung braucht es dann neben dem Raspberry noch die bereits genannte WLAN-Steckdose. Da die Temperaturabfrage in diesem Aufbau bereits über die Fritzbox läuft (mit AVM-Thermometer Fritz!Dect 440), wäre es naheliegend, auch die Steckdose über die Fritzbox zu schalten. Aus dem Hause AVM gibt es zwar schaltbare Steckdosen, die jedoch recht teuer (70 bis 100 Euro) und aktuell nicht überall verfügbar sind.

Die Delock 11827 ist mit einem Straßenpreis unter 20 Euro erschwinglich. Diese WLAN-Steckdose läuft unter dem offenen Betriebssystem *Tasmota* und bietet weitere Konfigurations-Möglichkeiten, die über den Rahmen dieses Artikels hinausgehen. Positiv ist außerdem, dass dieses Modell nicht mit einer Cloud in Fernost kommuniziert.

Die Steckdose benötigt keine besondere Konfiguration und kann nach Anleitung des Herstellers konfiguriert werden. Dazu verbindet man sich nach dem Einstöpseln des Geräts mit dem WLAN namens *delock-xxxx* und öffnet mit dem Web-Browser die Adresse 192.168.4.1. Dann gibt man dort die WLAN-Daten (SSID und Passwort) ein.

Für die Steuerung gibt es das einfache Python-Skript *main.py*, das Sie von der Git-

hub-Seite des Projekts (siehe Kurzinfor-Link) downloaden können. Es wird ein Gerät wie ein Raspberry mit einer Python-3-Version benötigt. Ein NAS erfüllt den Zweck möglicherweise ebenfalls. Das Paket `requests` muss ggf. noch mit `pip3 install requests` installiert werden. Um das Ganze möglichst simpel zu halten, besteht die Steuerung nur aus diesem Skript.

Am Anfang der Datei stehen die Parameter. Bevor diese angepasst werden, sollte auf der Fritzbox noch ein separater Nutzer eingerichtet werden. Der Nutzer bekommt nur eine Smart-Home-Berechtigung **5**.

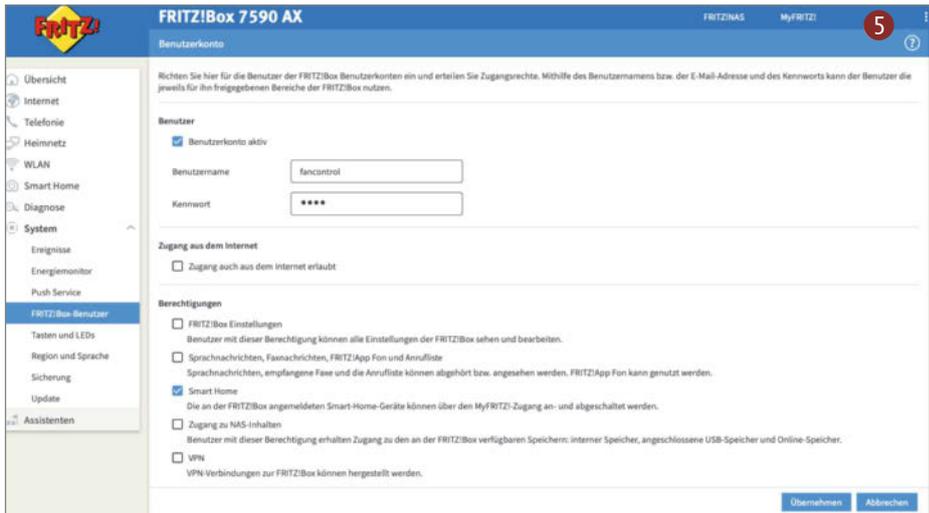
Über die Oberfläche der Fritzbox kann man die IP-Adresse der WLAN-Steckdose auf der Seite *Heimnetz/Netzwerk* ermitteln. Bei dieser Gelegenheit sollte man die Einstellungen für das Gerät öffnen und den Haken bei *Diesem Netzwerkgerät immer die gleiche IPv4-Adresse zuweisen* setzen.

Ist dies geschehen, kann das Python-Skript konfiguriert werden:

- **BOX:** IP-Adresse der Fritzbox. Alternativ `fritz.box`
- **USER/PW:** Login-Daten des soeben eingerichteten Fritzbox-Nutzers mit Smart-Home-Berechtigung.
- **AIN:** Bezeichner des Geräts, von dem die Temperatur ausgelesen wird. Dies kann das smarte Heizkörper-Thermostat oder ein separater Temperatur-Regler sein, der an die Fritzbox angeschlossen ist (z.B. FRITZ!DECT 440). In der Oberfläche der Fritzbox (*Smart Home/Geräteverwaltung*) wird die Nummer entweder als *IPEI* oder als *AIN* bezeichnet. Die Temperatur-Abfrage funktioniert in unserem Test mit Original-Komponenten wie auch mit Komponenten von Fremdherstellern.
- **SWITCH:** IP-Adresse des Tasmota-Schalters. Im Skript gibt es noch weitere Parameter, die voreingestellt sind. Hierbei geht es darum, bei welcher Temperatur die Lüfter an- bzw. ausgehen. Anhand der Messwerte werden die Lüfter geschaltet. Der Aufruf des Skriptes sollte regelmäßig erfolgen, zum Beispiel per `cron`-Eintrag (`crontab -u pi -e`). Für Fünf-Minuten-Intervalle sollte das wie folgt aussehen:

```
* /5 * * * * /home/pi/python3 main.py
2>&1 /tmp/fanctrl.log
```

Hier wird auf dem Raspberry für den User `pi` alle 5 Minuten das Skript ausgeführt. Fehlermeldungen und Ausgaben landen in einer Datei im Verzeichnis `/tmp`. Das Verzeichnis `/tmp` wird beim Booten gelöscht. Auf einem NAS gängiger Hersteller (z.B. *QNAP* oder *Synology*) funktioniert `cron` leider nicht wie auf einem gewöhnlichen Linux System. Die `cron`-Tabelle wird beim Neustart überschrieben (mit Einträgen für den Betrieb des NAS) und die eigenen Einträge sind dann weg.



Wer im heimischen LAN die Steckdose direkt schalten möchte, der ruft im Browser die Web-Seite der Steckdose auf **6**. Dort kann man dann auch sofort den Energieverbrauch ablesen. Wem die Web-Seite zu träge im Laden ist, der legt sich die Schaltbefehle als Lesezeichen direkt in den Browser:

```
http://ip_des_schalters/cm?cmd=Power%20on
```

Zum Ausschalten `on` durch `off` ersetzen.

### Variante 2: Integration mit Sprachassistent

Bei der zweiten Aufbauvariante kommt die WLAN-Steckdose *P110* des Herstellers *TP-Link* zum Einsatz. Dieses Gerät ist ebenfalls für unter 20 Euro zu erhalten und bietet auch die Möglichkeit, den Stromverbrauch zu messen. Die Integration mit Alexa und Google Assistant funktioniert recht einfach. Jedoch benötigt man einen Login bei TP-Link. Dafür lässt sich das Ganze dann auch aus der Ferne schalten.

Um diese Steckdose in Betrieb zu nehmen, muss die *TAPO*-App von TP-Link auf dem Smartphone installiert werden. Das Anlegen eines Nutzeraccounts ist obligatorisch, um die Funktionen der App nutzen zu können. Auch hier muss bei der ersten Inbetriebnahme eine Verbindung mit dem WLAN der Steckdose (*tapo...*) hergestellt werden. In der App konfiguriert man dann das WLAN. Leider ist nicht transparent, ob man hier WLAN-Information an TP-Link übermittelt.

Die Integration mit Alexa oder Google ist Teil des Installations-Prozesses und funktionierte in unserem Fall mit Google Assistant auf Anhieb.

Es ist ebenfalls möglich, diese Steckdose per Skript zu schalten. Dazu gibt es Python-Code, der hier eine Schnittstelle zur Verfügung stellt (Github-Download-Adresse siehe Kurzinfor-Link). Der Aufwand, die Schaltung per Skript zu erledigen, ist bei diesem Schalter verglichen mit dem Delock-Modell deutlich

höher, da man sich bei diesem Schalter erst noch einloggen muss.

### Fazit

Mit der hier vorgestellten Anleitung lässt sich mit wenig Aufwand die Heizsituation für einen Raum verbessern. Vielleicht schenkt man dabei noch der ein oder anderen Komponente aus der Bastelkiste eine neue Verwendung. Mit den Smart-Home-Funktionen ist man den kommerziellen Lösungen für ähnliches Budget um einiges voraus. —hgb

**Delock 11827 Modul**

**WLAN-Switch**

<b>Spannung</b>	220 V
<b>Strom</b>	0.000 A
<b>Leistung</b>	0 W
<b>Scheinleistung</b>	0 VA
<b>Blindleistung</b>	0 VAR
<b>Leistungsfaktor</b>	0.00
<b>Energie heute</b>	0.000 kWh
<b>Energie gestern</b>	0.000 kWh
<b>Energie insgesamt</b>	0.058 kWh

ON

An/Aus

Einstellungen

Informationen

Firmware Update

Konsole

Neustart

Tasmota 7.2.0 von Theo Arends

**6** Die Web-Oberfläche der Steckdose

# Maker Faire Hannover 2023: Jetzt Tickets sichern!

Günstiger wird's nicht mehr: Wer jetzt schon seinen Besuch bei der größten Maker Faire im deutschsprachigen Raum bucht, spart satte 20 Prozent.

von Peter König



Die größte Maker Faire für Deutschland, Österreich und die Schweiz findet in diesem Jahr am **19. und 20. August in Hannover** statt. An voraussichtlich über 200 Ständen, auf dem Außengelände, den Show- und Vortragsbühnen gibt es alles zu sehen, was das Maker-Heart begehrt: Nicht nur die klassischen Felder aus unserem Heft wie 3D-Druck, Elektronik, ESP, Arduino, Raspi & Co., IoT, KI und Roboter sind dort Thema – auf der Maker Faire Hannover kommt ebenso auf ihre oder seine Kosten, wer sich für Biohacking, Cosplay, Crafting, Handwerk und Handarbeit interessiert, wer sich für Lego, Modellbau, Musik, Nachhaltigkeit und Upcycling begeistert.

Die Maker Faire Hannover veranstalten wir selbst. Das bedeutet, dass ihr dort nicht nur auf eine Vielzahl von inspirierenden Projekten und ihre Macherinnen und Macher trifft, sondern vor allem auch uns – die **gesamte Redaktion**. Und wir freuen uns sehr, möglichst viele von euch an unserem Stand zu treffen, von euren Projekten zu erfahren und eure Fragen zu beantworten.

Tickets gibt es **ab sofort auf maker-faire.de** im Ticketshop zu kaufen. Für echte Maker-Faire Fans gibt es diesmal auch wieder Wochenend-Tickets für Eintritt an beiden Tagen. Wer mit seiner Familie ein sommerliches Making-Wochenende in Hannover verbringen möchte (die Stadt ist allen Gerüchten zum Trotz immer eine Reise wert!), kann ein Familienticket kaufen und sparen. Kinder unter 10 Jahren haben generell freien Eintritt.

Schnell sein lohnt sich beim Ticketkauf. Erstmals bieten wir **Early-Bird-Tarife** an: Wer seine Tickets bis Ostersonntag bestellt – ob für sich selbst oder als Geschenk für andere – bekommt automatisch **20% Rabatt**. Anschließend gibt es bis Pfingstsonntag immerhin noch einen Rabatt von 10%. Ab dem 29. Mai bis zum Beginn der Maker Faire gelten unsere regulären Preise.

Natürlich seid ihr uns auch als Aussteller sehr willkommen – der **Call for Makers** läuft noch bis zum 11. Juni. Übrigens: Wer als privater Maker an seinem Stand nichts verkauft, zahlt auch keine Standgebühr. Spätestens ab Juli veröffentlichen wir Infos zu allen teilnehmenden Makern und Ausstellern und alles rund ums Programm auf der Website **maker-faire.de**. Mehr zur Maker Faire Hannover lest ihr dann in der Make-Ausgabe 4/23; ihr könnt aber auch jetzt schon den kostenfreien **Maker Faire Newsletter** abonnieren, um auf dem Laufenden zu bleiben.

Alle Links rund um die Maker Faire sowie das Video über die Maker Faire Hannover 2022 findet ihr über den Kurzlink oder QR-Code auf dieser Seite.

## Im Frühjahr: Maker Faires in Dortmund und Wien

Wenn Gurken Strom erzeugen, Droiden piepsen und das Jahrhundert von gestern in die Welt von morgen einlädt, ist wieder **Maker Faire Ruhr – am 25. und 26. März**. Zum sechsten Mal ist die **DASA Arbeitswelt Ausstellung in Dortmund** Schauplatz des Kreativ-Festivals. Passend zur industriellen Geschichte des Ruhrgebiets ist auf dieser Maker Faire traditionell der Steam-punk stark vertreten – zum Bestaunen wird sicher einiges geboten. Neu in diesem Jahr ist die Verbindung zur aktuellen Sonderausstellung *Foodprints* über Ernährung, bei der unter anderem Snacks für die Zukunft Thema sind – das sogenannte *tasteLAB* verspricht ungewöhnliche Verkostungen und bietet auch einen Mehlwurm-Workshop zum Mitmachen. Mehr zum Programm und den Online-Ticketshop findet man über den Kurz-Link oder den QR-Code auf dieser Seite.

Nach drei Jahren Pandemie-bedingter Pause findet am **3. und 4. Juni** endlich wieder die **Maker Faire Vienna** statt. Bei der bereits

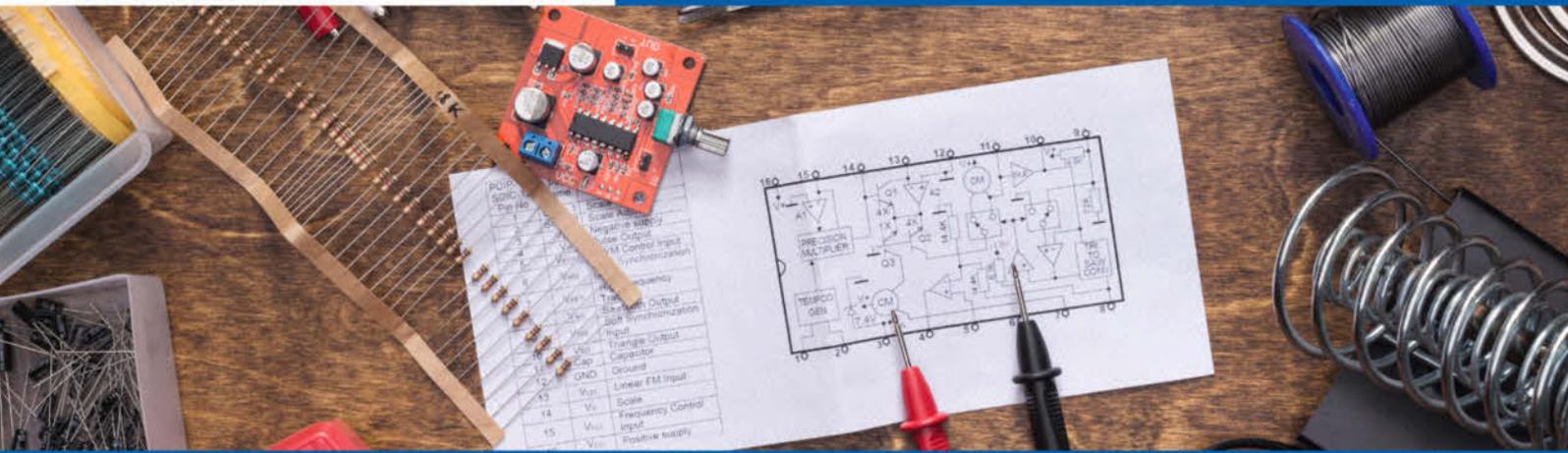
fünften Ausgabe von Österreichs größtem Do-It-Yourself-Festival erwartet die Besucher und Besucherinnen in der **Wiener METASTadt** ein spannender Mix an Makern, Workshops, Mitmachstationen und Vorträgen. Apropos *Maker* und *Mitmachen*: Kurzentschlossene können sich noch bis zum 12. Februar als Aussteller anmelden (Link siehe Kurz-URL oder QR-Code auf dieser Seite).

Die **Make-Redaktion** wird auch in Dortmund und Wien **vor Ort** sein – wir freuen uns drauf, auch dort mit euch ins Gespräch zu kommen! —pek



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





## Content Creator (m/w/d) / Technical Writer (m/w/d)

Du brennst für Themen rund um Elektronik, Technik und Handwerk? Du brauchst einen Ort zur Umsetzung und willst Deine Projekte mit einer Community teilen? Bei uns findest Du genau das! Wir bieten Dir zahlreiche Möglichkeiten, Deine Ideen zu verwirklichen: 3D-Druck, Fräsen, Programmieren oder Werkeln.

Deine Projekte bringst Du auf jede erdenkliche Plattform, sei es als Online- oder Heft-Artikel, Podcast, Fotostrecke oder Video. Du versorgst so unsere Maker mit regelmäßigem Content zum Nachbauen und Inspirieren!

### Was Du bei uns so machst

- Du setzt Deine eigenen Projekte um und bringst diese unserer Community näher.
- Durch den Einsatz unserer vielfältigen Formate rückt Du Deine Projekte ins Rampenlicht.
- Mit Deinem Tatendrang testest und probierst Du verschiedene Maker-Anleitungen der Community aus.
- Du entwickelst Dich mit uns weiter, kannst Deine Kreativität und Erfahrungen mit einbringen und aktiv die Zukunft von Maker Media mitgestalten.

### Was Dich bei uns erwartet

- Flexibles Arbeiten durch Gleitzeit sowie mobiles Arbeiten und die dafür benötigten Mittel.
- Corporate Benefits, eine subventionierte und vielseitige Kantine, unser Mitarbeiter-Fitnessprogramm Hansefit und vieles mehr.
- Ein familiäres Umfeld im Team und Mitarbeiter-Events für das gesamte Kollegium aus dem Haus Heise.
- Wir bieten einen offenen Raum für Entwicklung und Ideen.
- Du kannst bei Events wie unserer Maker Faire mitwirken und Dich mit Makern aus ganz Deutschland austauschen.

### Haben wir dich neugierig gemacht?

Besuche uns auf [karriere.heise-gruppe.de](http://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](http://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.

# Zweiter Elektro-Experimentierkasten

Im Make-Sonderheft 2022 „Elektrotechnik“ stellte Hans-Jürgen Pretzel auf Seite 10 den selbstgebauten Elektro-Experimentierkasten für seine Enkel vor – und die Redaktion bat um Zusendung von Bildern und Beschreibungen ähnlicher Kreationen. Hier ist meine.

von Werner Niggemann

Die Bilder **1** und **2** zeigen meine Lösung, die ich vor etwa 30 Jahren für unseren damals dreijährigen Sohn zusammen gestellt habe. Er hatte genau, wie Herr Pretzel beschreibt, ein Faible für die Lichtschalter entwickelt, *An/Aus, An/Aus, An/Aus/An/Aus ...*

Aufgebaut ist die Schaltung aus vier Ebenen: Unten die Auswahl, bestehend aus drei Wechselschaltern, die vier Möglichkeiten erzeugen. Darüber die Betätigung, bestehend aus den vier Tastern und dem Vierfach-Wechsler in der Mitte. Der Wechsler dieser Ebene schaltet zwischen Dauerbetrieb und Tastenbetrieb um.

Dann kommt die Zuordnung *Schalter-Aktoren*, bestehend aus den drei Kabeln, die von den Aktoren kommen und in einen der vier Ausgänge der vorherigen Ebene gesteckt werden müssen. Die Stecker sind normale Bananenstecker mit Querloch, die Kabel sind Litze für Messleitungen. Als letztes die obere Ebene mit den drei Aktoren: eine grüne und eine rote LED sowie ein Summer. Der Summer ist mit einem Vorwiderstand versehen, um ihn

auf eine erträgliche Lautstärke zu begrenzen – sehr zu empfehlen!

Die Stromversorgung besteht aus vier in Reihe geschaltete Babyzellen ohne weiteren Einschalter. Die Batterien sind im verschraubten Inneren der Kiste gut aufgehoben und halten jahrelang. Die Verdrahtung der Aktoren befindet sich auf der Oberseite und dem Holzbrettchen, auf dem die Teile montiert sind. Diese Anordnung eignet sich allerdings *nicht* zum Verstehen des Stromkreises, da die zweite Hälfte des Kreises im Inneren nicht sichtbar ist.

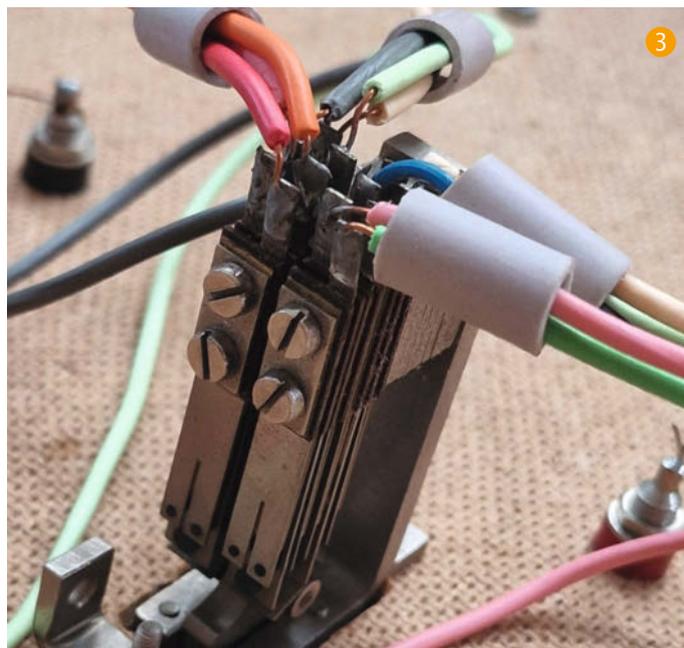
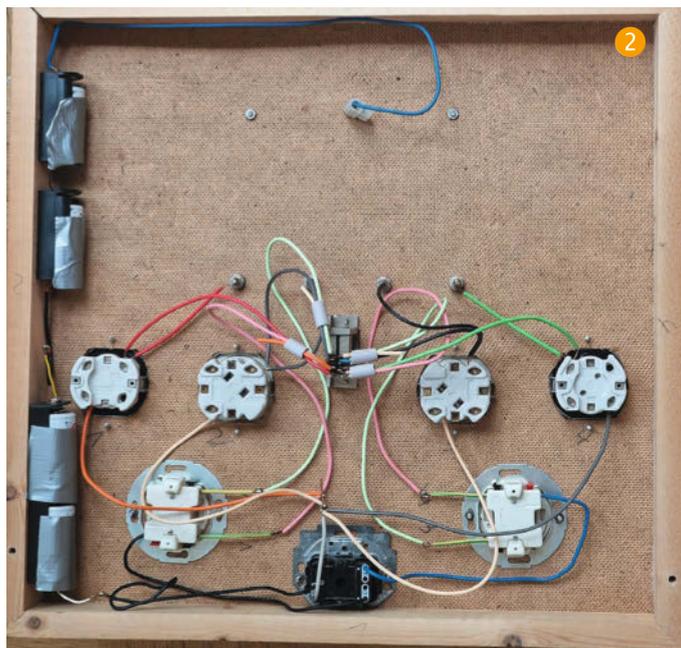
## Elektrisches Puzzle

Der Sinn dieses Aufbaus liegt aber auch genau darin, das er von den Kindern nicht sofort durchblickt wird. Sie probieren lange herum – und immer benimmt sich die Kiste etwas anders, manchmal passiert auch nichts, da es nur drei Aktoren, aber vier Auswahlmöglichkeiten gibt. Man könnte die Kiste als elektrisches Puzzle beschreiben. Der ganze Aufbau ist etwas



simpel geraten, da meine Bastelmöglichkeiten damals sehr eingeschränkt waren. Dafür ist er stabil genug, sodass sich jetzt die nächste Generation Kinder damit beschäftigen kann.

Das exotische Bauteil in der Schaltung ist der Vierfachwechsler **3**: Er stammt aus einem alten Zwischenumschalter für einen Telefonanschluss, wie er zu Relais-Zeiten üblich war, und ist für die Ewigkeit gebaut. Mir ist bewusst, dass der ganze Aufbau heute mit einem Mikrocontroller und kleinen Tastern viel eleganter gelöst werden kann. Den Kindern ist es jedoch völlig egal, sie haben mit den Schaltern ordentlich was zu drücken beziehungsweise umzulegen und immer noch Spaß dabei. —pek



# Mastering GitOps

Schnell, stabil und sicher deployen

Das Heise-Online-Event  
am 2. März 2023

## Auf dem Weg zu Continuous Operations

Die Mastering GitOps bietet Ihnen online einen fundierten Überblick über die Konzepte und den praktischen Einsatz von GitOps. Lernen Sie die Chancen für Ihr eigenes Arbeitsumfeld einzuschätzen und erfahren Sie, wie das Deployment ihrer Anwendungen schneller und sicherer wird.

### Highlights aus dem Programm:

- Was ist GitOps – und ist das was für mich?  
**Baris Cubukcuoglu**
- GitOps maßgeschneidert: Repos, Folders, Stages, Patterns  
**Johannes Schnatterer**
- GitOps geht auch ohne Kubernetes  
**Anja Kammer**
- Die GitOps-Delivery-Pipeline überwachen und härten mit Flux & Flagger  
**Florian Heubeck**
- Keynote: GitOps Emerging Developments and Predictions  
**Alexis Richardson**

Mit einer Keynote von  
**Alexis Richardson**,  
dem »Erfinder«  
von GitOps

Unsere Online-Konferenz vermittelt konzeptuelles Wissen und praktisches Know-how für Softwareentwicklerinnen und -entwickler, die GitOps für ihre Zwecke evaluieren oder eigene Erfahrungen mit Fachkolleginnen und -kollegen vergleichen wollen.

Jetzt noch Frühbucherrabatt bis zum 15. Februar 2023 sichern!

[www.mastering-gitops.de](http://www.mastering-gitops.de)

Veranstalter

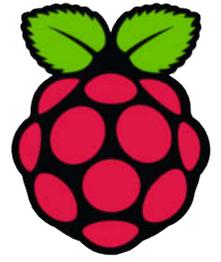


 heise Developer

© Copyright by Maker Media GmbH.

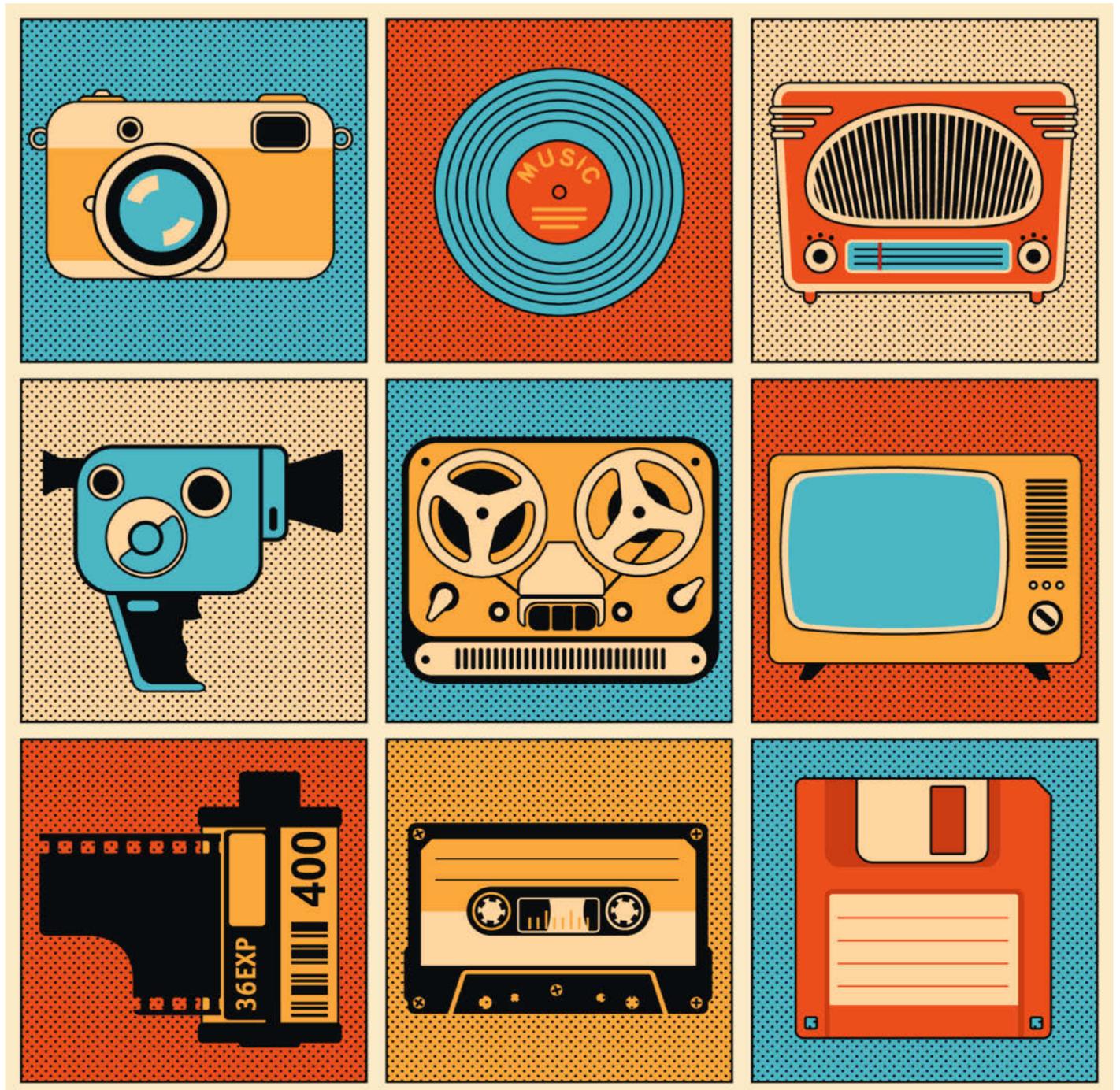
 dpunkt.verlag

# Mediacenter mit dem Raspberry Pi



Schon mit wenig Hardware lässt sich schnell ein eigenes Mediacenter bauen. Damit die Wahl der Software etwas leichter fällt, haben wir die Distributionen LibreELEC, OSMC, XBian und Max2Play für euch ausprobiert.

von Ákos Fodor



Mushakesa / Shutterstock.com

Über die Jahre sammeln sich gern zahlreiche Medien auf unseren Computern, externen Datenträgern oder Servern an. Hochzeitsfotos, Videos vergangener Urlaube, digitalisierte Musik oder aufgezeichnete Filme liegen irgendwo (sprichwörtlich oder ganz real) in der Schublade und geraten allmählich in Vergessenheit. Dabei könnte man sie mithilfe eines Mediacenters auch gebündelt zu neuem Leben erwecken, in Erinnerungen schwelgen oder sich einfach nur über den Komfort einer übersichtlichen Sammlung freuen – ganz bequem vom Sofa aus und jederzeit parat.

Als flexible und kompakte Lösung für solch ein Projekt bietet sich der Raspberry Pi an, den man entweder direkt oder über das Netzwerk mit seinen Schätzen bespielen kann. Eine gute Handvoll Distributionen – also komplette Betriebssystem-Images – speziell für diesen Zweck gibt es zum Glück auch schon, die den Einstieg erleichtern sollen, sodass man nicht komplett bei null anfangen muss. Zu den beliebtesten zählen *LibreELEC*, *OSMC*, *XBian* und *Max2Play*. Auf einem *Raspberry Pi 4B* (4GB) haben wir die ersten Schritte einmal durchgespielt. Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede wir dabei herausgefunden haben, was sich für welche Bedürfnisse eignet und was den Einstieg erleichtert, zeigt der folgende Artikel.

## Die Hardware

Erfreulicherweise läuft Open-Source-Software oft auf verschiedenen Plattformen und auch auf älterer Hardware. Mediacenter-Distributionen sind da keine Ausnahme. Je hochauflösender und größer die Medien allerdings werden, die man auf einem Raspberry Pi wiedergeben möchte, desto höher werden auch die Anforderungen an die Hardware. LibreELEC geht in einem Wiki detailliert auf dieses Thema ein (siehe Link in der Kurzinfor) und erklärt zusammengefasst, dass Videoinhalte mit der Medienplayer-Software *Kodi* in 4k-Auflösung, mit 60fps und HDR nur von einem Raspberry Pi 4 oder 400 wiedergegeben werden können.

Wer darauf keinen Wert legt oder sein Mediacenter für andere Medien oder Zwecke nutzen möchte, findet bei den vier Distributionen, die wir getestet haben, auch Images für ältere Raspberry Pi. Einzig der Zero scheint aufgrund seines geringen Arbeitsspeichers von 512MB performance-technisch langsam an Relevanz zu verlieren.

## Ein leichter Einstieg

Wenn man nach einem Mediaplayer für den Raspberry Pi sucht, trifft man ziemlich schnell auf den Namen Kodi (ehemals *XBMC*, *XBox Media Center*). Ursprünglich als Homebrew-Software für die *XBox* entwickelt, erfreut sich

## Kurzinfor

- » Vergleich vier beliebter Mediacenter-Distributionen für den Raspberry Pi
- » Unterschiede und Gemeinsamkeiten verstehen
- » Einen leichten Einstieg für das eigene Projekt finden

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
1 Stunde



**Kosten:**  
0 Euro (bei vorhandenem Raspberry Pi 4B samt Zubehör)

### Werkzeug

- » Computer zum Vorbereiten der SD-Karte
- » Maus, Tastatur oder Fernbedienung zum Einstellen von Kodi

### Material

- » Raspberry Pi 4B 2GB+
- » Raspberry-Pi-Gehäuse mit Lüfter
- » microSD-Karte 8GB+
- » Micro-HDMI-Adapter
- » HDMI-Kabel
- » Raspberry-Pi-Netzteil

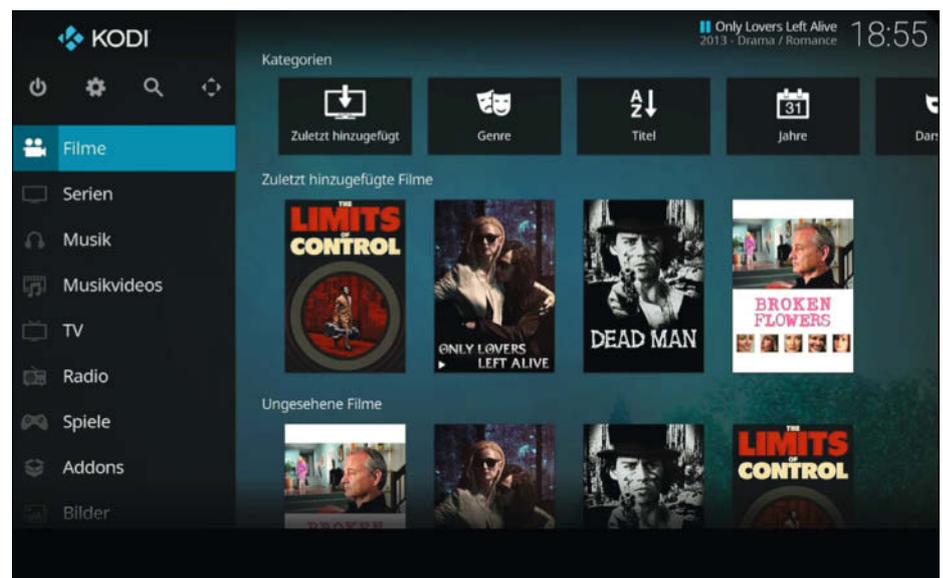
### Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Prime und Netflix mit dem Raspberry Pi 4, Make 3/20, S. 60
- » Heinz Behling, Intelligentes Heim mit Home Assistant, Make 1/21, S. 100
- » Heinz Behling, TV und Heimkino mit Home Assistant, Teil 1, Make 3/21, S. 90
- » Heinz Behling, 44 Pi-Betriebssysteme für jeden Zweck, Make 5/18, S. 18
- » Roman Radtke und Ákos Fodor, HiRes-Audio mit dem Raspberry Pi, Make 6/21, S. 10

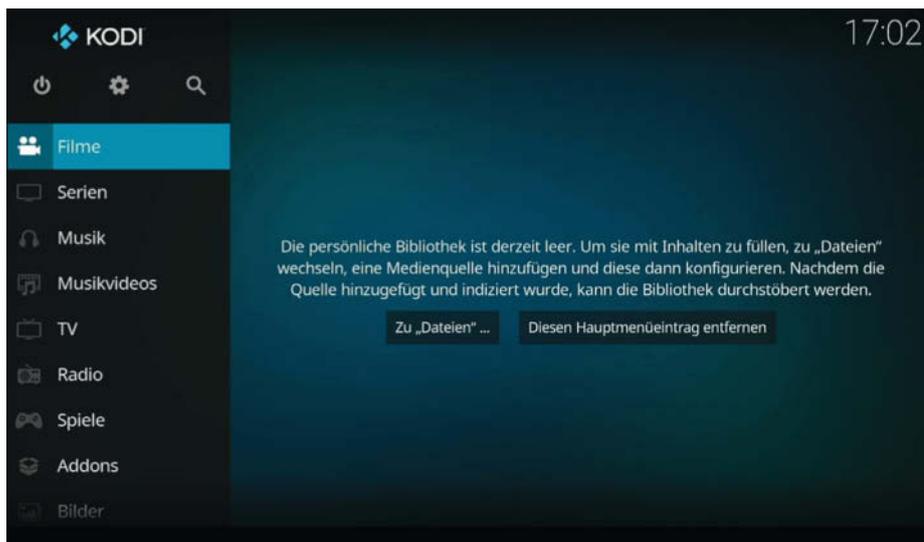
Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xrcr](https://make-magazin.de/xrcr)

das Programm in der Open-Source-Gemeinde bis heute großer Beliebtheit. Kodi lässt sich auf *Raspberry Pi OS*, anderen *Linux*-Distributionen oder auch *Windows*, *macOS* oder *Android*

installieren. Es ist also durchaus möglich, ein bestehendes Raspberry Pi OS mit Kodi nachzurüsten und alles von Hand zu konfigurieren. Doch nicht jeder ist mit der Optimierung eines



1 Der Filmtitel als Dateiname genügt in der Regel, den Rest – etwa die Suche nach Thumbnails – erledigt der Scraper.



2 So sieht Kodi mit dem Standard-Skin Estuary aus.

Linux-System vertraut oder hat Lust darauf, das Rad neu zu erfinden.

Einfacher ist es daher, gleich mit einer Mediaplayer-Distribution ins Projekt einzusteigen. Diese kombiniert ein Betriebssystem auf Linux-Basis samt Kodi als fertig geschnürtes Paket. Beide sind dabei so aufeinander abgestimmt, dass der Mediaplayer möglichst gut auf dem Einplatinencomputer läuft und die maximale Leistung aus dem kleinen Raspberry ziehen kann. Manche Distributionen lassen sich außerdem mit wenigen Klicks um hilfreiche Funktionen erweitern, ohne dass man sich mit Linux auskennen muss – sehr einsteigerfreundlich also. Jede Distribution setzt dabei auf eine andere Strategie, verwendet eigene Installer und legt den Fokus auf andere Features. Um sie besser auseinanderhalten zu

können und eine passende Lösung für das eigene Projekt zu finden, hilft ein kleiner Überblick.

### Einer für alles

Kodi unterstützt Filme, Serien, Fotos, Podcasts, Videos, Fernsehsendungen, Spiele und andere Medien. Diese können von einer SD-Karte, USB-Datenträgern oder Netzwerklaufwerken eingespeist werden. Wie die Dateien geordnet sind, ist Kodi prinzipiell egal, außer, man möchte ein bisschen mehr Übersicht haben und vernünftig filtern können. Dann sollte alles einer logischen Ordnerstruktur folgen, damit die sogenannte *Scraper-Funktion* 1 vernünftig arbeiten kann. Sie ermittelt mithilfe öffentlicher Datenbanken zusätzliche Informationen

zu den Filmen und Serien, mit denen man das System gefüttert hat. So kann Kodi zu einem aufgezeichneten Film das Cover, die Liste der Schauspieler, das Genre und vieles mehr herausuchen. Später ist es dann möglich, Filme nach Schauspielern anzeigen zu lassen und insgesamt sieht die Mediathek mit Bildern viel hübscher aus als eine bloße Liste.

Die Benutzeroberfläche 2 ist mithilfe von Skins anpassbar 3, folgt gängigen Konventionen und ist für die Darstellung auf einem Fernseher ausgelegt. Unterstützt dieser CEC (z.B. Anynet+), kann Kodi direkt mit der gewohnten Fernbedienung gesteuert werden. Alternativ lassen sich auch Maus und Tastatur, Game-Controller oder andere Steuergeräte verwenden sowie die offizielle Smartphone-App 4 oder ein Browser. Mit ihm erreicht man das Webinterface über die IP-Adresse des Raspberry Pi, gefolgt von seiner Portnummer, z.B. 192.168.1.33:8080. Damit das funktioniert, muss die HTTP-Fernsteuerung in der Regel noch in den Kodi-Einstellungen aktiviert werden.

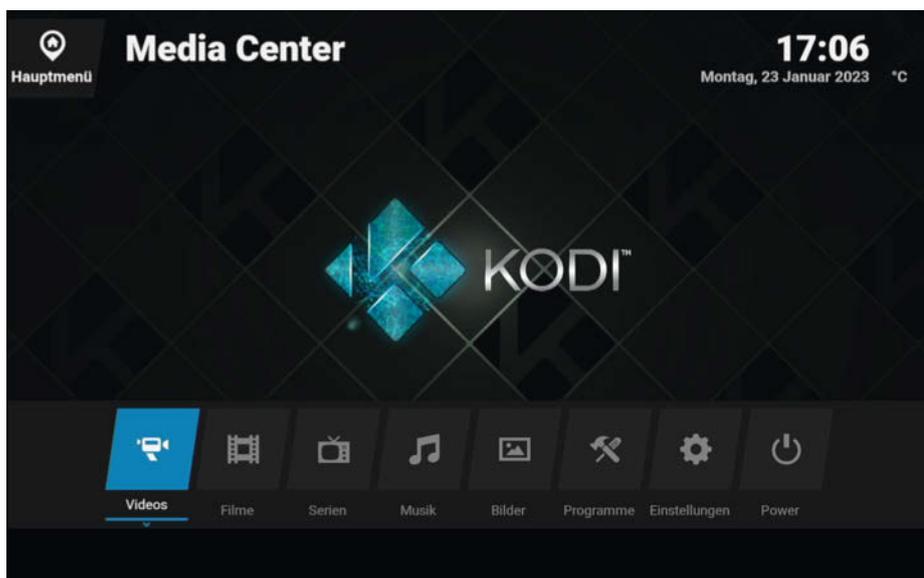
Dadurch, dass das Programm Open Source ist, bietet es viel Spielraum für individuelle Anpassungen. Kodis Community hat dafür bereits einiges an Vorarbeit geleistet. So lässt sich vieles, was in der Standardausführung fehlt, mithilfe von Add-ons nachträglich installieren, sei es, um bestimmte Formate lesbar zu machen, das Aussehen des Mediaplayers anzupassen oder die Anbindung an das eigene Netzwerk zu erleichtern.

Die offene Struktur des Programms hat aber nicht nur Vorteile. Da jeder Add-ons für Kodi schreiben kann, tummeln sich auch hier und da ein paar schwarze Schafe. Die Entwickler von Kodi sprechen sich offen gegen Piraterie aus und führen in ihrem Wiki sogar eine Liste von gebannten Add-ons, die eindeutig illegale Inhalte anbieten. Diese Add-ons sind innerhalb von Kodi auch nicht in den Repositories zu finden, was eine zusätzliche Stufe der Sicherheit bietet. Wer jedoch plant, Kodi mit Add-ons für (Streaming-)Dienste zu nutzen, sollte sich in seinem jeweiligen Land noch einmal selbst informieren, was erlaubt ist und was nicht.

Das Projekt ist ausführlich in einem Wiki dokumentiert (siehe Kurzinfo-Link). Ansonsten hält sich Kodi auf dem Fernseher weitestgehend mit Einführungen zurück, sodass es einen kleinen Moment dauern kann, bis man das Programm und den Ort der individuell relevanten Einstellungen verinnerlicht hat. Immerhin erscheinen zu den allermeisten Einstellungspunkten Hinweise, sodass man zumindest online danach suchen kann. Und hat man die Logik erst einmal begriffen, bedient sich fast jedes Kodi wie das andere.

### Das reine Mediacenter

Möchte man lediglich Kodi verwenden, ist man mit LibreELEC an der richtigen Adresse.



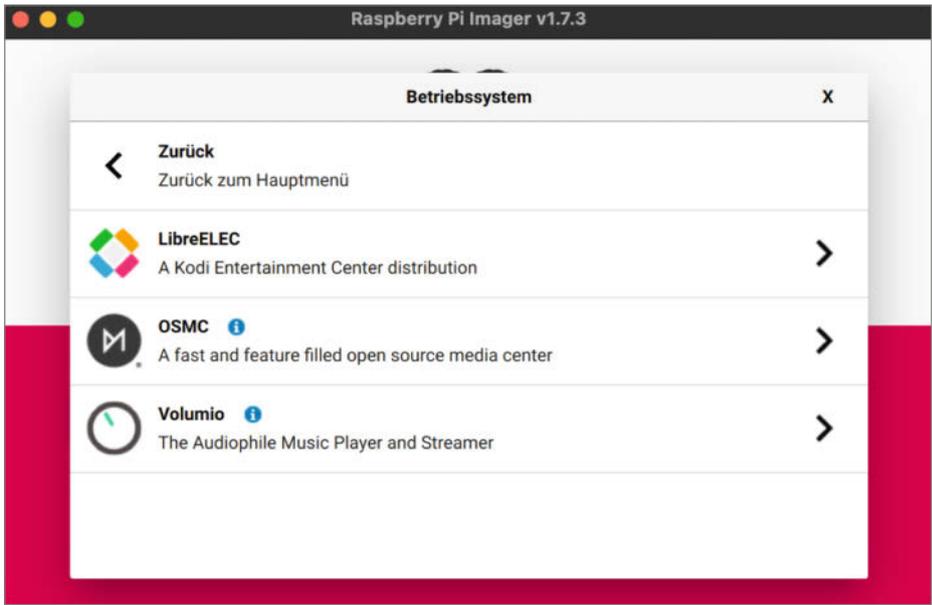
3 Es stehen einige weitere Skins zum Download bereit wie hier der Skin Eminence.



4 Auch die offizielle Kodi-App für Smartphones funktioniert als Fernbedienung.

Wie der Leitsatz *Just enough OS for Kodi* vermuten lässt, handelt es sich bei dieser Distribution um ein Linux-System, das eigens für Kodi entwickelt wurde und auf dessen optimale Performance abgestimmt ist. Was das System einerseits beschleunigt, bedeutet andererseits aber auch Einschränkungen bei der Erweiterbarkeit. Der Befehl wie `apt` ist z.B. nicht Teil von LibreELEC, sodass weitere Pakete, die den Funktionsumfang erweitern könnten, nicht ohne Weiteres installiert werden können. Die Distribution unterstützt Raspberry Pi ab der ersten Generation. Der Support für den Zero wurde aufgrund des geringen Arbeitsspeichers mittlerweile aufgegeben, ist bis 9.2.x aber noch gewährleistet. Seit Version 10 unterstützt LibreELEC die Hardware-Dekodierung nur noch auf dem Raspberry Pi 4 und empfiehlt, für Raspberry Pi 3 oder älter die Version 9.2.x zu verwenden. Dann sind immerhin noch über die Software dekodierte Videos bis 1080p abspielbar und mit einem Zero Videos bis 720p.

Das im Test verwendete *LE 10.0.2* wird mit *Kodi 19.4* ausgeliefert. Da auch der Mediaplayer fortlaufend weiterentwickelt wird, arbeitet das Team von LibreELEC stetig daran,



5 Auch der Raspberry Pi Imager kann LibreELEC auf eine SD-Karte schreiben.

die aktuellen Kodi-Versionen zu unterstützen, allerdings immer mit der Prämisse, die Funktionalität der vielen Add-ons nicht zu gefährden. So wird das laufende System zwar automatisch geupdatet, allerdings nur mit *Minor-Updates*, also z.B. von 10.0.2 auf 10.0.3, nicht aber von 10 auf 11. Das hat den Vorteil, dass man sich um Kompatibilität wenig Gedanken machen muss.

Ein besonderes Feature von LibreELEC ist der *Safe Mode*. Dieser verhindert, dass sich das System aufhängt und Kodi nicht mehr ausführbar ist. Stürzt das Programm fünfmal aufeinanderfolgend ab, parkt LibreELEC den fehlerhaften Mediaplayer an der Seite und startet automatisch in den Safe Mode, in dem sich über ssh Fehler-Logs auslesen und Prob-

leme beheben lassen. Startet man das System danach neu, wird wieder auf das ursprüngliche Kodi zurückgestellt. So muss man nicht gleich alles neu installieren, wenn mal etwas schiefgeht.

### LibreELEC im Test

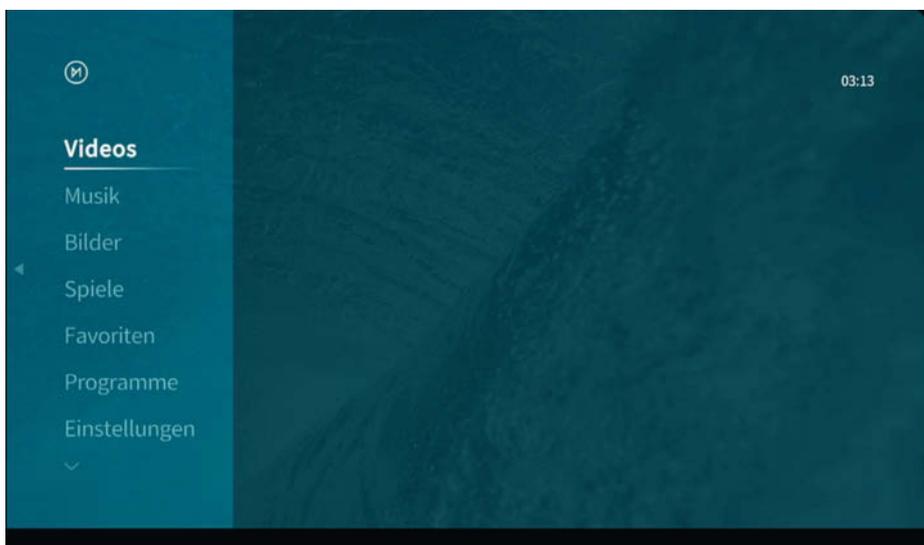
Das Erlebnis mit LibreELEC war weitestgehend nutzerfreundlich. Um die SD-Karte zu formatieren und mit der Distribution zu bespielen, nutzten wir den hauseigenen *LibreELEC USB-SD Creator* (zurzeit nur für Windows verfügbar). In ihm wählt man aus, welchen Raspberry Pi man besitzt und anschließend die neuste LibreELEC-Version. Über ein Häkchen lassen sich zudem auch andere Builds auswählen.



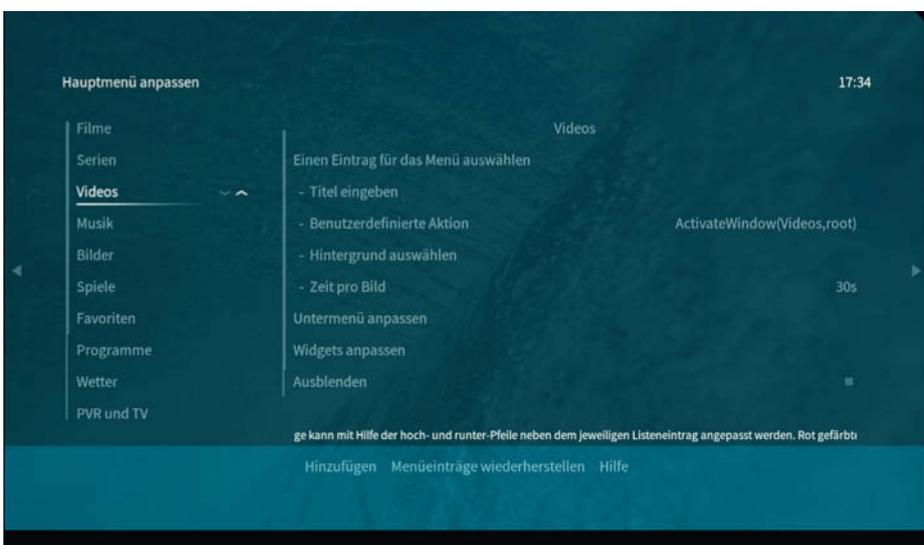
6 Der Willkommensbildschirm von LibreELEC bzw. Kodi



7 LibreELEC hat in einem Add-on systemspezifische Einstellungen zusammengefasst.



9 Das OSMC-Skin wirkt etwas leichter und aufgeräumter.



10 Das Menü lässt sich in den Einstellungen modifizieren.



8 Wenn es mit OSMC Verbindungsprobleme gibt, kann man das WLAN auch später einstellen.

Daraufhin lädt das Tool das benötigte Image herunter und kopiert es anschließend auf die SD-Karte. Wer nicht unter Windows unterwegs ist, kann dafür auch den *Raspberry Pi Imager* 5 verwenden und LibreELEC entweder über die Rubrik *Media Player OS* auswählen oder das Image zuvor aus dem Internet selbst herunterladen.

Steckt die SD-Karte schließlich im Raspberry Pi und ist dieser über HDMI mit dem Fernseher verbunden, kann man ihn einschalten und muss nur noch warten, bis der Einrichtungsbildschirm 6 in Kodi erscheint. Beim Einrichten können wir die Sprache einstellen, unserem Mediacenter einen Namen geben, unser WLAN verbinden sowie ssh (inkl. Passwort) und Samba aktivieren. Letzteres ist praktisch, um später z.B. mit einem Computer über das Netzwerk auf das Dateisystem von LibreELEC zugreifen zu können.

Dann ist Kodi auch schon einsatzbereit und wir können es an unsere Bedürfnisse anpassen. Sollte das System auf einem FullHD-Fernseher zunächst kein Bild anzeigen, steckt man die SD-Karte wieder in seinen Computer und fügt in die Datei *cmdline.txt* eine weitere Zeile mit dem Befehl

```
video=HDMI-A-1:1920x1080M@60D
```

ein. Das sollte helfen. Einstellungen zu Systemupdates, Backups und einen Schnellzugriff auf SSH und Samba finden wir in dem *LibreELEC-Add-on* 7. Dort können wir auch ein *Logging* aktivieren, falls mal etwas schiefgeht und wir herausfinden wollen, woran es lag. Alles Übrige was noch fehlt, lässt sich über die Add-on-Repositories hinzufügen. So ist das System beim Start beispielsweise nicht in der Lage, RAW-Bilder anzuzeigen. Das erfordert das zusätzliche Add-on *libraw image decoder*.

### Erweiterbare Alternativen

Wer sein Mediacenter auch für andere Zwecke verwenden möchte und mehr als Kodi benötigt, sollte einen Blick auf OSMC und XBian

werfen. Diese beiden Distributionen basieren auf *Debian* und beinhalten die notwendigen Pakete, um andere Programme und Werkzeuge nachträglich über SSH zu installieren. Dennoch sind sie in erster Linie auf ein optimales Kodi-Erlebnis ausgelegt.

### Kodi in neuem Gewand

Das **OSMC** (Open Source Media Center) läuft in der Version 2022.10-1 wie LibreELEC mit Kodi 19.4. Für Windows, macOS und Linux gibt es einen eigenen *Device-Installer* <sup>8</sup>, der ähnlich wie LibreELEC bei den ersten Schritten begleitet. Neben einem Raspberry Pi (ab Generation 1 sowie Zero) lässt sich die Distribution auch auf anderen System installieren, unter anderem auf einem *Apple TV* (erste Generation) oder dem hauseigenen *Vero*, den OSMC in seinem eigenen Shop vertreibt. Anders als bei den anderen Distributionen wird bereits beim Vorbereiten der SD-Karte gefragt, ob man sich zukünftig kabelgebunden oder kabellos mit dem Internet verbinden möchte. In unserem Test konnte sich OSMC nach dem ersten Start nicht mit dem WLAN verbinden und auch Änderungen führten zu einem Fehler. Ein Workaround ist hier, eine kabelgebundene Verbindung auszuwählen und sich später in



<sup>11</sup> Das Add-on myOSMC beinhaltet den App Store und weitere Funktionen.

Kodi mit dem WLAN zu verbinden. Alternativ lässt sich OSMC auch über den Raspberry Pi Imager auf eine SD-Karte laden.

### OSMC im Test

Der erste Start wirkt auf Anhieb etwas moderner <sup>9</sup>. Anstatt eines statischen Startbild-

schirms erscheint zusätzlich ein Ladebalken, der uns über den Installationsfortschritt des Systems informiert. Das wirkt schon fast wie bei einem kommerziellen Produkt. OSMC hat hier optisch die Nase vorn. Ist das System hochgefahren, erwartet uns auch hier ein Einrichtungsbildschirm, dessen Steuerung allerdings etwas gewöhnungsbedürftig ist. Da

# Hier kommt Verstärkung

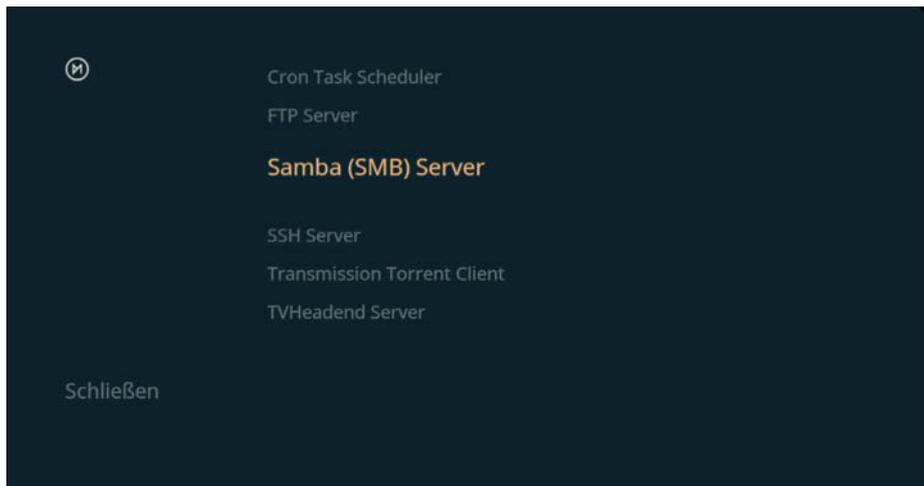


Das **Make-Sonderheft** bietet einen praxisorientierten Einstieg in Schaltungen mit Operationsverstärkern inkl. Experimentierset. Will man Sensorsignale verarbeiten oder verstärken, Spannungen überwachen oder Audiosignale filtern: Mit geringem Aufwand und ohne komplizierte Berechnungen setzt man Operationsverstärker ein. Das Heft erklärt, wie alle Schaltungen funktionieren.

- ▶ Operationsverstärker verstehen
- ▶ Komparatoren und Schmitt-Trigger erklärt
- ▶ Spannungsversorgungen und virtuelle Masse
- ▶ Schaltungen selbst entwerfen und berechnen
- ▶ Viele praktische Anwendungen
- ▶ Inkl. Experimentierset Operationsverstärker

Heft + Experimentierset für nur 49,95 €

[shop.heise.de/make-opv](https://shop.heise.de/make-opv)



12 Über myOSMC lassen sich ein paar Programme mit wenigen Klicks nachinstallieren.

man aber eh nur einmal die Sprache, Zeitzone und den Gerätenamen einstellen muss, ist das verschmerzbar. Auch können wir bereits zu Beginn auswählen, ob wir ssh verwenden möchten oder nicht. Allerdings erhalten wir keine Option, um ein Passwort einzustellen. OSMC verwendet nämlich für ssh, FTP und das Webinterface sowohl für den Benutzernamen als auch das Passwort `osmc`. Wem das sicherheitstechnisch nicht gefällt, der sollte diese Werte gleich nach dem Einrichten ändern (siehe Kurzinfo), zumal die Steuerung über HTTP in den Einstellungen standardmäßig aktiviert ist und OSMC dadurch im Netzwerk für jeden zugänglich ist. Haben wir abschließend der Lizenzvereinbarung zugestimmt, können wir auch hier direkt mit Kodi durchstarten.

Optisch merkt man auch nach dem Start kaum, dass man sich in Kodi befindet, denn die Benutzeroberfläche wirkt ruhiger und aufgeräumter als das Standardskin *Estuary*. Besonders die Menüführung ist etwas ver-

schlankt worden, was Einsteigern zugutekommt. Wer Kodi schon ein wenig kennt und die Menüpunkte *Filme* und *Serien* vermisst, muss sich keine Sorgen machen: Sobald das gewünschte Material vom Kodi-Scraper bearbeitet wurde, erscheinen sie von selbst. Allerdings ist das für Kodi-Neulinge nicht eindeutig gekennzeichnet. Abgesehen davon lässt sich das Menü in OSMC wunderbar bearbeiten. So können wir beispielsweise die Reihenfolge der Menüelemente bestimmen 10 oder eigene Menüpunkte hinzufügen, die wir mit Funktionen versehen.

In den Einstellungen finden wir das Add-on *myOSMC* 11. Dahinter verbirgt sich z.B. ein *App Store*, über den wir Programme wie Samba- oder FTP-Server nachinstallieren können 12. Dadurch lässt sich das System gut erweitern, ohne manuell eingreifen zu müssen. Dass alles rund läuft und auf dem neuesten Stand ist, wird von OSMC gewährleistet. Darüber hinaus finden wir in *myOSMC* die Netzwerkeinstellungen, Optionen für Fernbedienungen,

die das System unterstützt, einen Protokoll-Uploader und mehr. Wer möchte, kann sich sogar eine *OSMC Remote* kaufen (siehe Kurzinfo), die über einen USB-Dongle am Raspberry Pi angeschlossen werden kann. Wenn man anstatt eines Fernsehers einen Monitor verwendet, kann das durchaus praktisch sein. Ansonsten erreicht man das Webinterface auch im Browser über `osmc.local`. Das ist etwas eingängiger, als eine IP-Adresse im Browser einzugeben.

In der Distribution sind bereits einige Add-ons vorinstalliert, zum Teil aber deaktiviert. Das kann etwas verwirrend sein, weil eine Suche im Add-on-Repository dann kein Ergebnis ausgibt. So muss man stattdessen die installierten Add-ons händisch durchsuchen und das gewünschte Add-on aktivieren, wie es z.B. für RAW-Fotos der Fall ist.

### So ähnlich, aber anders

**XBian** ist eine kompakte Distribution, die wie ein LibreELEC wirkt, aber Eigenschaften eines OSMC besitzt. Sie versucht, einen Spagat zwischen Nutzerfreundlichkeit und Flexibilität zu bieten. So können Neulinge und Fortgeschrittene gleichermaßen Spaß an der Distribution haben, denn Erweiterungen sind möglich, aber nicht notwendig. Damit alles reibungslos läuft, setzt das Entwicklerteam auf sogenannte *Rolling Releases*, die das System aktuell halten sollen. Dadurch werden einzelne Komponenten aktualisiert, ohne dass man das System jemals neu installieren muss. Das bedeutet gleichzeitig, dass nicht so häufig Images veröffentlicht werden, weil alte Distributionen sich selbst auf den aktuellen Stand bringen können. Und auch wenn die Website des Projekts mit News und Release-Ankündigungen geizt, läuft XBian 111.0 mit Kodi 19.5.

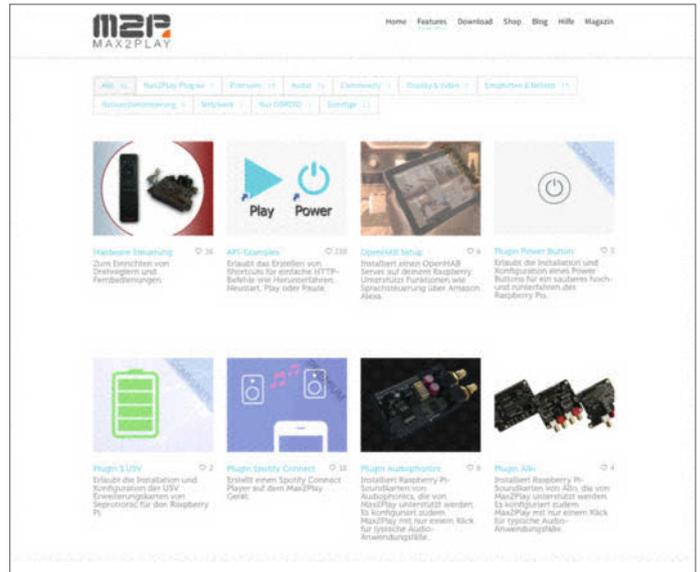
### XBian im Test

Für die Installation kann man ganz einfach den *XBian Installer* verwenden, *XBian Latest rpi4* (für den Raspberry Pi 4) als Version auswählen und das Image auf die SD-Karte schreiben. Der Systemstart wird vom XBian-Logo und einer coolen Kodi-Animation begleitet, die an frühere Xbox-Jahre erinnert. Anschließend begrüßt uns Kodi in vertrauter Manier mit dem Standard-Skin sowie einem englischsprachigen Einrichtungsbildschirm. Danach wird man aufgefordert, seine WLAN-Verbindung zu konfigurieren. Im Test war das Overlay-Fenster für die Eingabe unerreichbar verrutscht, sodass wir die Verbindung erst später eingestellt haben.

Wer Lizenzen für MPEG-2 und VC-1 besitzt, kann diese im nächsten Schritt eingeben. Bevor man sich jedoch welche kauft, sollte man erst testen, ob die gewünschten Medien vom Raspberry Pi 4 nicht doch auch softwareseitig wiedergegeben werden. Diese Einstel-



13 Im Add-on XBian Config lassen sich nachträgliche Systemparameter wie das WLAN einstellen.



14 Das Webinterface strotzt vor Informationen, beinhaltet aber auch einige hilfreiche Hinweise.

15 Viele Plug-ins für Max2Play sind kostenfrei, für manche benötigt man hingegen eine kostenpflichtige Premium-Lizenz.

lung lässt sich auch erstmal überspringen. Sollte man bereits früher XBian genutzt haben, kann man das System auch über ein Backup wiederherstellen.

Als Nächstes folgen Einstellungen zum Update-Verhalten von XBian. Wer abgesehen von den bereits installierten Paketen – wie *cec* für die Unterstützung von Fernbedienungen – noch weitere benötigt, kann sie im folgenden Fenster gleich im Vorfeld installieren oder einfach fortfahren, z.B. wenn man sich als Anfänger keinen Reim darauf machen kann. Danach sind XBian und Kodi bereit für den Einsatz, allerdings vorerst auf Englisch und möglicherweise mit der falschen Zeitangabe. Über die Einstellungen lässt sich das aber schnell ändern und das deutsche Sprachpaket lädt man sich über die Add-on-Repositories herunter. Möchte man später spezifische XBian-Einstellungen oder seine Netzwerkanbindung anpassen, findet man in den Einstellungen das Add-on *XBian-Config* 13.

### Multiroom und Heimautomatisierung

Eigentlich könnte man denken, dass Kodi alle Wünsche an ein Mediacenter abdeckt. Die aus Deutschland stammende Distribution **Max2Play** geht aber noch einen Schritt weiter. Sie macht es möglich, den Raspberry Pi neben der Fernsehanschlus auch für Multiroom-Lautsprecher- und Smart-Home-Projekte zu nutzen. Ob man nur eine einzelne Lautsprecher-Box über *Shairplay* und *Squeezebox* netzwerkfähig machen oder gleich mehrere Boxen mit einem *Squeezebox*-Server steuern möchte: Mit der Unterstützung zahlreicher *DACs* (Digital-Analog-Konverter) für den Raspberry Pi von *HiFiBerry* und weiteren Anbietern

lässt sich akustisch einiges aus der kleinen Himbeere herausholen. Und wer sein Zuhause mit *Homematic*, *OpenHAB* oder *FHEM* steuern will, kommt ebenfalls voll auf seine Kosten.

### Max2Play im Test

Fehlt also nur noch, die Distribution auf eine SD-Karte zu kopieren und los geht's. Einen Installer gibt es dafür diesmal nicht, also laden wir das Image von der Website und mit dem Raspberry Pi Imager auf den Datenträger. Anschließend starten wir den Pi und wenn wir einen Bildschirm angeschlossen haben, erscheint nach ein paar schnörkellosen Bootzeilen ein Desktop, auf dem Kodi und ein Papierkorb liegen. Nein, das ist kein Fehler, denn Max2Play soll eigentlich über ein Webinterface bedient werden. Daher lässt sich die Distribution auch wunderbar komplett ohne Maus und Tastatur einrichten. Dazu hängt man den Raspberry Pi entweder per Kabel an den Router oder verbindet sich drahtlos mit dem eigenen WLAN-Access-Point von Max2Play, z.B. über das Smartphone.

Jetzt muss man nur noch im Browser <http://max2play> eingeben und das Webinterface 14 erscheint. Ganz so einfach wie bei LibreELEC, OSMC oder XBian ist die Konfiguration zwar nicht und die Informationsflut kann anfangs etwas einschüchtern. Die Entwickler von Max2Play haben sich aber große Mühe gegeben, Neulingen mit Hinweisen unter die Arme zu greifen und den Einstieg zu erleichtern. Einerseits wird auf der Willkommenseite gleich gefragt, wofür man Max2Play benutzen möchte und gleich vorab geklärt, was geht und was nicht. Andererseits helfen zahlreiche und zum Teil deutschsprachige

Videos auf der Website und dem *YouTube*-Kanal von Max2Play, sich im System zu orientieren.

Die meisten Funktionen und Plug-ins 15 bietet Max2Play kostenlos an, für manche benötigt man jedoch eine zusätzliche Laufzeit-Lizenz, z.B. für die Heimautomatisierung oder wenn man das System über ein 7-Zoll-Touch-Display steuern können möchte. Aber keine Sorge: Alles, was Geld kostet, ist gut sichtbar als *Premium-Feature* markiert und die *Premium-Lizenz* kann bereits für 3,57 Euro einen Monat lang ausgiebig getestet werden.

### Richtig entscheiden

Die Mediacenter-Distributionen liegen in ihrer Aufmachung und der Kodi-Performance so nah beieinander, dass es auf den ersten Blick kaum einen Unterschied macht, für welche man sich entscheidet. LibreELEC stellt das fokussierteste Projekt dar und vereinfacht dadurch den Einstieg, lässt sich aber nicht erweitern. OSMC sorgt mit seiner Benutzeroberfläche für mehr Komfort und erlaubt, mit wenigen Klicks über *myOSMC* zusätzliche Programme zu installieren. Auch XBian ist im Nachhinein anpassbar, punktet aber vor allem durch seine Rolling Releases, die Systemkomponenten aktuell halten, ohne dass die komplette Distribution je neu installiert werden muss. Und wer auch Audio-, Multiroom- oder Smart-Home-Projekte mit seinem Mediacenter verwirklichen möchte, ist bei Max2Play am besten aufgehoben, dessen Steuerung vom ersten Moment an lediglich einen Browser benötigt.

Und sollte man sich später doch noch umentscheiden, ist der Wechsel auf eine andere Distribution dank Kodi nur ein mentaler Katzensprung. —*akf*

# secIT by Heise

HANNOVER 2023

meet.  
learn.  
protect.

14.–16. März 2023

Inklusive  
IT-Recruiting-Area

@ heise Jobs  
— IT KOMPAKT —



Aussteller



# DIE Kongressmesse für Security-Experten

Entdecken Sie aus erster Hand die neuesten Trends, Produkte und Sicherheitslösungen.

## HIGHLIGHTS

### VORTRÄGE:

**Trends und aktuelle Buzzwords in der IT-Sicherheit**  
Stefan Strobel

**Was man aus Cybervorfällen lernen kann, um die Cyberresilienz zu verbessern**  
Gregor Wegberg

**Wenn der Deepfake zweimal klingelt**  
Tobias Schrödel, Live-Demonstration

### WORKSHOPS\*:

**Löcher in Wolken stechen: Cloud Security richtig machen**  
Jan-Tilo Kirchhoff

**Angriffsfläche von Microsoft 365 kennen und absichern**  
Christian Biehler und Constantin Wenz

\* in Kombination mit einem Tagesticket buchbar

Jetzt Ticket sichern:



© Copyright by Maker Media GmbH.

Offizieller Eventpartner



Partner der Recruiting-Area



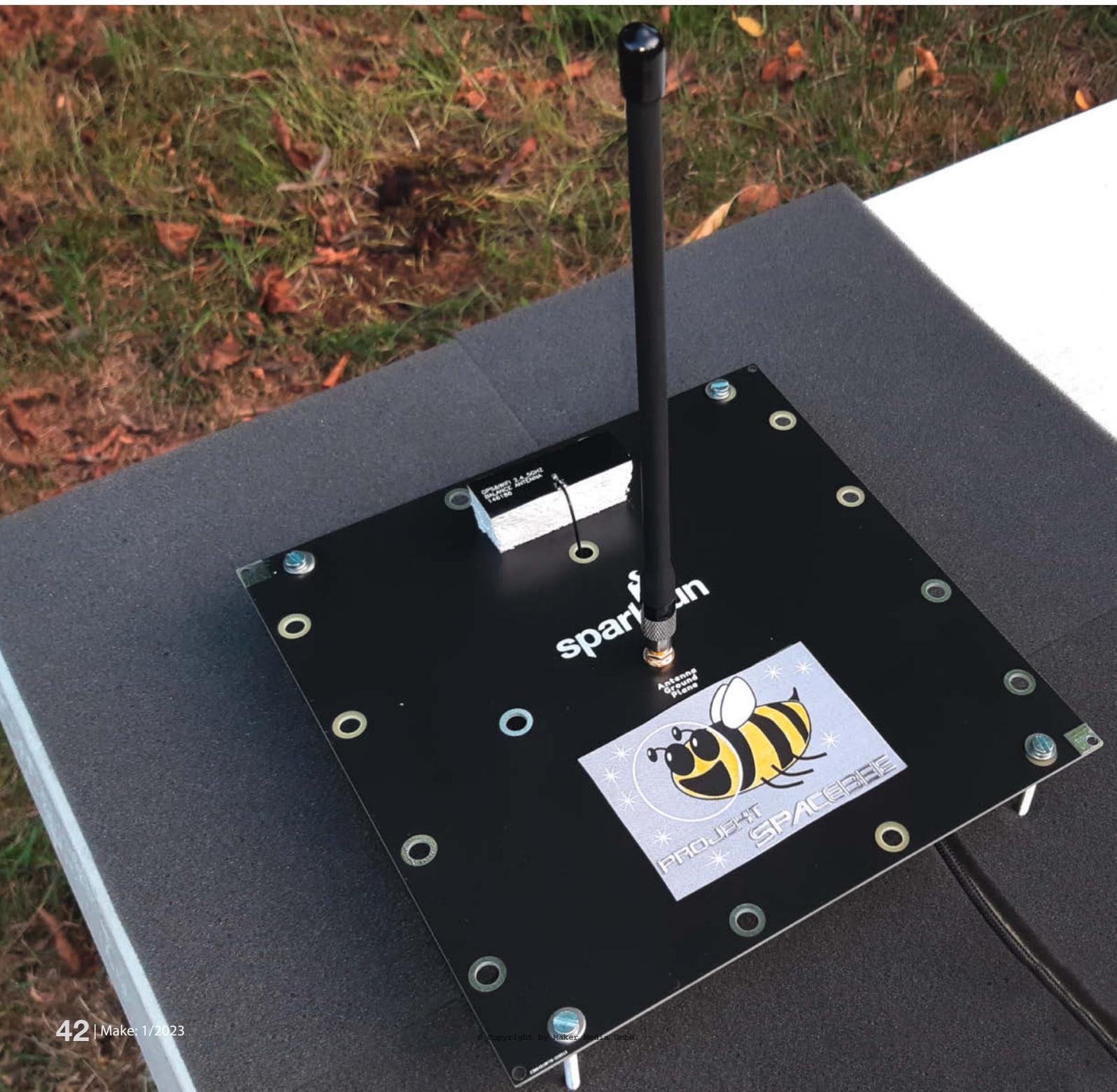
Kooperationspartner



# Projekt Spacebee: Einmal Weltraum und zurück

Das Internet of Things braucht eine Verbindung ins Internet. Was aber, wenn weder WLAN noch Mobilfunk am geplanten Standort verfügbar sind? Satellitenverbindungen waren lange Zeit nur zu immensen Kosten verfügbar, das ändert sich nun langsam dank moderner Übertragungsverfahren und miniaturisierter Weltraumtechnik.

von Jürgen Wickenhäuser



**W**ir schreiben das Jahr 2023 und je nach Studien oder Quellen decken Mobilfunknetze angeblich inzwischen etwa 40% der Landfläche oder 15% der gesamten Fläche der Welt ab (Links in der Kurzinfo). Aber mal ganz ehrlich: Wie sehr würden Sie sich darauf verlassen, dass Ihre IoT-Sensoren außerhalb von dicht besiedelten Gebieten zuverlässig Internet-Zugang haben? Und ich meine hier nicht die Wüste Gobi, sondern (z. B. hier in Deutschland) den Schwarzwald oder die Eifel.

Ein zweiter Aspekt ist, was passiert, wenn diese IoT-Sensoren beispielsweise Naturgefahren (Überflutung oder rutschende Hänge) überwachen sollen? Lokale Mobilfunknetze können in solch einem Szenario leicht ausfallen.

Dieser Artikel zeigt, wie über eine völlig andere Art – von (fast) jedem beliebigen Punkt der Erde – sehr preisgünstig Daten in die Cloud transportiert werden können. Und zwar per Satellit! Das Wort *Satellit* assoziiert man natürlich im ersten Moment sofort mit sehr hohen Kosten und das mag in der Vergangenheit auch so gewesen sein, aber wie gesagt: Wir schreiben ja das Jahr 2023.

### Ein Strafzettel

Die Geschichte startete mit einem gigantischen Strafzettel: Eine kleine US-Firma namens *Swarm Technologies* brachte 2018 illegal vier kleine, nur etwa 250 Gramm schwere Mini-Satelliten in einen Orbit von ca. 500km Höhe, worauf die US-Behörde **FCC** (Federal Communications Commission) mit einer Strafe von über 900.000 US-Dollar reagierte. Zum Glück brachte dies Swarm nicht zum Scheitern. Und inzwischen betreibt die Firma etwa 150 geringfügig größere und jetzt völlig legale Satelliten. Im Jahr 2021 wurde Swarm Technologies dann von Elon Musks Raumfahrtunternehmen *SpaceX* übernommen.

Diese **LEO-Satelliten** (**Low Earth Orbit**) wurden ausschließlich für IoT-Geräte mit geringen Datenmengen entwickelt. Die eingesetzte Technik ist ein Pendant zum terrestrischen LoRa. Die Umlaufgeschwindigkeit dieser Satelliten beträgt etwa 7,5 km/sec und damit fast das 22-fache der Schallgeschwindigkeit. Ein Umlauf um die Erde dauert somit nur etwas über 90 Minuten, das entspricht etwa einer Bahnhöhe von 500km und liegt damit ca. 100km über der Bahnhöhe der Internationalen Raumstation ISS (**I**nternational **S**pace **S**tation, Tracker Code **ZARYA**)

Die Namensgebung *Swarm* (*Schwarm*) ist sicher bildlich gemeint: Die Satelliten tragen alle den Namen *Spacebee* (*Weltraum-Biene*) und eine Nummerierung. Die Spacebees fliegen ungesteuert und die Umlaufbahnen assoziieren das Bild eines Schwarms mit *Hive* (*Bienenstock*) als Bezeichnung für ihre Basisstationen und den Server, bei dem sie regel-

### Kurzinfo

- » Datenübertragung von (IoT)-Geräten per Satellit
- » Kostengünstig, weltweit erreichbar, unabhängig von Mobilnetzen oder WLAN
- » Einführung in das SparkFun-Eval-Kit

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
ab 1 Stunde



**Kosten:**  
ca. 200 Euro

### Mehr zum Thema

- » Andreas Koritnik, Satellitenschlüssel-Automatik, Make 2/21, S. 54
- » Daniel Bachfeld, Die IoT-Alleskönner: ESP32 und ESP8266, Make 6/19, S. 8
- » Friederike Maier, Wettersatelliten mit Windows jagen, Make 1/15, S. 86

### Material

- » SparkFun Swarm M138 Eval-Kit
- » Computer

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x222](https://make-magazin.de/x222)



mäßig ihre Daten abliefern und neue Anwendungen bekommen.

Das Spannende am Swarm-Dienst sind die sehr geringen Betriebskosten von aktuell fünf US-Dollar pro Monat für bis zu 750 Nachrichten à maximal 192 Bytes. In der Summe macht das 140 kB im Monat. Da bekommt man schon ganz schön viele Daten unter! Die Abrechnung erfolgt jährlich und im Voraus (aktuell nur Kreditkarte).

### Struktur

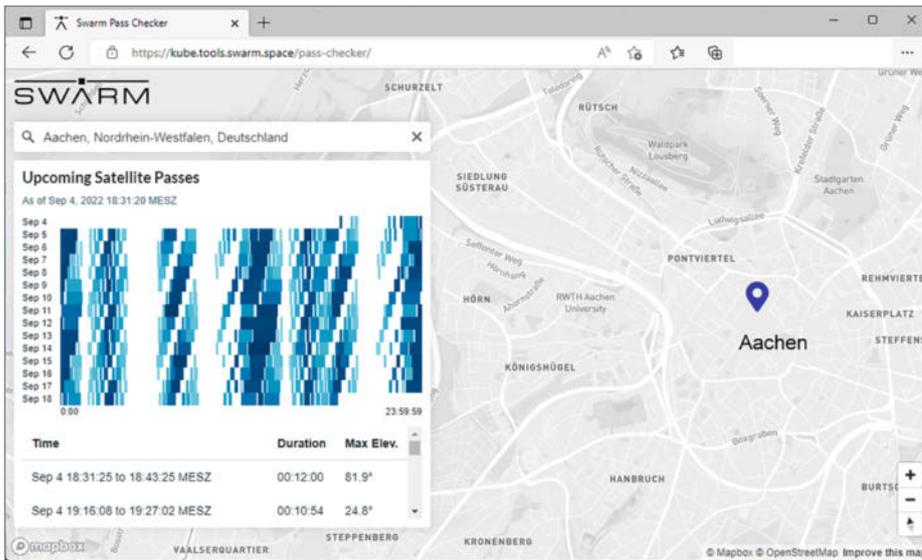
Die Idee ist nicht neu und eigentlich relativ simpel. Die Spacebees sind nichts anderes als sozusagen fliegende Briefkästen: Mit einer gut eingestellten Umlaufbahn überfliegt ein LEO-

Satellit regelmäßig jeden Punkt der Erde in einer so geringen Entfernung, dass Kommunikation mit den Stationen möglich ist. Er kann dann sowohl von IoT-Geräten als auch von den Basisstationen des Swarm-Dienstes Nachrichten aufnehmen oder auch abgeben. Und je mehr dieser Briefkästen fliegen, desto schneller und besser funktioniert das System.

Doch die Daten in der Cloud zu haben ist nur die halbe Miete: Hier stellen wir auch ein kleines Skript vor (und auch per Download bereit), um die eingetroffenen Daten beispielsweise per Mail weiterzuleiten. So dreht sich in diesem Artikel erst einmal alles um Grundlagen des Umgangs mit einem verfügbaren Evaluation-Board und dessen netzwerktechnische Anbindung mittels Skript.



1 Die Rückseite des Eval-Kits, rechts die LEDs des Modems



2 Der Swarm-Pass-Checker zeigt für den eigenen Standort die Überflüge.

In der Zukunft des Projektes Spacebee soll dann ein eigenes kleines Board für den praktischen Einsatz von Swarm nachfolgen: Es wird über ein kleines Solarpanel verfügen, einen energiesparenden Mikroprozessor mit *Bluetooth LE* bieten, freie Programmierbarkeit in C und eine Bluetooth-Schnittstelle für *Java-Script*. Damit wäre es als Gateway oder direkt mit angeschlossenen Sensoren betreibbar.

Praxis

Doch nun genug erzählt. Es geht los: *Sparkfun* bietet für aktuell ca. 150 US-Dollar einen Eval-

Kit an, der auch die Software *Swarm M138 GUI* enthält, die zur Kommunikation mit dem M138-Modem nötig ist. Die ersten 50 Nachrichten im *Uplink*, also zum Satelliten, sind kostenlos. Danach fallen die bereits erwähnten fünf US-Dollar pro Monat und Modem für maximal 750 Nachrichten mit maximal 192 Bytes pro Nachricht an. Die Abrechnung erfolgt jährlich im Voraus.

Der *Downlink* (Nachrichten an das Modem) ist technisch ebenfalls möglich. Das ist logisch, weil die Satelliten sich ja mit ihrer *ID* beim Modem melden und natürlich auch mit den Basisstationen per Funk kommunizieren. Das

Senden von Nachrichten vom Hive über einen Satelliten zum Modem wird vom Eval-Kit ebenfalls unterstützt, alle neueren Modems sind diesbezüglich bereits freigeschaltet, auch, wenn die FAQ auf den SWARM-Seiten anderes behauptet.

Da der Swarm-Server die GPS-Position des Modems kennt (denn er muss ja wissen, welcher Satellit die Daten transportieren soll, damit dieser die richtige Position auch überfliegt), kann er entsprechend den passenden Satelliten anweisen, Daten zu senden. Dies ist ebenso für die Übergabe an die Basisstationen des Anbieters nötig und im Fünf-Dollar-Paket sind 60 Downlink-Nachrichten enthalten, davon können maximal zehn pro Tag genutzt werden. Anwendungen dafür gibt es viele, sei es, um Daten gezielt bei Bedarf von den Geräten abzufragen oder die Geräte zu steuern.

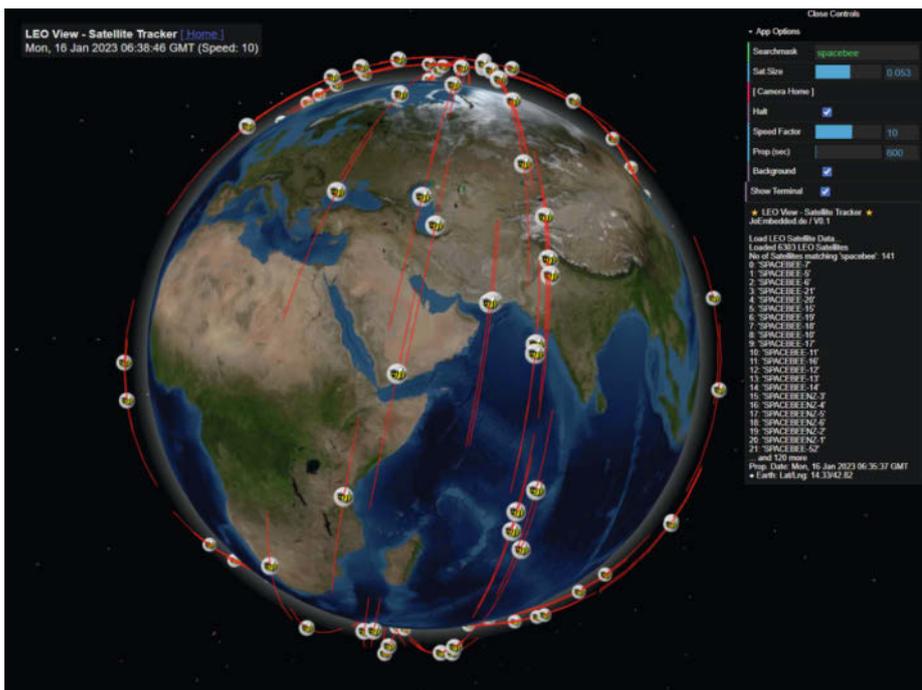
Erste Schritte mit dem Eval-Kit

Die Sparkfun-Trägerplatine 1 enthält im Wesentlichen nur einen USB-COM-Port-Treiber, einen *mPCI52*-Sockel für das M138-Modem und eine USB-C-Buchse. Die Groundplane und Antennen werden mitgeliefert. Das Modem benötigt in Spitzen Strom von etwa einem Ampere bei 3-5 Volt Spannung. Es wird daher unbedingt empfohlen, einen USB-3.0-Hub mit externer Stromversorgung zu verwenden. Diese Art der externen Stromversorgung hat auch den Vorteil, dass der PC getrennt vom Modem abgeschaltet werden kann und das Modem währenddessen weiterläuft und sendebereit bleibt.

Die mitgelieferte GPS-Antenne sollte (wie auf dem Titelbild des Artikels z. B. mit einem Styroporklotz) einige Zentimeter über der Trägerplatte befestigt werden. Beim Eval-Kit sind eine große Groundplane und eine gut angepasste Antenne schon im Lieferumfang enthalten; beides ist sehr wichtig für die gute Leistung des Systems.

Der optimale Ort für den Betrieb des Modems ist natürlich im Freien, mit möglichst freier Rundumsicht auf den Himmel und ohne Objekte im Umkreis von etwa einem Meter um die Antenne. In Tests funktionierte die Übertragung aber auch im Büro, wenn das Modem direkt neben einer großen Fensterfläche stand. Es dauerte nur manchmal etwas länger als bei optimaler Position, weil so nicht so viele Satelliten gesehen werden können und die Signale auch gedämpft werden.

Nach der Anmeldung auf dem *Swarm Hive* muss das Modem per QR-Code registriert werden. Am einfachsten geht das mit dem Smartphone. Das M138-Modem verfügt über drei sehr helle LEDs: Die rote LED blinkt nach dem Einschalten, bis mindestens die gültige GPS-Zeit gefunden wurde. Die grüne LED blinkt alle paar Sekunden als reine Power-On-Kontrolle und die Blaue signalisiert Satellitenaktivität.



3 Orbits aller Spacebees: Der Begriff Schwarm passt auf die Satelliten-Bahnen ganz gut.

Die Befehle des Modems sind einfach und können sehr leicht mit der Software *Swarm M138 GUI* gesendet werden. Es ist ratsam, den *Receive Test* auf z. B. zehn Sekunden einzustellen. Während dieser Zeit zeigt das Modem kontinuierlich das Grundrauschen bzw. erkannte Swarm-Satelliten an. Nach dem Einschalten dauert es eine Weile (ca. 15 bis 120 Sekunden), bis das GPS des Modems die Zeit von den GPS-Satelliten empfangen konnte. Erst wenn die Zeit des Modems gültig ist, werden Meldungen angenommen.

Nach weiteren, maximal etwa zehn Minuten sollte das GPS auch die Position kennen. Wichtig: Für Meldungen wird die Position zum Zeitpunkt der Eingabe verwendet. Dies ermöglicht die Sammlung von Nachrichten und Positionen (wenn GPS-Empfang vorhanden) ohne Sicht auf den Himmel und Satelliten, z. B. in einem Fahrzeug. Alle eingegebenen Meldungen werden jedoch im Modem in einem nichtflüchtigen Speicher (NVM, **Non-Volatile-Memory**) gespeichert (standardmäßig für zwei Tage) und gehen auch bei Stromausfall nicht verloren. Daher können Sie etwa die Nachrichten im Büro eingeben und dann das Modem (mit einem USB-Netzteil versorgt) nach draußen bringen und warten, bis die Daten an einen Satelliten gesendet wurden.

Mit einem laufenden PC in unmittelbarer Nähe ist das Grundrauschen (*Noisefloor*) des Empfängers oft höher als -90dBm und damit zu hoch, aber schon ein paar Meter Abstand von solchen Störern reichen aus, um auch in städtischen Gebieten Spitzenwerte (unter -100dBm) zu erreichen.

Umfangreiche Tests des Autors im Rahmen einer kommerziellen Geräte-Entwicklung (*Terratransfer LEO SWARM*, siehe Links) haben gezeigt, dass Bluetooth LE keinen signifikanten Einfluss auf den *Noisefloor* hat.

In der Regel dauert es nicht lange, bis einer der Swarm-Satelliten in Reichweite kommt (im Durchschnitt etwa 15 bis 60 Minuten). Für die Ungeduldigen bietet Swarm das Tool *Pass-Checker* 2. In der Grafik des *Pass-Checkers* fällt die bereits erwähnte Assoziation zu einem Schwarm auf: Je blauer, desto mehr Satelliten sind in Reichweite.

Da die Bahndaten der Satelliten öffentlich verfügbar sind, kann man diese gut visualisieren. Es gibt bereits viele Satellitentracker im Internet, die aber alle kleine Schwächen haben. Daher stelle ich ein eigenes OpenSource-Tool zur Verfügung 3, (Links in Kurzinfo). Die Satellitendichte ist schon recht beeindruckend, die Lücken werden sicher noch geschlossen. Denken Sie daran, dass sich die Erddrehung und die Bewegung der Satelliten überlagern und sich damit auch die Lücken über den Globus bewegen.

Die Funkreichweite der Swarm-Datenübertragung ist unglaublich beeindruckend: Unter guten Bedingungen kann das Modem eine

Spacebee bis zu etwa acht Minuten lang verfolgen. In dieser Zeit hat sich der Satellit fast 4000 Kilometer über den Himmel bewegt! Die Kommunikation findet im VHF-Band bei ca. 140 MHz mit 1 Watt Sendeleistung statt.

Maximal 90 Minuten (im Schnitt aber kürzer) nachdem eine Spacebee eine Nachricht vom Modem empfangen hat, wird diese über eine Bodenstation an den *Hive* gesendet. Über die genauen Positionen der Bodenstationen ist leider nichts bekannt. Die Spacebees können untereinander nicht kommunizieren, jede Kommunikation erfolgt über die Basisstationen.

### Can you hear me?

Nachrichten können mittels eines Terminalprogramms als Kurzbefehle gesendet werden oder bequem per *SparkFun Swarm M138 GUI* 4, die auch weitere Feinheiten wie die Berechnung von Checksummen und Ähnlichem übernimmt:

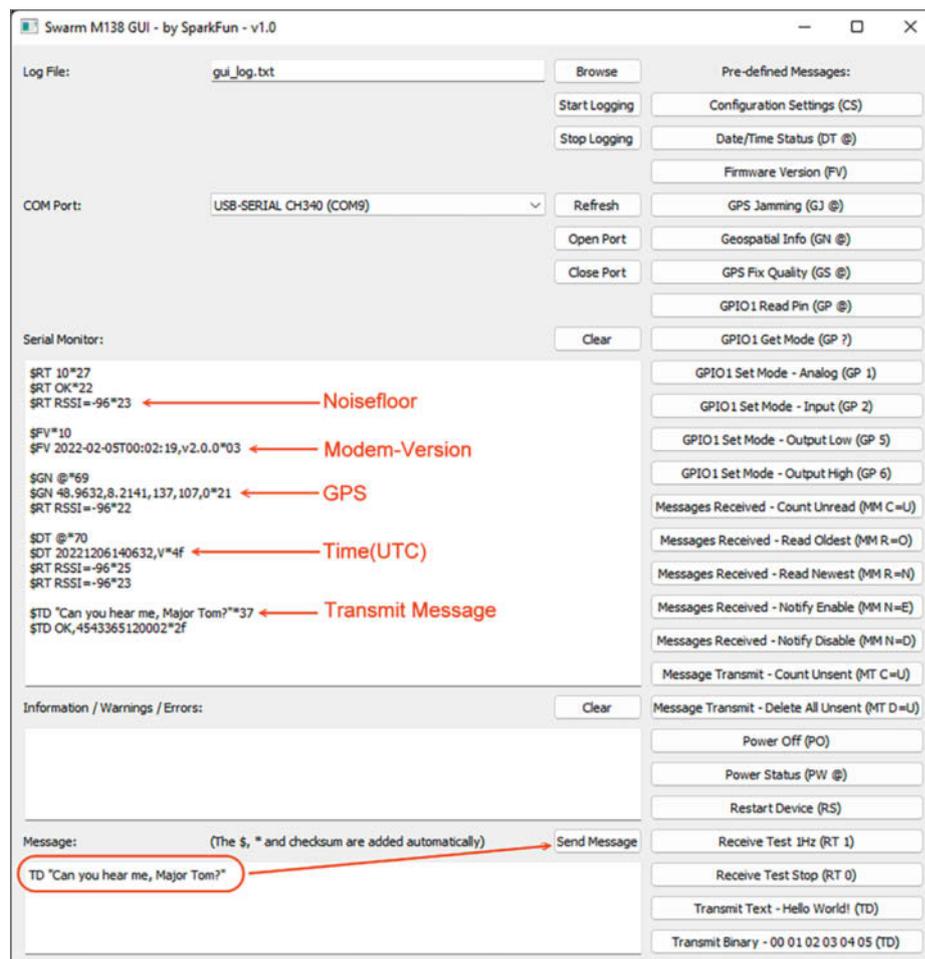
- Prüfen, ob zumindest Datum/Uhrzeit vom GPS gültig ist: DT @ sollte einen Wert zurückgeben.
- Empfohlen: Empfängertest auf z. B. 10 Sekunden mit RT 10 setzen (Einstellung wird

im NV-Speicher abgelegt). So lässt sich prüfen und sicherstellen, ob der *Noisefloor* nicht zu hoch ist.

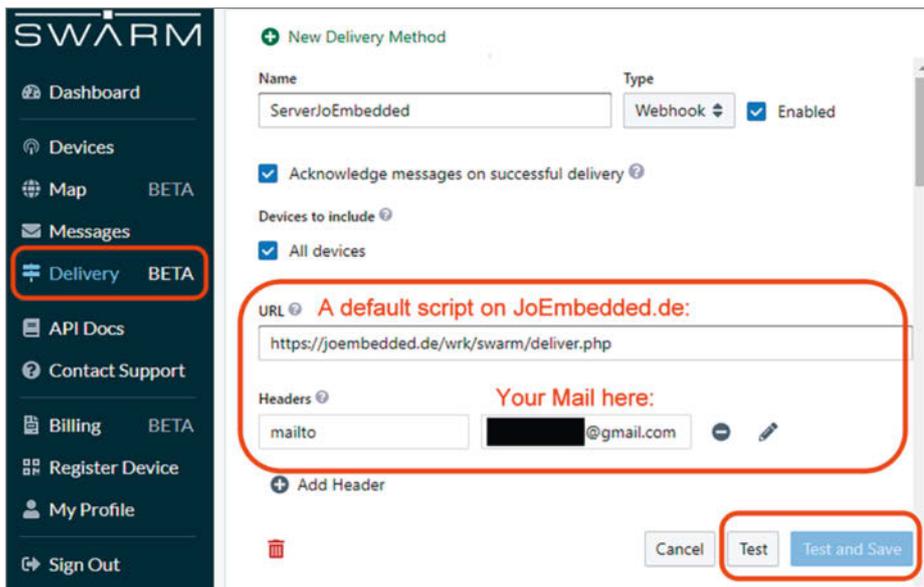
- Senden Sie die Nachricht (bleibt im NV-Speicher des Modems bis Satellit erreichbar): TD "Can you hear me, Major Tom?".
- Nun einfach warten, bis die Daten im Hive ankommen. Denken Sie daran, dies kann durchaus zwei Stunden dauern: es addiert sich die Zeit, bis ein Satellit den Standort überfliegt und wie lange er bis in die Reichweite einer Basis braucht.

### Eintreffende Nachrichten weiterleiten

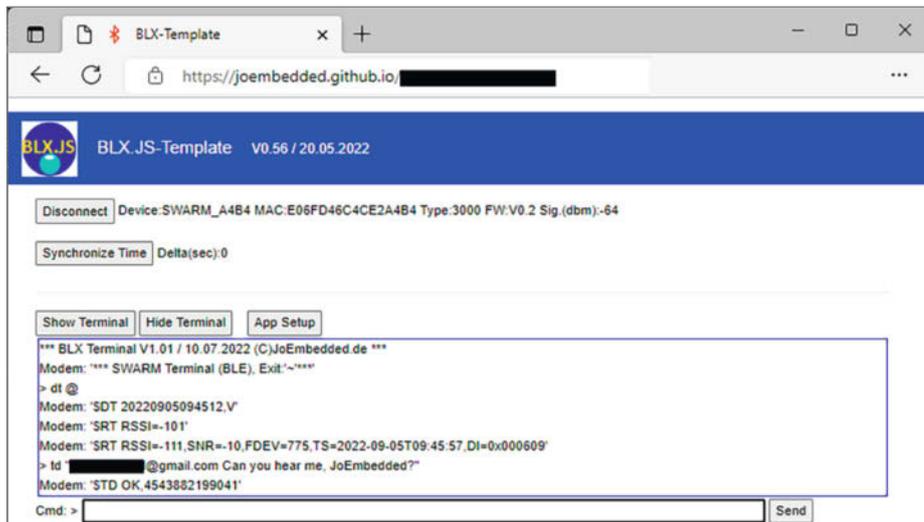
Die Nachrichten landen zwar einfach auf dem *Swarm-Server*, aber sie sollten ja irgendwie von dort aus weitertransportiert werden, ohne dass man sich diese aktiv abholen muss. Dazu sind *Webhooks* 5 ein einfacher und schneller Weg. Im Folgenden stelle ich eine sehr einfache Demo-Implementierung in *PHP* vor. Die einzelne Quellcodedatei (*deliver.php*) ist leicht zu verstehen und zu ändern (Download siehe Links). Alle eingehenden Nachrichten werden dann als Mail an die im Code angegebene Adresse weitergeleitet.



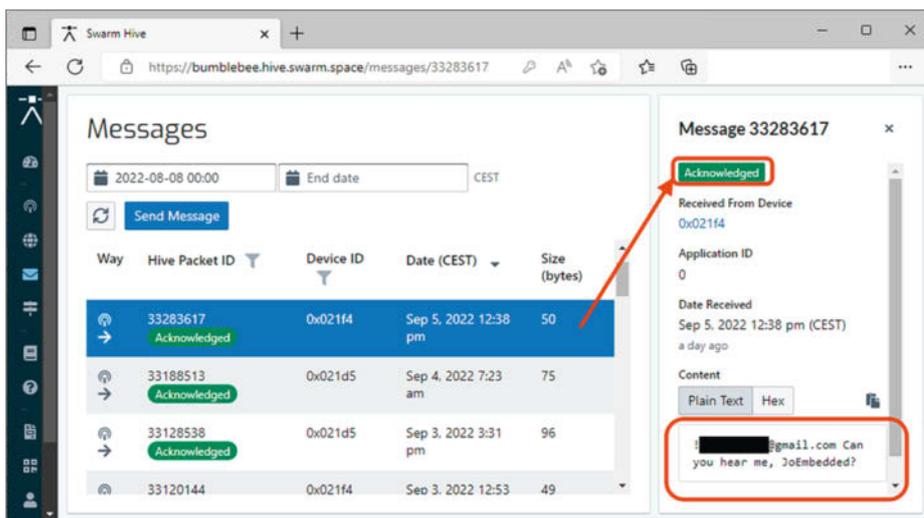
4 Die SparkFun Swarm M138 GUI im Einsatz



5 Konfiguration des Hives für den Webhook. Mit dem Test-Knopf wird eine Dummy-Nachricht gesendet, ohne den Dialog zu schließen.



6 JavaScript unterstützt Bluetooth LE auf den meisten Browsern.



7 Die Nachricht ist im Hive angekommen.

Wenn die Nachricht mit einem Ausrufezeichen beginnt, gefolgt von einer gültigen Mailadresse und einem Leerzeichen, wird der Text nach dem Leerzeichen (und nur der Text) zusätzlich an diese Mailadresse gesendet. So wird dann z. B. mit dem Kommando TD !xyz@gmail.com Can you hear me, Major Tom? eine Nachricht an den Email-Inhaber gesendet.

### Swarm in der Praxis

Nach dem ersten erfolgreichen Test sollte es dann bei mir mit der Praxis weitergehen: Und dies auch gleich unter erschwerten Bedingungen. Der Kit befand sich im Nebenzimmer, allerdings direkt an einem großen Fenster. Hierbei wurde eine sich gerade in der Entwicklung befindliche Hardware (LEO SWARM, siehe oben und in den Links) verwendet. Mit ihr können Kommandos bequem per Bluetooth LE 6 und nicht nur per USB-COM-Port geschickt werden. Die Kommandos sind aber exakt identisch, egal auf welchem Weg sie das Modem erreichen, sie funktionieren auch ohne diese Hardware z. B. per Swarm-GUI über USB.

Dem Kommando dt @ (es wird nicht nach Groß- und Kleinschreibung unterschieden) nach sind Datum und Zeit 05.09.2022 09:45h UTC, das GPS hat also zumindest ein korrektes Zeitsignal empfangen. Der Noisefloor ist mit -101dBm (RT RSSI=-101) ok. Witzigerweise wurde bereits während der Eingabe des Kommandos ein Satellit mit der ID 0x000609 entdeckt. Dessen Signal war aber mit -111dBm zu schwach, um eine Nachricht zu senden. Das Modem musste danach noch etwa 30 Minuten warten, aber – wie gesagt – der Kit (Antenne mit Modem) befand sich im Haus hinter einem Fenster.

Und tatsächlich, um 10:38 Uhr (UTC, im Bild ist CEST dargestellt) ist die Nachricht im Hive angekommen 7. Die Markierung Acknowledged zeigt an, dass der Webhook sie akzeptiert hat und damit eine Mail an mich rausging wie in der Abbildung zu sehen.

Und auch die Weiterleitungen haben geklappt. Das Feld deviceld: 8692 (Seriennummer des Modems) ist 0x021F4 in hexadezimaler Zahlendarstellung und passt zu Abbildung 8 aus dem Hive.

Natürlich ist dies nur eine kleine Demo, aber da der Webhook in simplem PHP geschrieben ist, lässt er sich sehr leicht modifizieren, z. B. um eine Datenbank für Sensormessungen oder einen Messenger-Dienst für Statusmeldungen der Geräte anzusteuern.

### Ausblick

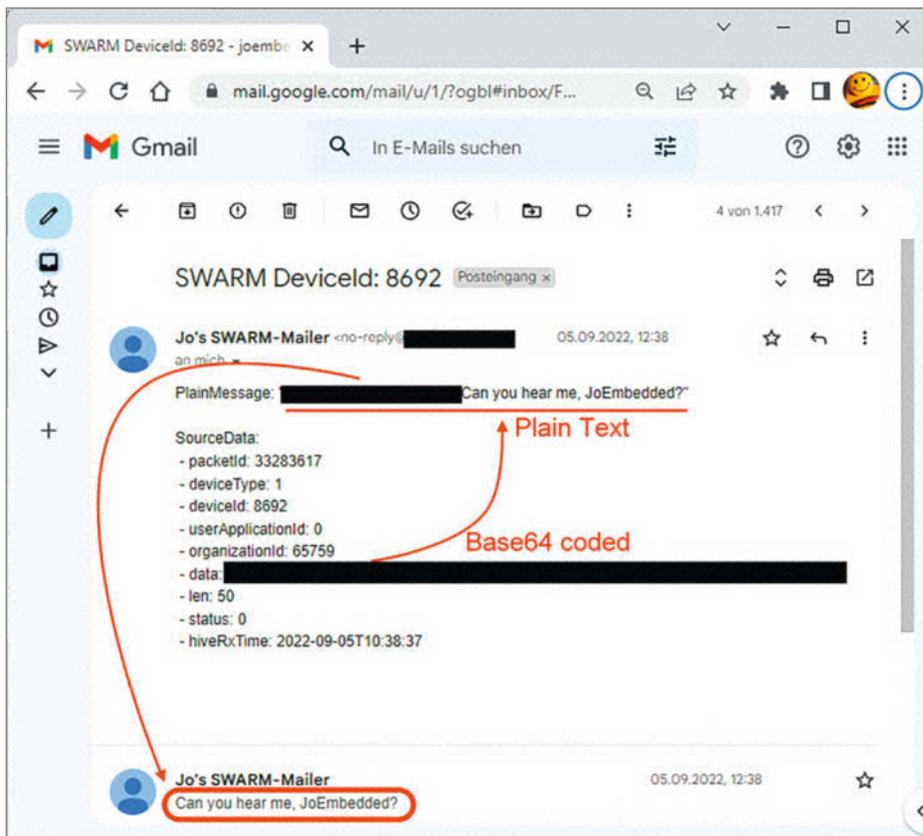
Für den praktischen Einsatz empfiehlt es sich, je nach Gegebenheit – etwa die Energieversorgung per Solarpanel – der Einsatz eines einfachen Solar-Ladereglers für Standard-

Lithium-Akkus und die Verwendung eines stromsparenden Mikrocontrollers mit Bluetooth LE zur Ansteuerung des Modems.

Direkt von der Firma Swarm gibt es einen eigenen Eval-Kit, der auch ein Solarpanel, Akkus und ein Stativ enthält, er ist aber mit 500 US-Dollar (plus Steuern und Zoll) nicht ganz billig.

Die oben genannten Erweiterungen selbst zusammenzubauen dürfte für jeden versierten Maker ein machbares und spannendes Projekt darstellen. Die besondere Faszination, über Satelliten zu kommunizieren, dürfte eine erste Motivation sein. Allerdings würden wir gerne per Mail an [info@make-magazin.de](mailto:info@make-magazin.de) auch von konkreten Projekten und Ideen erfahren.

Es wird sich aber auch lohnen, den Fortgang des Projekts Spacebee zu verfolgen. Hier wird es – wie oben beschrieben – in Zukunft auch eine Hardware für Anwender geben, die nicht so viel basteln möchten. —caw



8 Die beiden Mails über den Webhook sind auch angekommen.

# Make:markt

## MIKROELEKTRONIK



### AZ-Delivery

Ihr Experte für Mikroelektronik  
**20% sparen – Code: AZD-Make20**  
 Die passenden MCU, Sensoren, Displays, etc. für Ihr nächstes Projekt!  
 Projektideen im Blog  
 Spezialangebote im Newsletter  
[www.az-delivery.de](http://www.az-delivery.de)

## BÜCHER/ZEITSCHRIFTEN



### Der Verlag für kreative Köpfe!

Informatik und Elektronik können komplex, theoretisch und anstrengend sein. Es geht aber auch einfach, wenn man die richtigen Möglichkeiten findet. dpunkt.de Verlag. »Maker« wird.  
[www.dpunkt.de](http://www.dpunkt.de)

# Make:markt

Der **Make:markt**. Nur 150,00 Euro je Ausgabe für eine Basisanzeige.  
 Weitere Informationen erhalten Sie unter:  
[maos@heise.de](mailto:maos@heise.de)



### Was Maker schon alles geschaffen haben!

Die Antwort und viele Beispiele finden Leser in unseren Zeitschriften „**Space – das Weltraum Magazin**“, vom „Reißbrett“ ins Weltall und dem „Urknall“ vieler Computer- und Make-Enthusiasten – dem „**Retro Gamer**“.  
[www.emedia.de](http://www.emedia.de)

Your accessories

-  **Backpack**  
10.03.21, 20:13
-  **Bag**  
10.03.21, 11:44
-  **Car**  
11.03.21, 07:30
-  **Keys**  
10.03.21, 19:00
-  **Items**  
11.03.21, 05:18



# Eigenbau-Tracker für Apples Find-My-Netzwerk

Verlorene Apple-Geräte ohne eigene Netzanbindung nehmen über Bluetooth Kontakt zu Artgenossen auf, die den Ort an den rechtmäßigen Besitzer melden – so ist Apples Find-My-Netzwerk gedacht. Doch statt teurer Smartphones kann man auch Eigenbau-Tracker auf Basis etwa eines ESP32 in Apples Rettungsnetz mitsurfen lassen, die viel mehr können, als die Firma beabsichtigt.

von Fabian Bräunlein

Sie haben wahrscheinlich schon von Apples *Find-My*-Protokoll für die Offline-Suche nach Geräten dieses Herstellers gehört. Inzwischen ist es in über einer Milliarde Geräte implementiert und hat Apple ermöglicht, den *AirTag* einzuführen: ein kostengünstiges, stromsparendes Ortungs-Beacon mit weltweiter Abdeckung, das aber kein GPS- oder Mobilfunkmodem erfordert.

Aber wussten Sie schon, dass Sie das Find-My-Netzwerk auch mit einem eigenen Tracker nutzen können? Und sogar beliebige Daten über das Netzwerk übertragen können? Oder einen eigenen Tracker in einem speziellen *Stealth*-Modus betreiben können, um Ihre Gegenstände zu tracken, ohne potenzielle Diebe zu alarmieren? ❶

Dieser Artikel erklärt, wie das Protokoll funktioniert und wie man dieses allgegenwärtige Netz mit selbstgebauten AirTag-Klonen nutzen und sogar erweitern kann.

## Wie funktioniert Find My?

AirTags koppelt man an ein Apple-Gerät. Wenn sie sich nicht in der Nähe des jeweiligen Geräts befinden, senden sie regelmäßig per *Bluetooth Low Energy* Signale (sogenannte *Beacons*) aus. Apple-Geräte in der Nähe, die diese Beacons empfangen, erkennen sie als Find-My-Nachrichten und laden ihren eigenen Standort zu Apple hoch. Der Standort wird dabei mit der empfangenen Beacon-Nachricht verknüpft und so verschlüsselt,

dass nur der Besitzer des AirTags den Standort entschlüsseln kann, aber sonst niemand, nicht einmal Apple selbst.

Etwas detaillierter läuft der Kopplungs- und Suchprozess wie folgt ab ❷:

1. Wenn ein AirTag mit einem Apple-Gerät gekoppelt wird, werden ein Schlüsselpaar und ein gemeinsames Geheimnis erzeugt. Das gemeinsame Geheimnis und der öffentliche Schlüssel sind auf dem AirTag gespeichert, der private Schlüssel bleibt auf dem Apple-Gerät.
2. Alle zwei Sekunden sendet das AirTag einen *Bluetooth Low Energy Broadcast* mit einem öffentlichen Schlüssel als Inhalt, der sich regelmäßig ändert und unter Verwendung des zuvor geteilten Geheimnisses generiert wird.

- In der Nähe befindliche Apple-Geräte erkennen den Find-My-Broadcast, rufen ihren aktuellen Standort ab, verschlüsseln den Standort mit dem gesendeten öffentlichen Schlüssel und laden dann den verschlüsselten Standortbericht hoch.
- Bei der Suche nach dem AirTag generiert das gekoppelte Apple-Gerät eine Liste der rotierenden öffentlichen Schlüssel, die das AirTag in den letzten Tagen verwendet hat, und fragt einen Apple-Dienst mit deren SHA256-Hashes an. Das Apple-Backend gibt die verschlüsselten Standortberichte für die angeforderten Hashes der öffentlichen Schlüssel zurück.
- Das Besitzergerät entschlüsselt die Standortberichte und zeigt einen ungefähren Standort an.

Das Gute für Hacker und Maker: Bei diesem Design ist es nicht möglich, die Broadcasts von legitimen Apple-Geräten (oder von lizenzierten Drittanbietern) von denen selbstgebauter Klone zu unterscheiden. Darüber hinaus prüft das Apple-Backend für die Standortabfrage nicht (und kann es auch nicht), ob der Nutzer tatsächlich Eigentümer des AirTag ist, für den er Standortberichte anfordert. In Kombination ist das geradezu eine Einladung für DIY-Experimente.

Die Verschlüsselung garantiert jedoch weiterhin, dass niemand den Standort aus heruntergeladenen Standortberichten für Geräte extrahieren kann, die man nicht selbst eingerichtet hat, da hierfür der richtige private Schlüssel fehlt.

### Bau eines AirTag-Klons mit OpenHaystack

All dies impliziert, dass eine Open-Source-Implementierung des Protokolls möglich ist, die es Klongeräten erlaubt, sich in das Find-My-Netzwerk einzuklinken – was bedeutet, dass ihr Standort von Apples Server abgerufen und entschlüsselt werden kann.

OpenHaystack, das vom Secure Mobile Networking Lab der TU Darmstadt entwickelt wurde, ist genau eine solche Open-Source-Implementierung und das Ergebnis einer umfangreichen Reverse-Engineering- und Analysearbeit: „OpenHaystack ist eine Anwendung, mit der man eigene Tracker erstellen kann, die von Apples Find-My-Netzwerk geortet werden. Alles, was man braucht, ist ein Mac und einen BBC micro:bit oder ein anderes Bluetooth-fähiges Gerät“, so die Entwickler.

Aktuell benötigen Sie noch einen macOS-Computer oder eine virtuelle Maschine (und eine kostenlose Apple-ID), um Standortberichte abzurufen. Der Grund dafür ist, dass das Apple-Backend umfangreiche Authentifizierungsdaten (basierend auf einer Apple-ID) benötigt, deren Erzeugung noch nicht voll-

## Kurzinfo

- » So funktioniert Apples Netzwerk zum Lokalisieren von Geräten und Tags ohne eigenen Netzanschluss
- » Mit Maker-Hardware und Open-Source-Software eigene Tags mit mehr Funktionen bauen
- » Apples Sicherheitsfunktionen aushebeln, Daten aus funkgeschützten Umgebungen exfiltrieren

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
ein paar Stunden



**Kosten:**  
10 bis 30 Euro



**Computer:**  
Computer mit Mac OS X oder macOS, alternativ ein gemieteter Cloud-Mac oder eine virtuelle Maschine mit macOS (siehe Link in der Kurzinfo)

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xr6r](https://make-magazin.de/xr6r)

### Material simple Variante

- » ESP32-Entwicklungsboard
- » USB-Powerbank
- » Kabel USB zu USB Micro

### Material schicke Variante

- » nRF51822-basierter Tracker Suchbegriff „nRF51822 beacon“ auf AliExpress
- » Knopfzelle passend zum Tracker, z.B. CR2032 (falls nicht mitgeliefert)
- » SWD-Programmiergerät z.B. J-Link EDU Mini

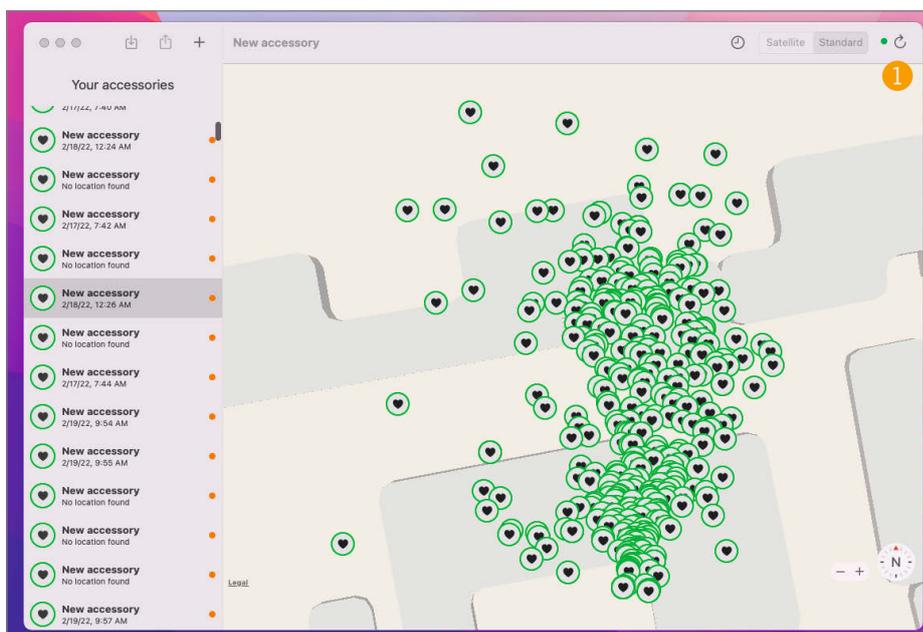
ständig analysiert und reimplementiert wurde. Aus diesem Grund beinhaltet die Applikation auch ein Apple-Mail-Plug-in, welches ihr Zugriff auf die erforderlichen Authentifizierungsdaten gewährt.

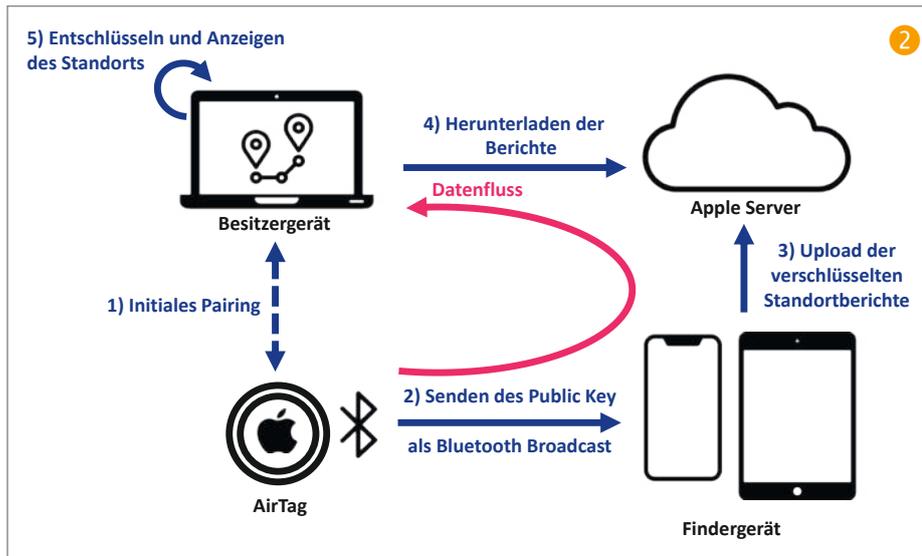
Die Projektseite zu OpenHaystack (siehe Link in der Kurzinfo) enthält detaillierte Installationsanweisungen und Firmware, die mit ESP32- und

nRF51822-Mikrocontroller-Boards kompatibel ist. Allerdings ist es derzeit nicht möglich, echte AirTags mit OpenHaystack zu tracken.

**Hiermit ergeben sich zwei attraktive Optionen für den Bau von DIY-Trackern:**

- Verwendung eines ESP32, einer Powerbank und eines USB-Kabels – alles Dinge, die Sie vielleicht schon zu Hause haben 3.





2. Eine schlankere Version mit einem nRF51822-basierten Sender und einer kleinen Knopfzelle für die Stromversorgung **4**. Diese Version erfordert ebenfalls die Verwendung eines SWD-Programmiergeräts zum Flashen der Firmware **5**.

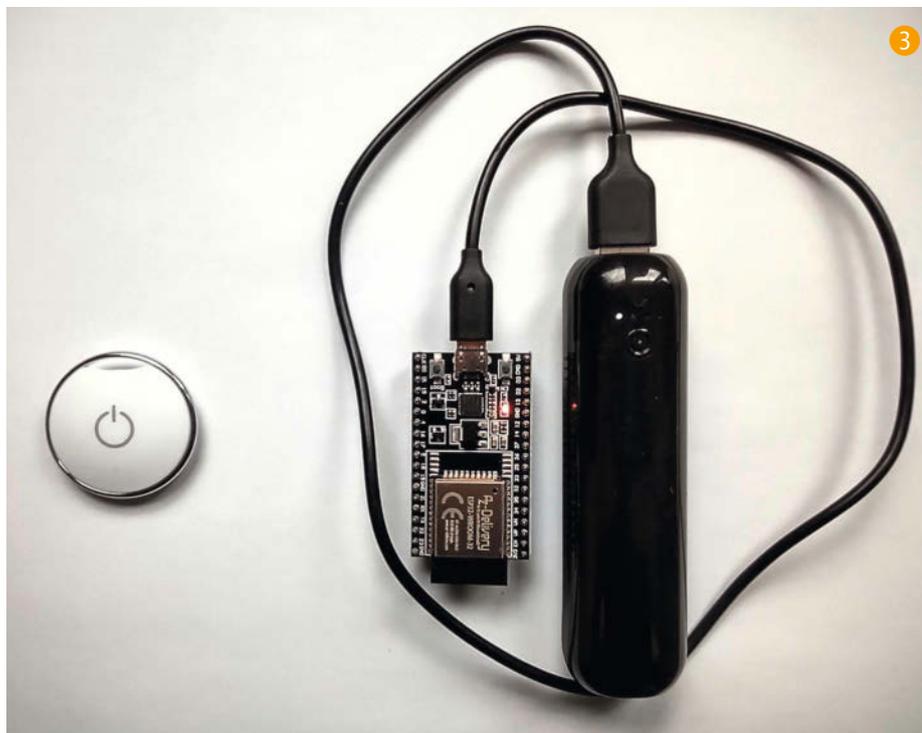
Nachdem man die OpenHaystack-Installationsanweisungen befolgt, einen Tracker geflasht und ein wenig auf das Weiterleiten der ersten Standortberichte gewartet hat, kann man den letzten Standort des AirTag-Klons auf einer Karte in der OpenHaystack macOS-App sehen **6**.

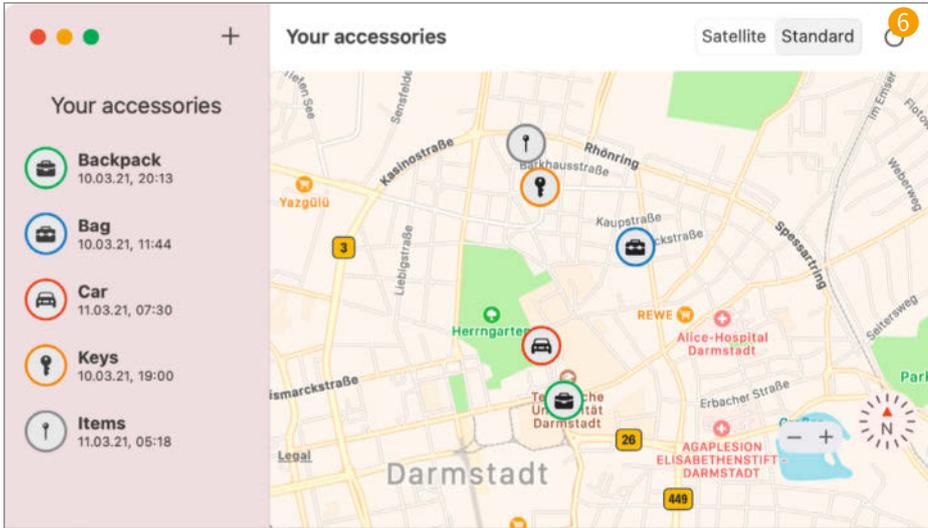
Das Team hat kürzlich auch eine mobile Version von OpenHaystack für iOS und Android veröffentlicht (Abbildung **7**), allerdings muss der Benutzer die App selbst bauen und ein API-Backend auf einem Mac-Computer hosten.

### Übertragung beliebiger Daten

Ich war neugierig, ob das Netzwerk von Find My dazu verwendet werden könnte, beliebige Daten von Geräten ins Internet hochzuladen, die selber nicht über WLAN oder Mobilfunk mit dem Internet verbunden sind **8**. Eine solche Technik könnte von kleinen verteilten Sensoren eingesetzt werden und würde die Kosten und den Stromverbrauch mobilen Internets vermeiden. Sie könnte auch interessant sein, um Daten aus elektromagnetisch abgeschirmten Räumen zu exfiltrieren, sofern diese gelegentlich von iPhone-Nutzern besucht werden.

Ich habe hierzu zwei Möglichkeiten gefunden: Die erste basiert auf einem 1-Byte-Status-Feld, das Teil von Find-My-Nachrichten ist und unverändert an das Apple-Backend weitergeleitet wird, wo es dann wieder abgerufen werden kann. Diese Methode wurde von Daniel Dakhno im *FakeTag*-Projekt implementiert (siehe Link in der Kurzinfor), um kontinuierlich den Status eines 6-Bit-Zählers (und 2 Bit Batteriestandsinformationen) zu übertragen.





Die zweite Option ist allgemeiner und würde auch dann funktionieren, wenn Apple die Verwendung des Statusbytes einschränken würde (z.B. durch ein iOS-Update). Die Idee ist, dass wir das Apple-Backend wie eine Art toten Briefkasten behandeln können, oder genauer gesagt als einen öffentlichen Key-Value-Speicher mit öffentlichen Schlüssel-Hashes als Schlüssel und verschlüsselten Standortberichten als Werten, und mit folgenden grundlegenden Operationen:

- Wir können prüfen, ob Standortberichte für einen bestimmten öffentlichen Schlüssel-hash existieren oder nicht.
- Wir können Standortberichte für einen bestimmten öffentlichen Schlüssel-hash hinzufügen, indem wir den entsprechenden öffentlichen Schlüssel broadcasten.

Ich schätze, Sie sehen bereits, wohin das führt: Wir können beliebige Bits im geteilten Key-Value-Speicher setzen und sie wieder abfragen. Wenn sich Sender und Empfänger auf ein Kodierungsschema einigen, können damit beliebige Daten übertragen werden.

Da es keine Garantie dafür gibt, wann oder ob bestimmte Broadcasts als Standortberichte in das Apple-Backend hochgeladen werden, muss unsere Datenkodierung unabhängig von der Reihenfolge sein, in der die Standortberichte eingehen, und in der Lage sein, partielle Datenströme wiederherzustellen.

Um dies zu erreichen, habe ich beschlossen, den Wert eines einzelnen Datenbits pro Broadcast zusammen mit einem Index zu kodieren, der angibt, welches Bit der Nachricht übertragen wird. Zusätzliche Nachrichten- und Modem-ID-Felder ermöglichen die Wiederverwendung des Systems für mehrere Nachrichten und von mehreren Benutzern.

Um ein bestimmtes Bit zu senden, wird ein 28-Byte-Array der Form

```
[4b-Bit-Index] [4b-Nachrichten-ID]
[4b-Modem-ID] [000.. zum Auffüllen]
[Bit-Wert]
```

erstellt und als öffentlicher Schlüssel behandelt, um diesen dann als Bluetooth Low Energy Broadcast auszusenden und so z.B. die Information „Bit 0 der Nachricht 0 ist 1“ zu übertragen.

Um eine vollständige Nachricht zu senden, läuft das Programm in einer Schleife über deren Bits und sendet jeweils einen Broadcast mit einem öffentlichen Schlüssel, der den Index und den Wert kodiert <sup>9</sup>.

Beim Abrufen der Daten erzeugt das empfangende Programm dieselben 28-Byte-Arrays (zwei pro Bit, für die möglichen Bitwerte 0 und 1) und fragt den Apple-Dienst mit den Hashes dieser „öffentlichen Schlüssel“ an. Die API sollte dann nur Standortberichte für eine der beiden Schlüssel-IDs zurückgeben, die dann interpretiert werden können, z.B. als „Bit 0 ist 1“ <sup>10</sup>.

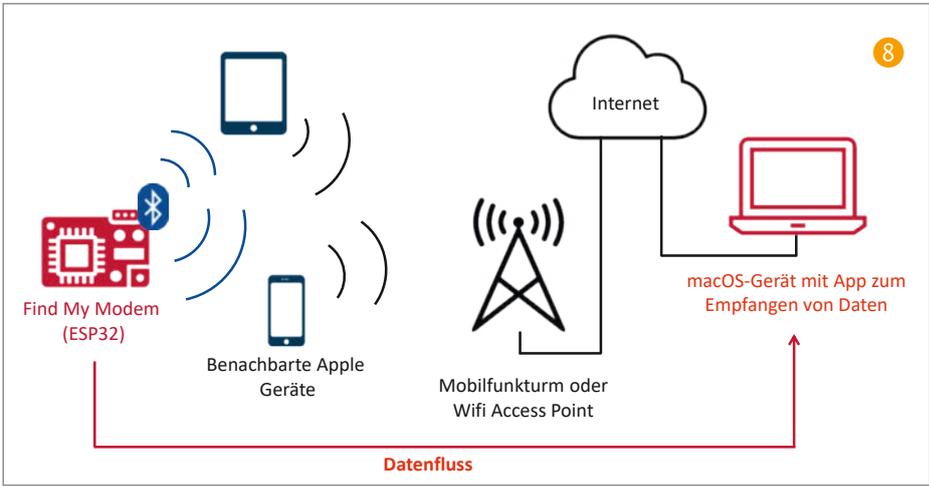
Anstatt nur ein Bit pro Nachricht zu übertragen, könnten wir auch ein ganzes Byte senden, indem wir die letzten 8 Bits des öffentlichen Schlüssels auf den zu übertragenden Wert setzen. Dadurch erhöht sich zwar die Sendebandbreite, wir müssen dann aber auch 256 verschiedene Schlüssel-IDs anfordern, um ein

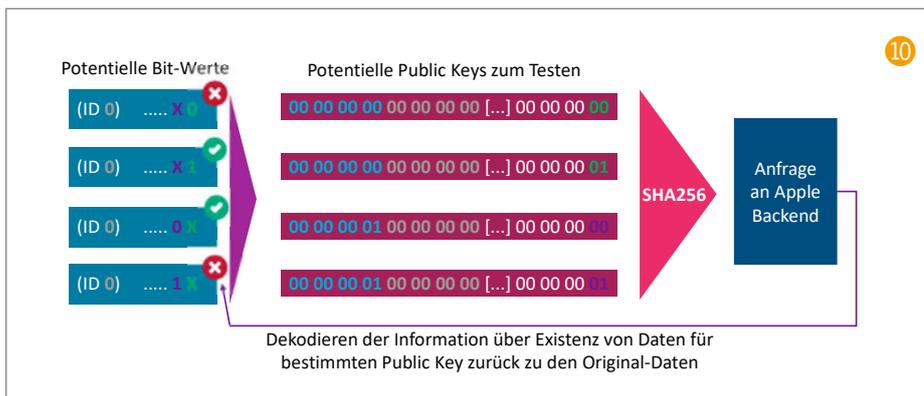
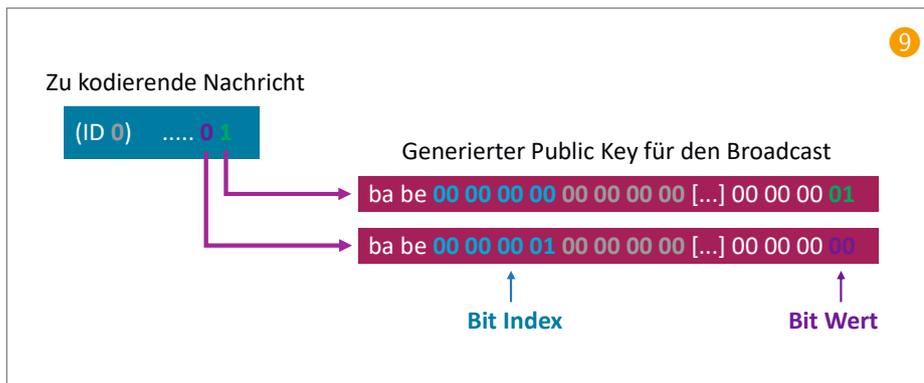
Byte zu empfangen (im Vergleich zu 16, wenn es Bit für Bit kodiert wird).

Ich habe diese Methode in *Send My* implementiert (siehe Link in der Kurzinfo), einer modifizierten Version von OpenHaystack, die einen ESP32 in ein serielles Upload-Modem verwandelt und eine *DataFetcher*-Applikation enthält <sup>11</sup>, um gesendete Nachrichten von verschiedenen Modems zu empfangen.

### Stealth Mode

Apple hat eine Funktion in iOS eingebaut, die unbekannte AirTags, die sich über einen längeren Zeitraum mit jemandem bewegen, erkennen und vor diesen warnen soll. Damit will





Apple den Einsatz von AirTags zum Stalking von Menschen oder deren Habseligkeiten verhindern. Nach zahlreichen Medienberichten darüber, dass AirTags zum Stalken von Frauen verwendet oder in teuren Autos platziert wurden, um diese später zu stehlen, hat Apple dann auch ein Update für AirTags und iOS herausgegeben, welches die Zeit verkürzt, bis eine Tracking-Warnung ausgelöst und ein Ton auf dem AirTag abgespielt wird.

Für Android hat Apple die App *Tracker Detect* veröffentlicht, die allerdings nicht im Hintergrund läuft und erfordert, einen *aktiven Scan* über die App zu starten, während man geortet wird.

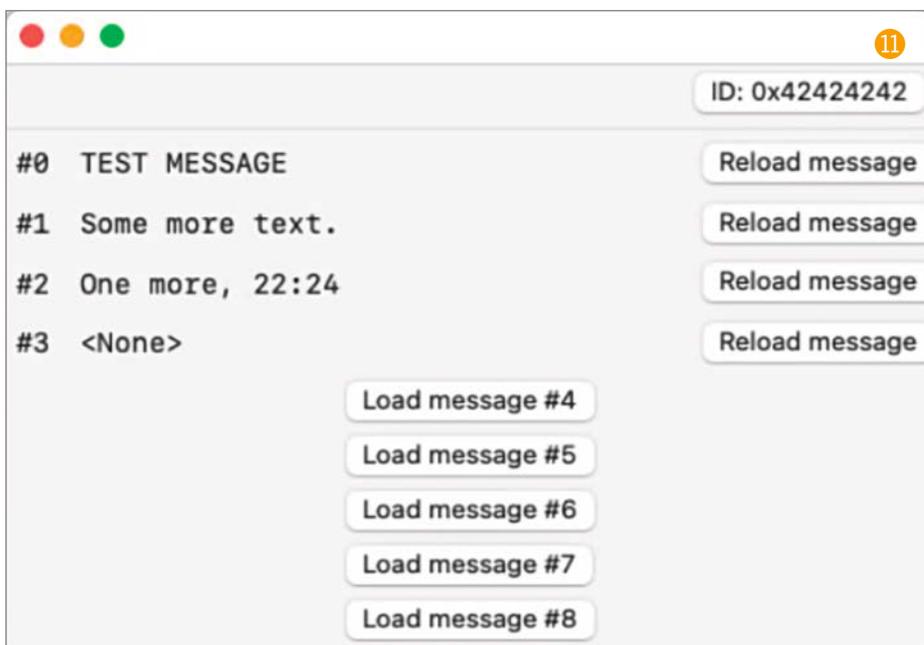
Die App *AirGuard*, die ebenfalls vom OpenHaystack-Team veröffentlicht wurde, ist eine Alternative hierzu und unterstützt auch kontinuierliches Scannen im Hintergrund. Ein Nebeneffekt der Bemühungen, Missbrauch zu

verhindern, ist allerdings, dass AirTags damit auch ihre Attraktivität im Einsatz gegen Diebstahl verlieren: Diebe können über genau diese Funktionen sich ebenfalls über AirTags benachrichtigen lassen und ein Piepen triggern, um diese damit zu lokalisieren und dann zu entfernen.

Sowohl die Erkennungsmethoden von Apple als auch die von AirGuard beruhen auf der Tatsache, dass ein AirTag seinen öffentlichen Schlüssel nur einmal pro Tag ändert und daher von Geräten in der Nähe für eine begrenzte Zeit identifiziert und verfolgt werden kann. Wir können diese Erkennung in einem selbstgebauten Tracker umgehen, indem wir durch viele öffentliche Schlüssel rotieren und jeweils nur einen Broadcast pro öffentlichem Schlüssel aussenden (beziehungsweise lange genug warten, bevor wir einen Schlüssel wieder nutzen). Dies simuliert im Grunde Tausende verschiedener AirTags und macht das Tragen eines solchen Trackers für eine Erkennungs-App fast ununterscheidbar von einem Gang durch eine belebte Gegend, in der viele verschiedene AirTags kurz vorbeihuschen, was keinen Alarm auslösen sollte.

Ich habe einen solchen „Tarnkappen-AirTag-Klon“ erstellt und in einem Experiment bestätigt, dass er funktioniert. Dabei habe ich einen iPhone-Benutzer (natürlich mit dessen Zustimmung) über fünf Tage lang verfolgt, ohne dass er eine Benachrichtigung erhalten hat 11. Der Tracker wird auch nicht durch einen aktiven Scan mit Apples Tracker Detect App für Android entdeckt 12. Die modifizierte Firmware und eine macOS-Anwendung, die für das Abrufen von Standortdaten von Tausenden virtueller Tracker optimiert ist, finden Sie ebenfalls über den Link in der Kurzinfor.

Übrigens: In der Theorie könnten die Änderungen für die Datenübertragung und den Stealth-Modus auch in einem originalen AirTag von Apple implementiert werden. Mehr Informationen hierzu gibt es in einem Paper, dass über den Link in der Kurzinfor zu finden ist.



### Potenzielle Anwendungsfälle

Die Möglichkeit, sich mit eigenen AirTag-Klonen an Apples weit verbreitetes Find-My-Netzwerk zu hängen, ermöglicht viele Anwendungsfälle, die vorher undurchführbar oder zumindest viel teurer waren:

**Hinzufügen von Diebstahlschutz zu allem:** Originale AirTags informieren Diebe über ihre Anwesenheit, indem sie einen Ton abspielen und eine Ortungswarnung auslösen. Wenn ein AirTag gefunden wird, kann er einfach entfernt und deaktiviert werden. Ein AirTag-Klon hätte dieses Problem nicht und könnte länger versteckt bleiben. Geräte, die bereits über Bluetooth verfügen (z.B. Blue-

tooth-Lautsprecher oder einige Geräte zur Zwei-Faktor-Authentifizierung), könnten auch Find-My-Broadcasts (im Stealth-Modus) ausstrahlen, um sie auffindbar zu machen. Bei anderen Geräten könnte ein kleiner Bluetooth-Sender direkt in das Produkt eingebettet werden (etwa in einen Koffer oder einen E-Bike-Akku).

Nach der Veröffentlichung der Find-You-Ergebnisse wurden wir auch von jemandem kontaktiert, der solche Stealth-Tracker einsetzen wollte, um die steigende Zahl von Kindesentführungen in seiner Region zu bekämpfen.

**Industrielle/großflächige Nutzung:** Die Find-My-App begrenzt die Anzahl der trackbaren AirTags auf 16 Stück pro Account, und die einzelnen Standortberichte sind für den Benutzer nicht einsehbar. Bei der Verwendung von OpenHaystack gibt es keine solchen Beschränkungen und es ist möglich, eine Flotte von Tausenden von kostengünstigen Trackern zu haben, deren Standortberichte auf automatisierte Weise weiterverarbeitet werden können. Das könnte es zum Beispiel für Autovermieter attraktiv machen, ihre Fahrzeuge mit solchen Trackern auszustatten, oder für Logistikunternehmen, einen solchen Tracker in jede Sendung einzubauen, um ihre Waren über verschiedene Zulieferer hinweg live verfolgen zu können.

Wenn man zudem die Möglichkeit einer beliebigen Datenübertragung in Betracht zieht, ergeben sich noch mehr Möglichkeiten:

**Kostengünstige, stromsparende, verteilte Sensoren:** Mit einem der beiden oben beschriebenen Ansätze ist es möglich, Sensormesswerte oder beliebige Daten von IoT-Geräten hochzuladen, ohne ein Breitbandmodem, eine SIM-Karte, einen Datentarif oder eine WLAN-Verbindung zu nutzen. In Anbetracht der Tatsache, dass Amazon ein Netzwerk namens Sidewalk betreibt, um genau das mit Hilfe von Echo-Geräten bereitzustellen, scheint es eine gewisse Nachfrage danach zu geben.

Eine solche Implementierung findet sich in dem bereits erwähnten FakeTag-Briefkastensensor, der einen auf die Klappe geklebten Vibrationssensor verwendet, um den Eingang neuer Post zu erkennen, und kontinuierlich die aktuelle Anzahl an eingegangenen Briefen über das Find My-Netzwerk überträgt <sup>13</sup>.

Eine andere Person hat erwogen, die Technik für die Erfassung von Sensorwerten von einem Boot im Hafen (z.B. der Leckpumpe) zu verwenden, und ich wurde von einer gemeinnützigen Organisation kontaktiert, die darin eine mögliche Verwendung für die Umwelt-, Luftqualitäts- und Mikroklimamodellierung und die Sammlung von Daten von entfernten Sensoren sieht.

Da die weiterleitenden Apple-Geräte empfangene Nachrichten zwischenspeichern, bis sie wieder eine Internetverbindung haben, können die Sensoren sogar Daten aus Gebie-

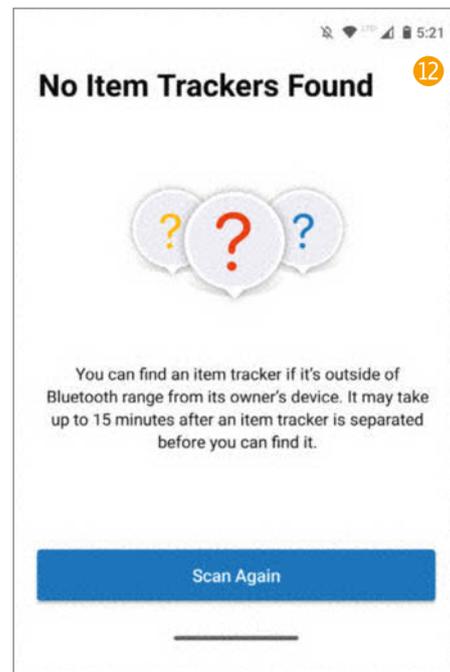
ten ohne Mobilfunkabdeckung übertragen, solange iPhone-Benutzer, wenn auch nur kurz, in Bluetooth-Reichweite passieren – was in etwa 50 Meter sind, je nach Umgebung, Hardware und Sendeleistung.

**Datenexfiltration:** In der Welt von Hochsicherheitsnetzwerken könnten Apple-Geräte von Besuchern zu nützlichen Zwischenstationen werden, um Daten aus bestimmten *air-gapped*-Systemen – also physisch und logisch von anderen Computern getrennten Rechnern – oder Faradayschen Käfigen zu exfiltrieren. Auch wenn eine andere Verbindung nach außen besteht, kann Find My als verdeckter Kanal dienen, welcher weniger wahrscheinlich überwacht wird als beispielsweise normale IP-Verbindungen. Eine interessante Beobachtung ist hier auch, dass neuere iPhones auffindbar bleiben – mit laufenden Bluetooth-, NFC- und UWB-Modems – auch wenn sie ausgeschaltet sind.

### Fazit

Wir haben gezeigt, wie man AirTag-Klone baut, die mit Apples Find-My-Netzwerk kompatibel sind und wie die Fähigkeiten dieser Klone die des ursprünglichen AirTags sogar übertreffen können. Insbesondere ist es möglich, beliebige Daten über das Netzwerk zu versenden und alle Anti-Stalking-Funktionen von Apple zu umgehen, was die Technologie auch in Anti-Diebstahl- (oder Anti-Kidnapping-) Szenarien wieder interessant macht.

Sowohl die Möglichkeit, das Find-My-Netzwerk mit nicht-autorisierten Trackern zu nutzen, als auch die beschriebenen „Missbrauchsmöglichkeiten“ sind dem auf Datenschutz ausgerichteten Design des Systems inhärent. Ein interessanter Zielkonflikt besteht zum Beispiel darin, dass Apple AirTags über Bluetooth unidentifizierbar machen will (um zu verhindern, dass ein Netzwerk von verteilten Bluetooth-Empfängern Geräte über einen längeren Zeit-



raum hinweg verfolgen kann), sich aber genau auf diese Identifizierbarkeit verlässt, um zuverlässige Stalking-Warnungen auszulösen.

Mit dem aktuellen Find-My-Design kann Apple die Verwendung nicht auf echte AirTags (und Geräte offizieller Partner) beschränken und muss daher auch Bedrohungsszenarien durch speziell angefertigte Beacons (oder AirTags mit modifizierter Firmware) berücksichtigen, welche das Find-My-Protokoll auf eine etwas seltsame oder potenziell böartige Weise implementieren könnten.

Für uns Hacker und Maker bedeutet das: Solange es keine größere Umgestaltung des Offline-Findungsprotokolls von Find My gibt, wird es wahrscheinlich weiterhin möglich sein, dieses Ökosystem zu nutzen und damit herumzuspielen. —pek



# Flusspegel messen mit der Citizen Science Box

Staatlicherseits werden in Deutschland in der Regel nur größere Flüsse überwacht. Der Klimawandel führt dazu, dass mittlerweile auch kleinere Gewässer große Flutschäden anrichten können. Das kann man entweder anprangern – oder man nimmt die Sache selbst in die Hand und baut mit an einem Flusspegelnetzwerk in Bürgerhand. So gelingt der Einstieg.

von Guido Burger und Klaus-Uwe Gollmer



Projekte, die in die „Wildnis“ der Stadt oder die echte Natur entlassen werden, stellen besondere Anforderungen: Die Elektronik muss wettergeschützt und trotzdem erweiterbar sein. Eine möglichst autarke Energieversorgung und eine Datenübertragung in einem offenen, gut verfügbaren Funknetzwerk sollten selbstverständlich auch nicht fehlen.

Das ist die Geburtsstunde der *Citizen Science Box*! Diese Box löst alle drei Aufgaben und bietet Freiheiten für unterschiedliche Nutzlasten: Egal, welcher Mikrocontroller und welche Sensoren gewünscht sind, fast alles ist machbar. Im Folgenden zeigen wir den Einsatz der Citizen Science Box am Beispiel der Pegelmessung kleinerer Bäche.

Der Klimawandel hat leider zur Folge, dass Starkregenereignisse in Zukunft häufiger und vor allem intensiver werden. Starkregen ist ein Wetterphänomen, bei dem innerhalb kurzer Zeit so viel Regen fällt, dass auch kleine Gewässer so stark anschwellen, dass dies zu Überschwemmungen und Sturzfluten führen kann. Bauliche Vorsorge, Monitoring, Vorhersage und frühzeitige Reaktion werden deshalb immer wichtiger.

Hydrologisches Monitoring und Prognosen für Gewässerpegel sind in Deutschland Aufgaben der Landesbehörden. Die Werte der professionellen öffentlichen Messstationen kann man online als Karte anschauen und sie lassen sich auch per API auslesen (siehe Links in der Kurzinfor). Die offiziellen Stationen befinden sich allerdings in der Regel nur entlang der größeren Flussläufe, denn die Infrastruktur- und Betriebskosten dafür liegen schnell im fünfstelligen Bereich pro Station.

Ein *Citizen-Science*-Projekt zum Selbstbau eines eigenen Pegelsensors kann dagegen dazu beitragen, dass Bürger und Bürgerinnen vor Ort ein größeres Verständnis für die Bedeutung von gesunden Gewässern und deren Schutz entwickeln. Die in diesem Artikel hierfür vorgestellte Messtechnik ist kostengünstig realisierbar. Speicherung und Visualisierung der Daten erfolgt z.B. auf offenen Plattformen wie *Grafana* und *InfluxDB*. Außerdem können über die Jahre wichtige Daten für die Wissenschaft gesammelt werden. Denkbar ist zukünftig die Entwicklung einer lokalen KI, die im Verbund mit weiteren Wetterdaten ein lokales Prognosemodell für den eigenen Dorfbach liefert.

### Messung des Gewässerpegels

Eine Flutwelle in einem Bach entsteht, wenn innerhalb kurzer Zeit sehr viel Regen fällt und sich dadurch der Wasserstand im Bach schnell erhöht. In der Regel wird der Pegel des Baches zu Beginn der Flutwelle ansteigen, bis er einen bestimmten Höchststand erreicht. Danach beginnt der Pegel langsam zu sinken, bis er

## Kurzinfor

- » Wetterfeste und autonome Sensor-Station
- » Wasserpegel, Wetterdaten, Lärm und mehr messen
- » Kilometerweite Funkverbindung mit LoRaWAN

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
8 Stunden



**Kosten:**  
180 bis 350 Euro

### Material

» Die komplette Materialliste gibt es online in der Aufbauanleitung (siehe Kurz-Link)

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



### Mehr zum Thema

- » Ausführliche Schritt-für-Schritt-Aufbauanleitung für die Citizen Science Box (online)
- » Wolfgang Neußer, Füllstandmessung einer Regenwasserzisterne, Make 6/21, S. 74
- » Robert Kränzlein, LoRaWAN-Sensor für den Heizöltank, Make 6/20, S. 66
- » Guido Burger, Klaus-Uwe Gollmer: Der Solartisch und die grüne Steckdose, Make 4/22, S. 10
- » Guido Burger, Dr. Richard Fix, Klaus-Uwe Gollmer, Der CO<sub>2</sub>-Warner für die Schule, Make 5/20, S. 10
- » Heinz Behling, Solarstrom für Mikrocontroller, Teil 1, Make 4/22, S. 32
- » Daniel Bachfeld, Strom sparen bei ESP-Mikrocontrollern, Make 3/21, S. 84

wieder auf das normale Niveau zurückgekehrt ist 1 2. Die genaue Form und das Ausmaß einer Flutwelle hängen jedoch von verschiedenen Faktoren ab, etwa der Menge des gefallenen Regens, der Topografie der Umgebung, der aktuellen Bodenfeuchtigkeit und der Geometrie des Bachprofils.

Eine häufig verwendete Methode zur Bestimmung der Pegelstände von Flüssigkeiten ist die Anwendung von Drucksensoren. Deren

Vorteile sind die günstigen Anschaffungskosten und die einfache Installation – bei einer Regenwasserzisterne im eigenen Garten kann dazu sogar ein ausgedientes Blutdruckmessgerät dienen (siehe Make 6/21). Am natürlichen Gewässer vor Ort ist allerdings oft eine aufwändige Verrohrung erforderlich und es besteht immer die Gefahr, dass sich vom Wasserstrom mitgerissene Steine oder Äste verfangen und den Sensor beschädigen.



1 Typische Flutwelle: schneller Anstieg (in Stunden) und langsames Abflauen (über Tage)



2 Typische Messkurve: Wasser hat zwar keine glatte Oberfläche, das Rauschen kann man aber mit einem Mittelwert über eine Stunde glätten (Messintervall 15 min).



3 Links die Citizen Science Box, rechts der Montagewinkel, unten die Rohrschelle zur Befestigung (siehe auch Bild 8)

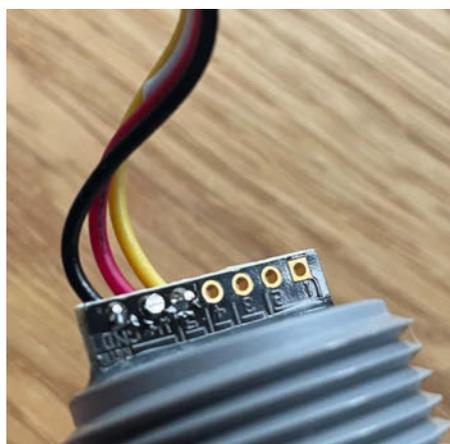


4 Der Maxbotix MB7369 ist ein Ultraschallsensor mit Horn und optimiert für Pegelmessung. Er kann seriell oder analog angeschlossen werden.

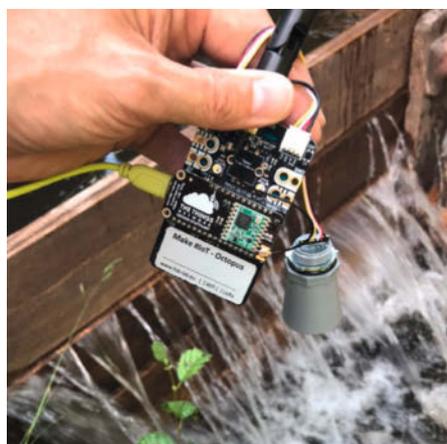
Wir nutzen deshalb einen außerhalb des Gewässers etwa an einer Brücke oder einem überhängenden Baum befestigten Ultraschallsensor zur Abstandsmessung bis zur Wasseroberfläche 3. Dieser Sensor ermittelt die Zeit, die die Schallwellen benötigen, um vom Sensor zum Wasser und zurück zum Sensor zu kommen. Aus dieser Zeit kann dann die Entfernung zum Wasser berechnet und damit der Pegel des Baches bestimmt werden. In

der Make-Ausgabe 6/22 wurde ein solcher Sensor bereits zum Messen des Füllstands eines Öltanks benutzt.

Dabei ist es wichtig, die Auswirkungen der Umgebungstemperatur auf die Messung zu berücksichtigen: Je höher die Temperatur der im Schallkegel liegenden Umgebungsluft, desto größer ist die Schallgeschwindigkeit. Unser Signal benötigt bei hohen Temperaturen also eine kürzere Zeit, was dem Sensor wiederum einen höheren Wasserstand vorgaukeln würde. Deshalb verwenden wir einen speziellen Ultraschallsensor, der vom Hersteller bereits temperaturkompensiert und daher weniger anfällig für solche Fehler ist. In der Praxis konnten wir trotzdem einen geringen Temperaturgang beobachten: Bei 10°C Temperaturunterschied der Luft hat sich der Abstandswert trotz Kompensation um ca. 1cm verändert. Diese Referenzmessung wurde allerdings nicht am Gewässer, sondern an einer feststehenden Betonplatte durchgeführt.



5 Die Verkabelung des Sensors auf den Grove-Stecker: schwarz-GND (7), rot-VCC (6), gelb-TX (5)



6 Experimente mit dem ersten Prototypen am Bach

### Der Sensor

Man kann natürlich unterschiedliche Sensoren zur Pegelmessung nutzen. Wir haben uns für eine industrielle Version entschieden, welche für den rauen Einsatz und auch speziell für die Pegelmessung von Gewässern optimiert ist 4. Es gibt Sensoren, die Ultraschall nutzen, um sich im Winter selbst von Eis zu befreien und Versionen mit 5m oder 10m Reichweite, ganz nach Bedarf.

Den Sensor kann man entweder analog oder seriell anschließen 5. Wir nutzen nach vielen Versuchen 6 den seriellen Port. Zum einen entfällt die notwendige Kalibrierung, zum anderen sind mögliche Schwankungen der Batteriespannung, die bei analoger Messung als Referenz dient, als Fehlerquelle ausgeschlossen. Unser Hack: Wir nutzen eine I<sup>2</sup>C-Leitung für den TX-Kanal. Damit das reibungslos klappt, haben wir in unserem Code das Timing entsprechend angepasst.

Wichtig: Die Null-Referenzlinie, ab der der Sensor misst, ist nicht das Ende des Rohres, sondern dort, wo das Gewinde auf den 8-Kant trifft (siehe auch Datenblatt).

### Montage – mit langem Arm an der Brücke

Wer etwa an einer Brücke einen Pegelsensor installieren will, um den Wasserstand eines Baches zu messen, sollte einige Dinge beachten: Zunächst ist der Besitzer der Brücke ausfindig zu machen und um Erlaubnis zu fragen. Der Sensor sollte an einer Stelle des Baches installiert werden, an der das Wasser ruhig fließt, nur dann ist es dem Sensor möglich, genau und zuverlässig zu messen. Die Mitte des Baches ist in der Regel ein guter Standort, da hier das Wasser normalerweise am tiefsten ist und somit die besten Messbedingungen bietet.

Es ist ratsam, den Sensor auf der Rückseite der Brücke zu installieren. Auf der Vorderseite kann sich das Wasser aufstauen und mitgeschwemmte Äste sammeln sich möglicherweise direkt am Sensor – beides kann die Messung verfälschen. Auch ist ein dichtes Gehäuse für den Sensor notwendig, um ihn vor Schmutz, Feuchtigkeit und anderen Umwelteinflüssen wie Insekten zu schützen. Ein Ausleger sorgt für den Abstand zur Brückenkonstruktion und verhindert Fehlmessungen durch Reflexion an Teilen des Bauwerks.

Im praktischen Betrieb hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Ausleger schwenkbar ausgeführt wird. So verhindert man einen langen Arm bei eventuell notwendigen Wartungsarbeiten am System. Gleichzeitig ist eine angemessene Vandalismussicherung wichtig. Um die Datenverbindung sicherzustellen, muss sich ein LoRaWAN-Gateway in der Nähe befinden. Und zu guter Letzt benötigen wir ein wenig Sonnenlicht, um den autarken Betrieb über das ganze Jahr zu ermöglichen.

### Selber bauen – Citizen Science und MINT

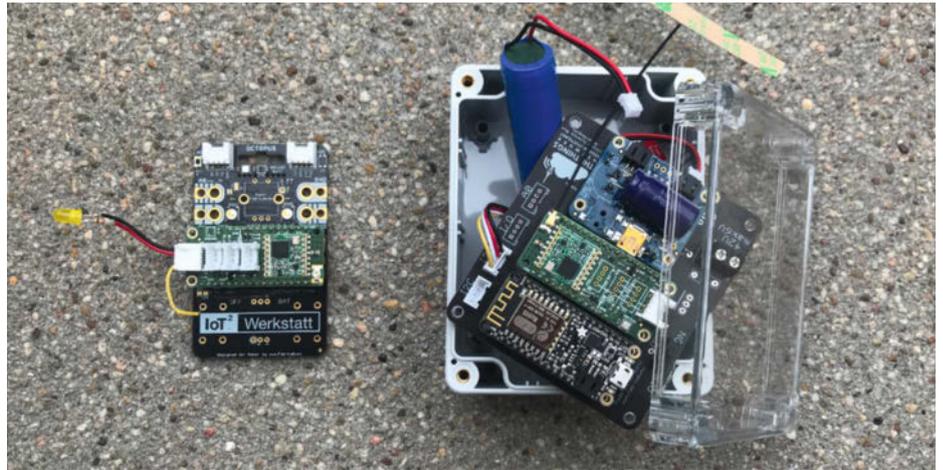
Die folgende Anleitung soll Mut machen, ein eigenes Citizen-Science-Projekt zu starten. Gerade in Schulen, Vereinen oder Ortsgruppen bietet sich hier eine einmalige Möglichkeit, den MINT-Unterricht (**M**athematik, **I**nformatik, **N**aturwissenschaften und **T**echnik) aus der Schule mit den brennenden Fragen des Klimawandels zu verknüpfen. Warum nicht im Unterricht einen Pegelsensor selber bauen und damit Dinge wie Schallgeschwindigkeit, Kalibrierung, Photovoltaik und Digitalisierung anschaulich zu machen und zu verknüpfen?

Wie das geht, zeigen Schulen im Landkreis St. Wendel und im Vulkaneifelkreis (mehr dazu unter dem Link in der Kurzinfo). Dort betreut die Hochwasserhilfe des Deutschen Roten Kreuzes das Projekt mit den Jugendlichen. Durch die regelmäßige Überwachung des Pegels können die Teammitglieder nebenbei ein tieferes ökologisches Verständnis für die Bedeutung von gesunden Gewässern und deren Schutz entwickeln.

Falls Sie selbst so eine Initiative starten, noch ein wichtiger Hinweis: Bei der Montage eines Sensors ist unbedingt die Sicherheit der beteiligten Jugendlichen und der Schutz des Gewässers zu beachten, falls man das Ufer betritt oder auf einer Brücke arbeitet.

### Einfach Machen – wir bauen den Pegelsensor

Grundlage unseres Systems bildet die bereits bewährte Plattform der *IoT<sup>2</sup>-Werkstatt* – wer regelmäßig die Make liest, kennt sie bereits von unserem Solartisch der CO<sub>2</sub>-Ampel. Dank deren grafischer Programmierumgebung können auch Programmieranfänger ihre eigenen Ideen fast



7 Die Citizen Science Box (rechts) bringt Projekte aus dem Klassenzimmer oder Labor ins Feld: einfach den LoRaWAN Wing auf- und den Sensor anstecken; Strom kommt auf der Solarzelle (nicht im Bild).

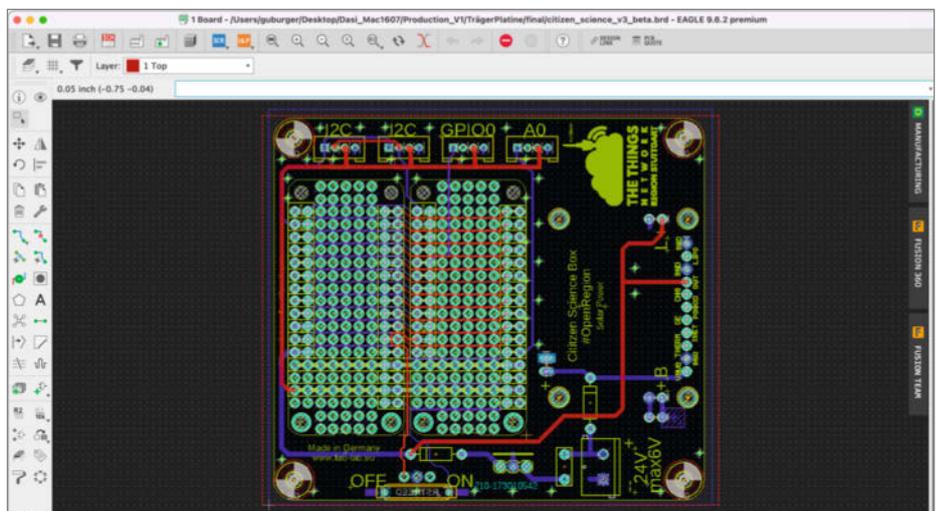
spielerisch einfach realisieren, frei nach dem Motto: „Wer kochen und puzzeln kann, der kann auch einen Pegelsensor selber bauen.“

Damit steht der ESP8266 als Mikrocontroller-Plattform fest, auch wenn das einige Klimzüge erforderlich macht, um den Energieverbrauch des Gesamtsystems so weit zu reduzieren, dass eine Versorgung über Photovoltaik möglich ist (mehr zu diesem Aspekt steht auch in Make 4/22, siehe Artikelliste in der Kurzinfo). Anders als in unseren vorhergehenden Projekten verwenden wir diesmal nicht den *IoT-Octopus* als Board, sondern greifen auf ein *Feather Huzzah* von *Adafruit* zurück, das kompatibel zum *IoT-Octopus* ist.

Die Kommunikation mit Funknetz und Ultraschallsensor übernimmt ein selbst entwickeltes LoRaWAN-Modul mit Antenne. Das WLAN-Interface des ESP8266 wird dabei deaktiviert, um Strom zu sparen. Die Energieversorgung stellt ein bewährter Laderegler mit PV-Modul und Lithium-Akku sicher. All diese



8 Die fertige Box mit Solarzelle an der Front draußen montiert, der Metallwinkel bildet ein kleines Schutzdach.



9 Die Trägerplatine mit zwei Feather-Steckplätzen, Solarlader, Reed-Kontakt und Grove-Steckanschlüssen. Ein Schalter kann die Box deaktivieren (zum Beispiel für den Transport).

Komponenten werden auf eine selbst entwickelte Trägerplatine gesteckt und schließlich in einem wettergeschützten (IP65) Gehäuse untergebracht **7** **8** **9**. Mit dieser Ausstattung

eignet sich die Citizen Science Box nicht nur zur Pegelmessung. Auch andere Messaufgaben im Feld (Bodenfeuchte, Feinstaub, Niederschlag und ähnliches) sind denkbar...

Achtung: Die Erwärmung durch die Sonne im Sommer kann ein Problem für eine Pegelmessstation sein, insbesondere für die Solarzelle und die Lithium-Batterie, die die Station mit Strom versorgen. Wenn die Solarzelle zu hohen Temperaturen ausgesetzt wird, kann dies ihre Leistung beeinträchtigen und die Ladeleistung der Batterie reduzieren. Aber auch Minusgrade sind ein Problem. Daher ist es wichtig, einen Temperaturfühler (NTC 10K) am Akku anzubringen, um den Ladestrom bei Frost und großer Hitze zu reduzieren (auf Bild **7** fehlt der allerdings noch).

## Andere Bauformen

Die Citizen Science Box passt natürlich auch in andere Behausungen. Will man etwa vermeiden, dass die Technik und Funktion sofort auffällt, hilft Tarnung – etwa in einem Vogelhäuschen. Die Box wird dann im Inneren mit vier (Edelstahl-) Schrauben befestigt; aufs Dach passt ein 6W-Solarpanel. Hier ist dann auch genügend Platz für einen 4Ah-Akku.

Die ganze Hardware (ohne Solarregler, aber mit einer Li-SOCI2-Batterie) passt alternativ in ein 3D-gedrucktes Rohr, das eine passende Antenne und den Sensor direkt im Gehäuse aufnimmt. Wer nicht selber drucken kann oder will, findet auch passende fertige PVC-Rohre.



Ein Vogelhäuschen versteckt bei Bedarf die Citizen Science Box.



Wenn man den Solarregler nicht braucht, ist auch ein kompaktes Sandwich-Design möglich: ESP8266 und LoRaWAN Wing, direkt mit dem Ultraschallhorn verbunden, ideal für die rechts gezeigte Rohr-Variante.



Bei der Rohr-Bauvariante sieht man die Druckausgleichsschraube in der Mitte. Das 3D-gedruckte Gehäuse wird einfach zusammengesteckt und enthält alle notwendigen Gewinde, als Batterie kommt eine Li-SOCI2-Zelle zum Einsatz.

### Das Sensor-Wing

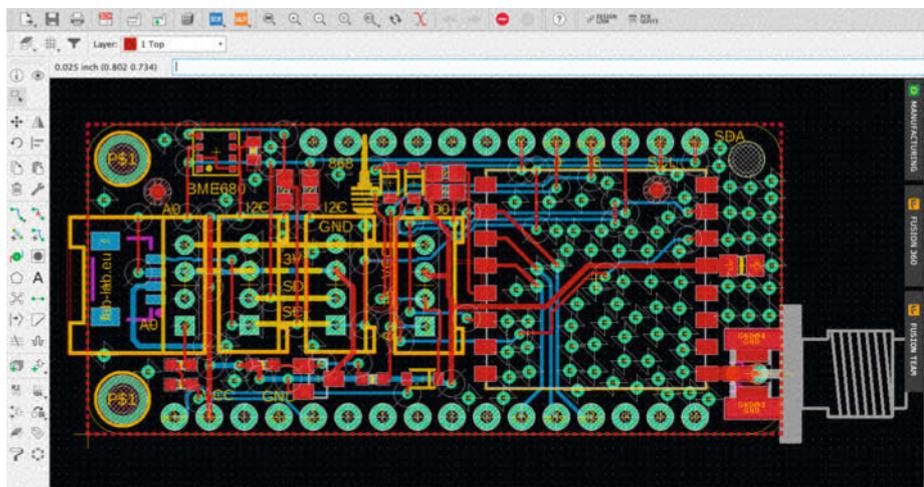
Herzstück der Box ist das *Wing* (so heißen in Adafruits-Feather-Board-Kosmos die Aufsteckplatinen) zur Kommunikation mit Internet und Sensoren **10**. Für Ersteres nutzen wir mit dem *RFM95C* ein bewährtes LoRaWAN-Funkmodul. Für Letzteres greifen wir per I<sup>2</sup>C auf die Daten des integrierten Umweltsensors *BME680* zu. Damit kennen wir später die Parameter Temperatur (wegen Überhitzung) und Luftfeuchte (für Wasserschäden) in der Box.

Wie schon erwähnt, verfügt der ausgewählte Ultraschallsensor über ein analoges und ein serielles Interface, wobei unsere erste Versuche mit dem Analoganschluss aufgrund der notwendigen individuellen Kalibrierung und der Temperaturabhängigkeit des ADC nicht überzeugten. Deshalb fiel die Wahl auf die serielle Kommunikation gemäß RS232 mit 9600 Baud und einem Signalpegel von 3,3V.

Gemäß Datenblatt liefert der Sensor ein R gefolgt von vier Ziffern für den Messwert in Millimetern, sodass eine Kalibrierung entfällt. Aufgrund der langsamen Übertragung können wir ESP-seitig auf eine Softwareimplementierung der seriellen Schnittstelle zurückgreifen. Zur Kommunikation nutzen wir GPIO5, wohl wissend, dass dieser Pin auch für die I<sup>2</sup>C-Kommunikation mit anderen Sensoren benötigt wird. Aufgrund begrenzter Ressourcen des ESP8266 bleibt aber keine andere Möglichkeit – deshalb müssen die Messwerte des ebenfalls über I<sup>2</sup>C kommunizierenden BME680 auch vor dem Ultraschallsensor ausgelesen werden.

Der Energiebedarf des Sensors ist mit über 2mA normalerweise viel zu groß für den vorgesehenen Einsatz einer solaren Versorgung. Deshalb befindet sich auf dem Wing ein MOSFET (P-Ch), welcher über GPIO0 den Ultraschallsensor im *deep sleep* stromlos schaltet. (Mehr zu den Stromsparmodi bei ESP-Mikrocontrollern steht übrigens in Make 3/21, S. 84)

Leider reicht eine kurze Aktivierung vor der Messung nicht aus, um die interne Temperaturkompensation zu aktivieren. Aus diesem Grunde schalten wir den Sensor schon 10 Sekunden vor der eigentlichen Messung an. Damit sich die Energieeffizienz nicht durch den ESP8266 mit seinen 80mA zu sehr ver-



**10** Das LoRaWAN Wing: Der MOSFET (P-Ch) stellt sicher, dass der Sensor im Modus „deep sleep“ ausgeschaltet wird. Maximale Belastung 300mA, BME680-Sensor erfasst Wetterdaten. Achtung: Der Spannungsteiler darf nicht bestückt sein, sonst funktioniert der VCC-Block nicht!

schlechtert, wartet dieser im Modus *light sleep* (4mA, mit Sensor dann 6mA).

Sieht der Sensor kein Echo, weil etwa der Schallimpuls von einem weichen Objekt auf der Wasseroberfläche nicht reflektiert wird, so antwortet er mit dem maximalen Messbereich. Je nach Sensortyp sind das 5000 oder 9999mm. In diesem Fall wiederholen wir einfach die Messung. Aufgrund der grafischen Oberfläche mit dem Puzzleteil 11 erkennt man das komplexe Wechselspiel im Hintergrund noch nicht mal beim Blick auf die grafische Darstellung des Programms 12.

### Die Kommunikation – LoRaWAN

Dank der Infrastruktur von *TheThingsNetwork* (TTN) können wir zur IoT-Kommunikation auf eine bewährte Plattform zurückgreifen. Innerhalb der IoT<sup>2</sup>-Werkstatt finden sich zwei umfangreiche Puzzleteile (*abp, otaa*), hinter denen letztlich die LMIC-Bibliothek arbeitet. Mit der Umstellung auf den TTN-V3 Stack haben wir die Bibliothek mit dem RTC-RAM des ESP8266 verknüpft. In diesem Speicher überlebt der LoRa-Kommunikationszustand auch den Reset nach dem Aufwachen aus dem *deep-sleep* 13. Nur so ist eine energieeffiziente Nutzung möglich.

Die Messwerte werden als 24-Bit-Ganzzahl (Fixpunkt mit drei Nachkommastellen) übertragen. Der Upload-Decoder macht daraus im TTN wieder Fließkommazahlen 14.

TTN bietet neben der Messwertverarbeitung im Uplink auch die Möglichkeit, mit einem Downlink verschiedene Parameter in unserer Citizen Science Box aus der Distanz zu verändern. Ein solcher Parameter ist die Zykluszeit (*cycle*), das heißt, die Dauer zwischen zwei Messungen, während der unser Pegel im Tiefschlaf verbleibt. Aus Energiespargründen wollen wir im Normalfall viertelstündlich messen und bei Hochwassergefahr auf ein fünfminütiges Intervall umschalten.

Hier können wir im Web-Interface von TTN einen Downlink auf Port 2 für unser Gerät einplanen 15.

Bei der nächsten regulären Übertragung werden die Daten im RX-Slot an die Box geschickt, dort per *Callback*-Blöckchen ausgewertet und gespeichert 16.

Nun hat der Tiefschlaf beim ESP8266 die unschöne Eigenschaft, alle Speicherinhalte zu vergessen. Das System wacht daraus praktisch wie nach einem Reset ohne Gedächtnis auf. Um Daten über diesen Reset zu retten, nutzen wir zwei Speicher: Das RTC-RAM enthält wie erwähnt den kompletten Zustand der LoRaWAN-Kommunikation – so bleiben alle vom Gateway gesetzten Parameter erhalten.

Daneben gibt es noch das EEPROM als weitere Speichermöglichkeit. Innerhalb der IoT<sup>2</sup>-Werkstatt bilden wir diesen nichtflüchtigen



11 Hinter diesem Puzzleteil für den Maxbotix-Sensor verbirgt sich ein komplexes Protokoll.

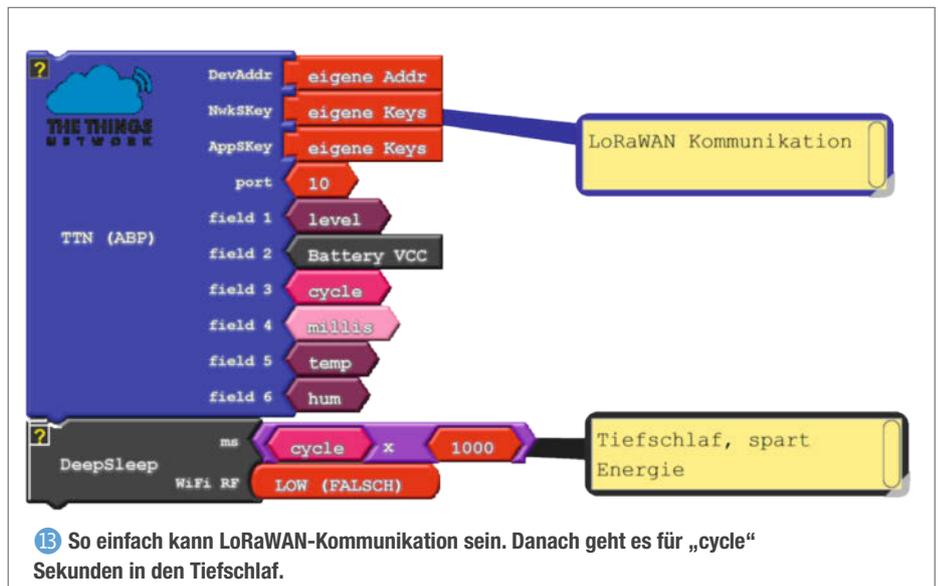
Speicher in Form eines Datenfeldes mit verschiedenen Slots ab. Slot 2 reservieren wir für unsere Zykluszeit. Damit das System nach einem Reset weiß, dass sich in Slot 2 gültige Daten des Pegelsensors befinden, nutzen wir Slot 0 als Identifikations-Tag. Nur wenn in Slot 0 das magische Wort 4711 steht, sind die Zyklusdaten gültig. Beim Speichern der Slots im

EEPROM wird gleichzeitig eine Prüfsumme (CRC-Check) berechnet, die beim erneuten Laden die Konsistenz der Daten sicherstellt. Diese Sicherungsmechanismen sind für den Anwender nicht sichtbar in den Puzzleteilen verankert 17.

Damit ist der Code für den Pegelmesser komplett 18.



12 Programmteil zur Ermittlung der Sensorwerte mit Umrechnung des Pegels von Millimetern auf Zentimeter



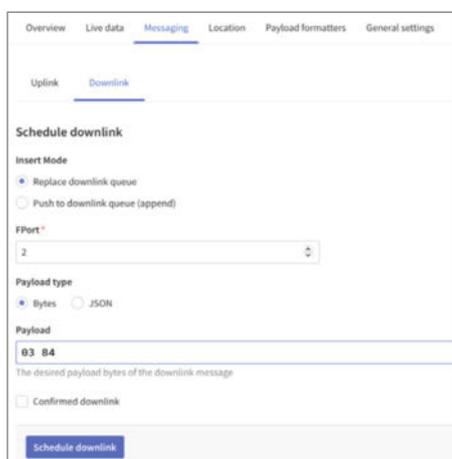
13 So einfach kann LoRaWAN-Kommunikation sein. Danach geht es für „cycle“ Sekunden in den Tiefschlaf.

## 14 Upload-Decoder

```
function Decoder(bytes, port) {
  var decoded = {};
  decoded.port = port;
  //if (port === 10) { // Port selection
  decoded.level = (bytes[0] << 16 | bytes[1]<<8 | bytes[2] | (bytes[0] & 0x80 ? 0xFF<<24 : 0))/1000;
  decoded.VCC = (bytes[3] << 16 | bytes[4]<<8 | bytes[5] | (bytes[3] & 0x80 ? 0xFF<<24 : 0))/1000;
  decoded.cycle = (bytes[6] << 16 | bytes[7]<<8 | bytes[8] | (bytes[6] & 0x80 ? 0xFF<<24 : 0))/1000;
  decoded.ontime = (bytes[9] << 16 | bytes[10]<<8 | bytes[11] | (bytes[9] & 0x80 ? 0xFF<<24 : 0))/1000;
  decoded.temp = (bytes[12] << 16 | bytes[13]<<8 | bytes[14] | (bytes[12] & 0x80 ? 0xFF<<24 : 0))/1000;
  decoded.hum = (bytes[15] << 16 | bytes[16]<<8 | bytes[17] | (bytes[15] & 0x80 ? 0xFF<<24 : 0))/1000;

  // Thingspeak itegration
  decoded.field1 = decoded.level;
  decoded.field2 = decoded.VCC;
  decoded.field3 = decoded.cycle;
  decoded.field4 = decoded.ontime;
  decoded.field5 = decoded.temp;
  decoded.field6 = decoded.hum;

  return decoded;
}
```



15 Als Payload des Downlink gibt man das gewünschte Messintervall an: Hex 0384 = 900s für ein viertelstündiges Intervall oder Hex 012C für 5 Minuten.

## Unsere Energieversorgung – die Sonne

Nachdem das Programm entwickelt ist, kümmern wir uns um die Energieversorgung. Wie dimensionieren wir den Akku und das Solarpanel?

Die Berechnungsgrundlage bildet eine Ermittlung des Energiebedarfs für einen vollständigen Messzyklus. Hierzu betrachten wir den dynamischen Verlauf der Stromaufnahme des kompletten Systems am Oszilloskop und sehen, dass der eigentliche Messzyklus etwa 13 Sekunden benötigt. Wir starten mit einem relativ hohen Peak (200mA für ca. 0,3s) bei der Auswertung der im RTC-RAM und EEPROM gespeicherten Informationen 19. Anschließend sehen wir die Aufwärmzeit für den Maxbotix-Sensor 20, gefolgt von Messung (6mA für 11s) 21 und der LoRaWAN-Kommu-

nikation (80mA, 2s) 22. Der Tiefschlafbedarf beträgt etwa 0,6mA 23.

Die obige Messung gilt nur für ein RX-Window im TTN von 1s. Beim Default-Wert von 5s verlängert sich die LoRa-Zeit leider entsprechend um ein paar Sekunden. Überschlagen wir den Strombedarf:

$200\text{mA} \cdot 0,3\text{s} + 6\text{mA} \cdot 11\text{s} + 80\text{mA} \cdot 2\text{s} = 286\text{mAs}$  für jede Messung. Mit 4 Messungen pro Stunde sind das

$$(286 \text{ mAs} \cdot 4 \cdot 24) / 3600 = 7,6 \text{ mAh/Tag.}$$

Dazu kommt der Tiefschlaf mit  $0,6\text{mA} \cdot 24\text{h}$  und damit insgesamt  $22 \text{ mAh/Tag}$ . Ein Akku mit  $2200\text{mAh}$  Kapazität sollte also fast 100 Tage Dunkelflaute überbrücken.

Zur Dimensionierung des Photovoltaik-Moduls betrachten wir den Energiebedarf pro Monat. Das wären bei unserer Überlegung



16 Das Callback-Blöckchen wird aufgerufen, wenn Downlink-Daten eintreffen und analysiert den Payload. Hier die mögliche Zykluszeit zwischen 30 und 3600 Sekunden

22 mAh · 30 Tage = 660mAh bei 3,6 V  
und damit ca. 2,5 Wh/Monat.

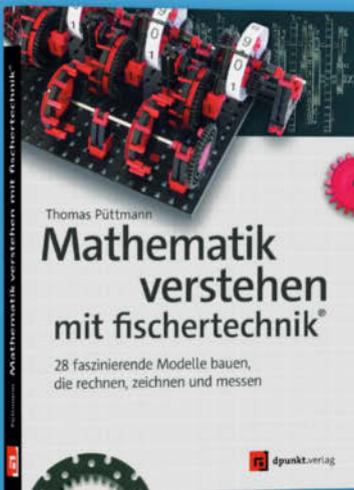
Die Auslegung des Solarmoduls richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Hier gibt es im Internet entsprechende Tools, um die erwartbare Leistung der solaren Einstrahlung zu simulieren (siehe Links in der Kurzinfo). Wir nutzen zur Abschätzung ein Panel mit 1Wp mit einem Neigungswinkel von 0, sprich: flach auf dem Gehäusedeckel. Für die kritischen Monate Dezember und Januar lautet die Prognose, dass man mit etwa 20Wh pro Monat rechnen kann. Wir haben also etwas Sicherheit in der Auslegung.

### Datenauswertung und Anzeige

Unsere Messdaten kommen nun im TTN an, werden dort aber nicht über längere Zeit gespeichert – wir müssen sie also noch an eine Datenbank senden. Hierzu nutzen wir *ThingSpeak*.

In der TTN-Konsole findet man die Daten unter *Live Data*. Ein Beispiel zeigt der Kasten 24.

17 Dieser Block wird im Setup des Programms ausgeführt und checkt die Daten aus dem EEPROM. Gleichzeitig gibt es eine Sicherung, die bei nachlassender Akkuspannung auf die größtmögliche Zykluszeit umschaltet. So überlebt die Box auch längere Dunkelphasen.



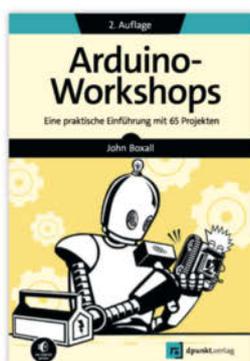
## Mathematik spielend begreifen

Mit fischertechnik Spaß an Mathematik haben: Dieses Buch lädt mit 28 Modellen zu einer Reise durch die Welt der Mathematik ein. Durch die zählenden, rechnenden, zeichnenden und messenden Apparate lernst du mathematische Kernkonzepte aus einer neuen, faszinierenden Perspektive kennen. Thematisch spannt das Buch einen weiten Bogen durch die Schulmathematik und darüber hinaus – für Schüler, Lehrer, Hobbyisten, Enthusiasten und jeden, der Mathematik mag.

2023 · 494 Seiten · 34,90 €  
ISBN 978-3-86490-936-8



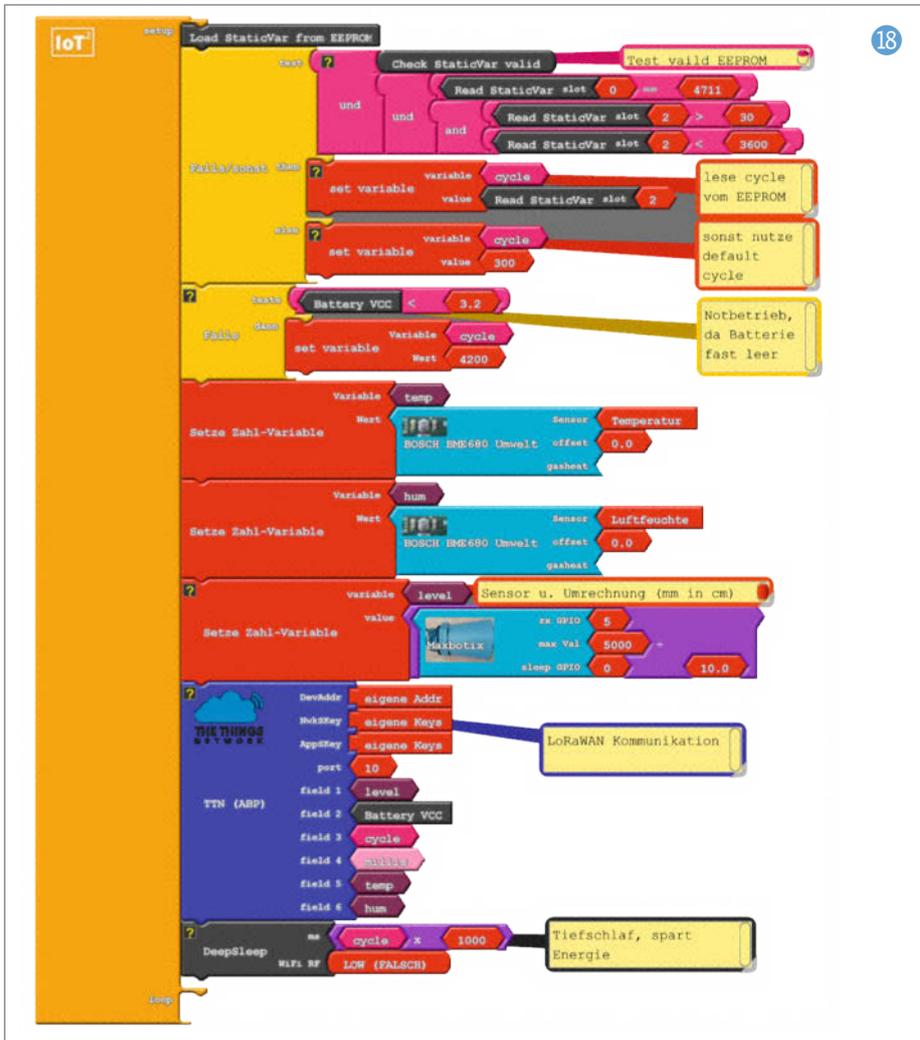
4. Auflage  
2023 · 236 Seiten · 24,90 €  
ISBN 978-3-86490-914-6



2. Auflage  
2023 · 236 Seiten · 24,90 €  
ISBN 978-3-86490-914-6



3. Auflage  
2022 · 366 Seiten · 36,90 €  
ISBN 978-3-86490-867-3



18

Damit die Daten in die *ThingsSpeak Cloud* übertragen werden können, müssen wir dort einen *Channel* anlegen [25](#). Die *Channel ID* und den *Write API Key* nutzen wir, um in der TTN-Konsole unter der Applikation eine *Integration* hinzuzufügen [26](#).

Dann erscheinen schon die ersten Messwerte [27](#) [28](#). Wer die Geoposition der Meßstation [29](#) und ein Anzeige-Widget [30](#) hinzufügen will, kann das ebenfalls tun und das virtuelle Instrument detailliert konfigurieren [31](#).

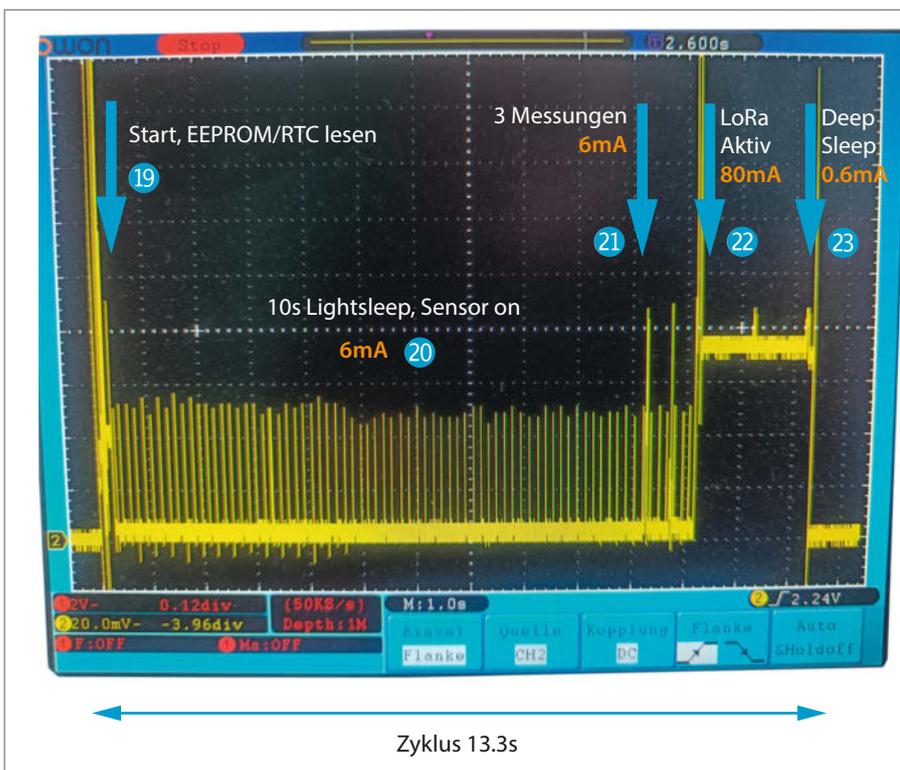
Fertig! Wir haben einen Pegelsensor, der die Daten erfasst und über TTN sehr energie-sparend überträgt. Die Auswertung kann nun auf unterschiedlichen Plattformen erfolgen, zum Beispiel wie gezeigt per *Integration* in ThingSpeak.

### In der Praxis

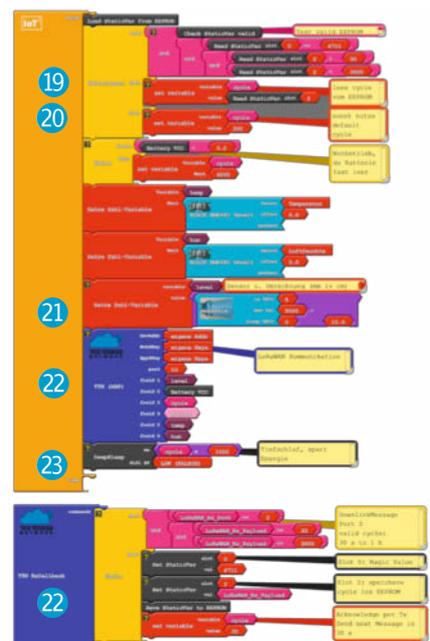
Zur Visualisierung und Analyse verwenden wir außerdem eine *InfluxDB* und *Grafana* [32](#). Die Daten werden aus dem TTN per MQTT abgeholt und lokal z. B. auf einem Raspberry Pi 400 gespeichert. Es empfiehlt sich, die Messdaten mit einem Mittelwert (`mean()`) über eine Stunde zu glätten. Wie das dann aussieht, kann man sich online anschauen: Über den Link in der Kurzinfo sind die Daten des von uns gemeinsam mit dem DRK Vulkaneifel installierten Pegels an der Kyll abzurufen.

### Ausblick

Nach der CO<sub>2</sub>-Ampel und dem Solartisch samt intelligenten Steckdosen ist dies jetzt unser drittes Projekt mit Bezug zu aktuellen gesell-



Zyklus 13.3s



Messzyklus am Oszilloskop

schaftlichen Themen. Allen gemeinsam ist der direkte Bezug zu MINT-Fächern in der Schule, was die Möglichkeit eröffnet, auch im Unterricht selbst aktiv zu werden. Gerade jetzt, in Zeiten von *ChatGPT* und der Diskussion um die Zukunft unserer Wissensgesellschaft wird die Förderung von Kreativität und Making immer wichtiger. Bei beiden haben wir Menschen der Maschine noch viel voraus.

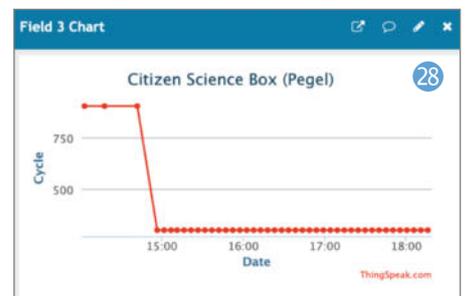
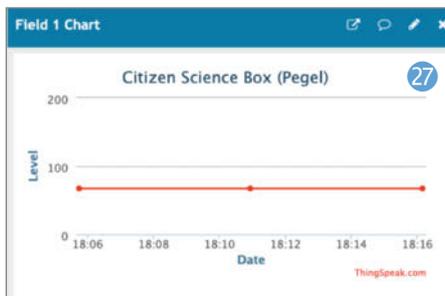
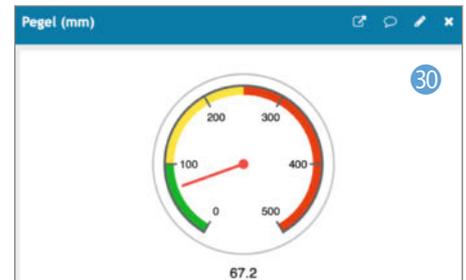
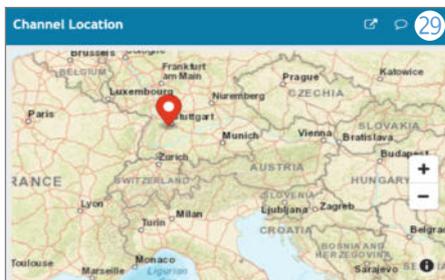
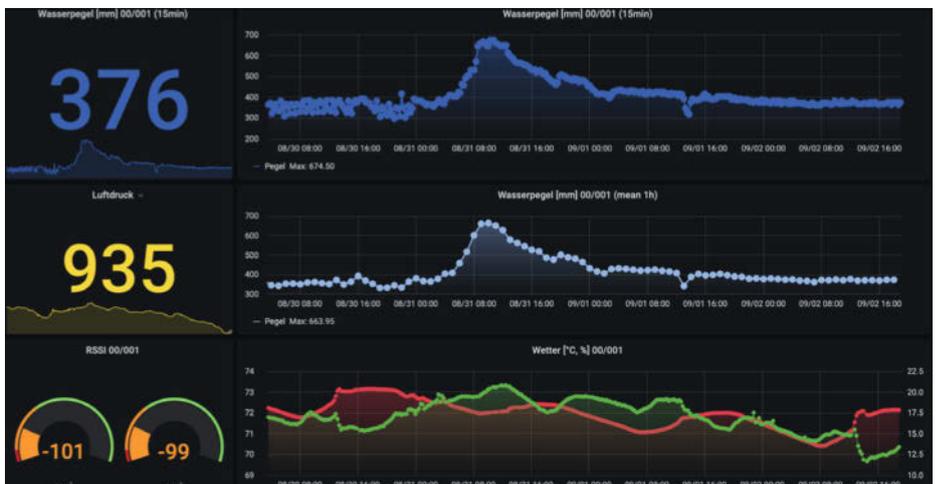
Mit unserem universellen grafischen Programmierwerkzeug IoT<sup>2</sup>-Werkstatt haben wir inzwischen sechs Jahre Erfahrung gesammelt und die in einem kostenlosen Büchlein dokumentiert (siehe Link in der Kurzinfo). Damit möchten wir vor allem Schulen und Makern Mut machen, die Dinge selbst in die Hand zu nehmen.

In diesem Sinne: Baut mit, lasst uns ein Bürger-Pegel-Netzwerk aufbauen! Eine Bauanleitung Schritt für Schritt für die Citizen Science Box gibt es online. Meldet euch aber auch gerne bei uns, wenn ihr Interesse habt, einen Pegelsensor zu bauen oder als Schule ein Bach zu überwachen – wir wollen alle Messknoten in eine Karte zusammenführen. Schreibt einfach eine Mail an [mail@make-magazin.de](mailto:mail@make-magazin.de) oder meldet euch im eigens eingerichteten Make-Themenforum zum Thema Citizen Science – zu erreichen über den Link in der Kurzinfo. —pek

## 24 Live Data

```

"decoded_payload": {
  "VCC": 2.923,
  "cycle": 900,
  "field1": 80.3,
  "field2": 2.923,
  "field3": 900,
  "field4": 2266,
  "field5": 23.37,
  "field6": 43.16,
  "hum": 43.16,
  "level": 80.3,
  "ontime": 2266,
  "port": 10,
  "temp": 23.37
}
    
```

32 Rohmessdaten in Grafana und dann mit einem Mittelwert über eine Stunde geglättet. Der Sensor BME680 liefert Wetterdaten, außerdem wird der RSSI (ein Indikator für die Empfangstärke) der Citizen Science Box in Bezug auf zwei LoRaWAN-Gateways überwacht.

# Klickklack: Anstecktastatur für Smartphones

Gründe für eine mechanische Tastatur fürs Telefon gibt es viele: Sei es die Gewohnheit, der Wunsch nach haptischem Feedback oder schlicht der Wunsch, mit Handschuhen tippen zu wollen. Das Projekt Fairberry schafft Abhilfe in Form einer DIY-Anstecktastatur.

von David Krywult



Als Fan von Smartphones mit physischer Tastatur hat man es heutzutage nicht leicht. Alle großen Hersteller haben diese Kategorie vor langer Zeit aufgegeben und so bleiben nur wenige kleinere Hersteller als Option übrig, die oft veraltete Geräte mit schlechter Hardware und mangelhafter Software-Unterstützung für Premiumpreise verkaufen.

Als Alternative dazu habe ich das *Fairberry-Tastatur-Attachment* entwickelt. Es ermöglicht, die Tastatur eines *BlackBerry Q10* per USB an beliebige Smartphones anzuschließen.

Um die Tastatur mit dem Smartphone zu verbinden, wird ein eigens von mir designtes Arduino-kompatibles Board (basierend auf dem ATmega32u4) verwendet, welches die Tastaturmatrix ausliest und sich dem Handy gegenüber als normale USB-Tastatur präsentiert.

Dieses Board kostet ungefähr so viel wie ein normaler Arduino und man kann es direkt von *JLCPCB* fertigen und zusammenlöten lassen. Leider hat *JLCPCB* den Anschluss für die Tastatur nicht im Repertoire. Dieser muss also von ruhiger Hand angelötet werden, genauso wie der USB-Stecker, welcher über dünnen Kupferdraht mit der Platine verbunden wird.

Ist das Löten erledigt, wird der Arduino-Bootlader z. B. per USBAsp (Atmel Programmer) über die ISP-Schnittstelle (Pads auf der Platine) auf den ATmega32u4 gespielt. Danach hält sich das Board für einen *Arduino Leonardo* und kann per USB programmiert werden. Der passende Arduino-Sketch findet sich im unten verlinkten GitHub-Repository.

Für das *Fairphone 4* gibt es schon ein fertig designtes Gehäuse. Möchte man die Tastatur mit einem anderen Gerät verwenden, kann das *OpenSCAD-Generator-Skript* aus dem Repository verwendet werden, welches mit den Dimensionen des Smartphones gefüttert wird und die passenden 3D-Druck-Teile generiert.

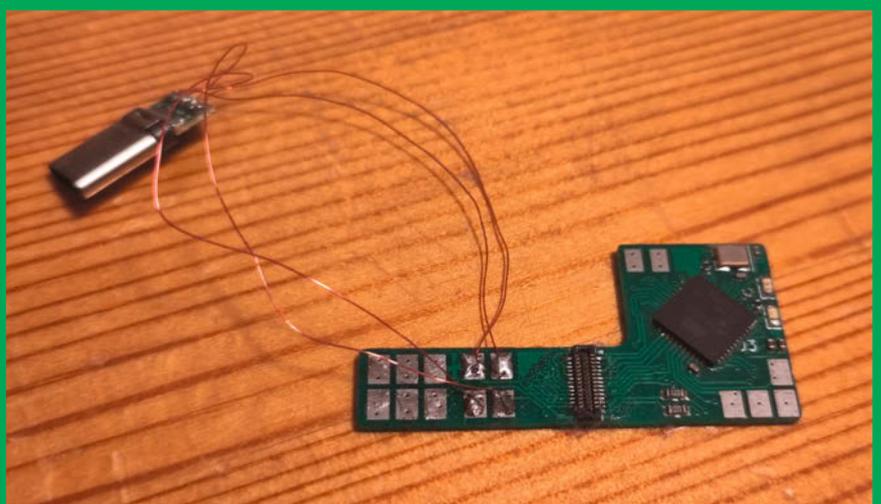
Jetzt wird das Mainboard an der Tastatur befestigt. Dazu muss der Flex-PCB sehr vorsichtig in eine S-Kurve gebogen und der Biegeradius mit etwas *Patafix* (wieder ablösbare Klebepads, Klebeknete, *Blu-Tack*) gesichert werden. Das Flex-PCB ist sehr fragil und kann leicht reißen oder brechen! Dann wird das Mainboard auf das Flex-PCB gelegt und mit *Patafix* an der Tastatur befestigt. Als Letztes wird das Flex-PCB um das Mainboard gebogen und in den Konnektor gesteckt.

Die USB-Buchse wird zwischen der gedruckten Fassung und dem Gehäuse eingeklemmt und mit M3-Schrauben befestigt. Die Tastatur wird jetzt in das Gehäuse eingeclickt. Etwas *Patafix* hilft, sie in Position zu halten.

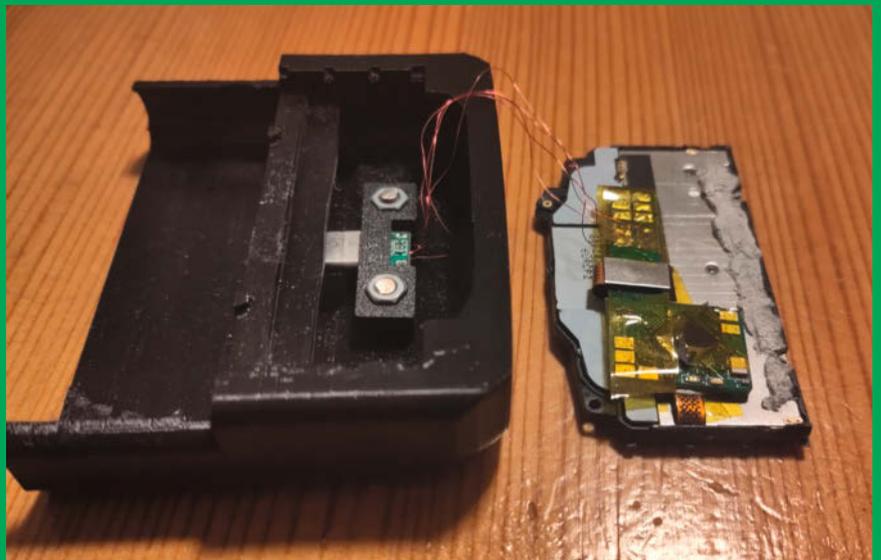
Damit ist die *Fairberry-Tastatur* fertig und kann ohne Softwareveränderungen verwendet werden. Eine detaillierte Bauanleitung findet sich auf meinem GitHub unter dem unten angegebenen Link.

—caw

► [github.com/Dakkaron/Fairberry](https://github.com/Dakkaron/Fairberry)



Den Tastatur-Konnektor sowie den USB-Port muss man von Hand am Mainboard anlöten.



Das Mainboard wird auf die Rückseite der Tastatur geklebt und der USB-Port mit dem Gehäuse verschraubt.



Die fertige Tastatur lässt sich einfach an- und abstecken, wenn der USB-Port des Smartphones für etwas anderes benötigt wird.

# Smartpusher: Tasten für das smarte Haus

Auch in diesem Projekt geht es darum, neben den allgegenwärtigen Touchscreens und Sprachassistenten wieder etwas mit einer angenehmen und robusten Haptik zum Steuern von Geräten verwenden zu können.

von Stephan Mühl



www.rootphotography

Sind Sie genervt von Sprachassistenten und Touchscreens? Der *Smartpusher* geht einen anderen Weg, um das eigene Smarthome-System wie *Homeassistant* oder *IOBroker* zu steuern. Ob es darum geht, das Licht an- und auszuschalten, die Thermostat-Einstellungen zu ändern oder die Musikwiedergabe zu steuern: Der *Smartpusher* ermöglicht es Ihnen, alles mit nur einem Tastendruck zu erledigen. Das Projekt ist komplett Open Source und lässt sich daher einfach nachbauen und modifizieren; alles ist in Quellcode, 3D-Druckdateien und Stücklisten gut dokumentiert.

Mit acht mechanischen und mehrfach belegbaren Tasten können Sie auf einfache Weise Ihr Smarthome von einem zentralen Platz aus steuern. Die 16mm-Edelstahl-Taster mit dem LED-Ring sehen nicht nur modern aus, sondern geben dem Benutzer auch ein schönes Feedback durch Haptik und Lichtsignale. Jeder Taster kann zwischen einfachem Klick, Doppelklick, Halten und dem Loslassen eines gehaltenen Tasters unterscheiden. Dieser letztere Modus ist etwas speziell und schließt die anderen Modi aus, ist aber etwa für die Rollladensteuerung gut geeignet: Solange man den Taster hält, fahren die Rollläden herauf oder herunter.

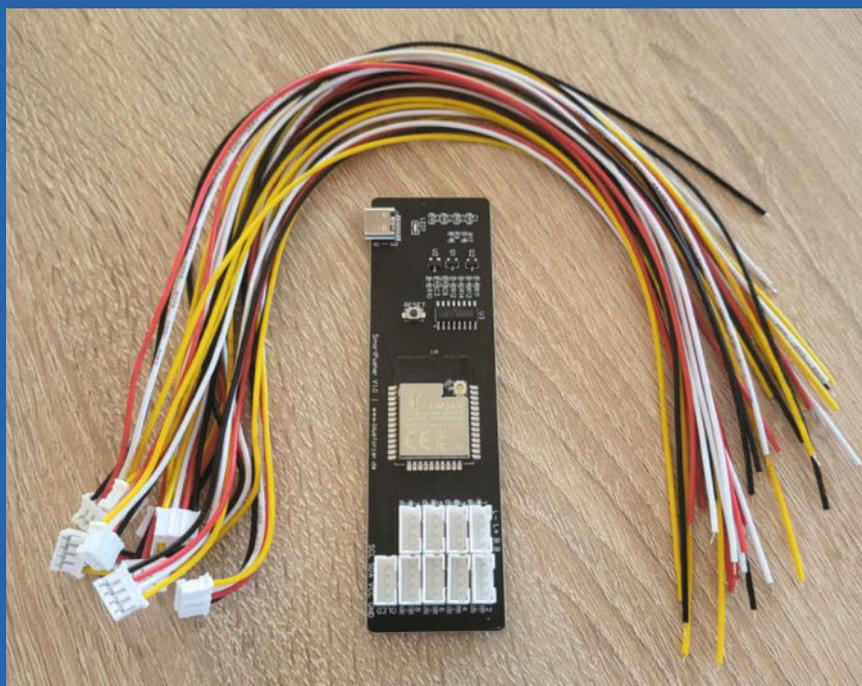
Die Eingaben werden dann schnell per WLAN an das Smarthome gesendet. Dabei kommuniziert der *Smartpusher* per WLAN mittels des *MQTT*-Protokolls mit allen möglichen Systemen und Geräten. Er lässt sich ebenso per *MQTT* steuern: So können z. B. die Taster-LEDs einzeln angesprochen werden, die Helligkeit geregelt sowie Texte und eigene Grafiken auf dem 0,96-Inch großen OLED-Display angezeigt werden.

Updates werden einfach über das integrierte Webinterface eingespielt oder direkt am Computer über die USB-C-Schnittstelle. Die USB-Buchse dient im Betrieb auch zur Stromversorgung. Für Updates der Firmware habe ich ein einfaches Online-Tool entwickelt, um den *Smartpusher* auf Knopfdruck zu updaten, ohne spezielle Tools auf dem Computer installieren zu müssen.

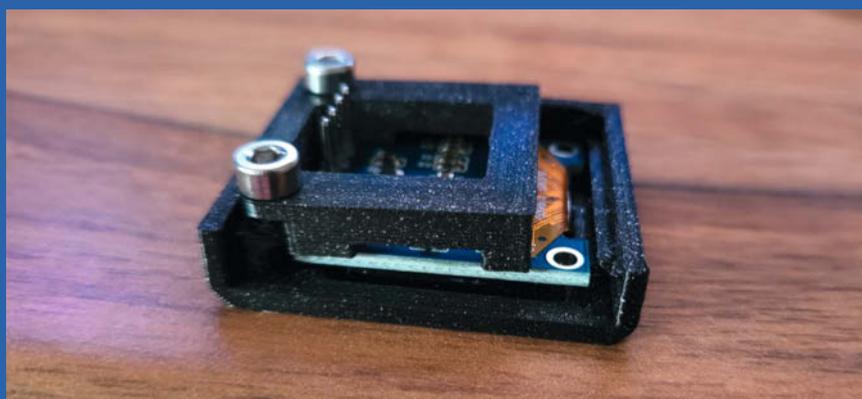
Das Gehäuse und die Displayhalterung lassen sich selbst auf einem 3D-Drucker mit kleinem Bauraum herstellen und sind aufgrund ihres einfachen Aufbaus auch für Anfänger geeignet. Der Zusammenbau ist mit normalen Lötkenntnissen leicht zu bewältigen, erfordert aber wegen der vielen Kabel und dem engen Bauraum etwas Geduld.

Möchte man die Platine selbst bestücken, sollten SMD-Löterfahrung vorhanden sein. Wer sich die Arbeit erleichtern möchte oder sich das SMD-Löten nicht zutraut, für den biete ich auch eine fertig bestückte Platine mit passenden Steckern an. So müssen nur noch die Taster und das OLED Display angelötet werden und der *Smartpusher* ist bereit zum Steuern der eigenen vier Wände. —caw

► [github.com/Blueforcer/SmartPusher/](https://github.com/Blueforcer/SmartPusher/)



Die fertige Platine mit Verbindern und vorkonfektionierten Kabeln



Verschiedene OLED-Displays können mittels des 3D-Druckteils sicher gehalten und perfekt ausgerichtet werden.

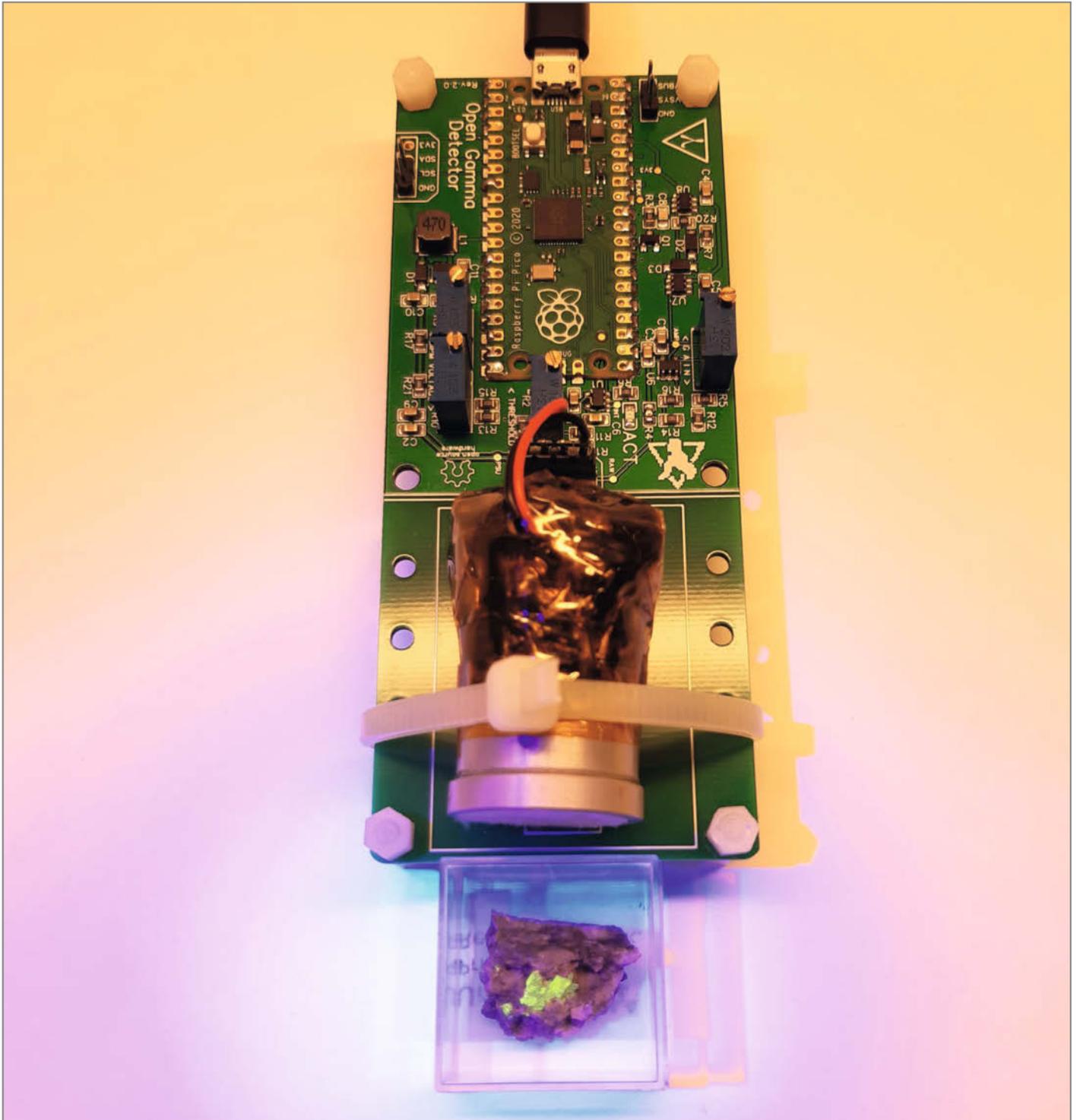


Durch die 32 Kabel geht es eng zu, mit etwas Kabelmanagement ist es aber ordentlich hinzubekommen.

# Open Gamma Detector

Radioaktive Strahlung nicht nur zu messen, sondern auch Probenbestimmungen durchzuführen, war lange Zeit teuren Profigeräten vorbehalten. Jetzt kann man sich ein solches Spektrometer mithilfe eines Raspberry Pi Pico günstig selbst bauen.

von Matthias Rosezky



Woran denkt man wohl als Erstes, wenn man das Wort *Gammastrahlung* hört? Vielleicht an *Geigerzähler* oder an die gesundheitlichen Risiken? Vermutlich aber nicht daran, dass man mit ihr auch die genaue Isotopen-Zusammensetzung einer radioaktiven Probe bestimmen kann, und zwar ganz ohne Berührung! Darunter fallen zum Beispiel natürliche Gesteine, Ionisations-Rauchmelder oder teilweise auch alte Keramik und die typisch grünen Urangläser.

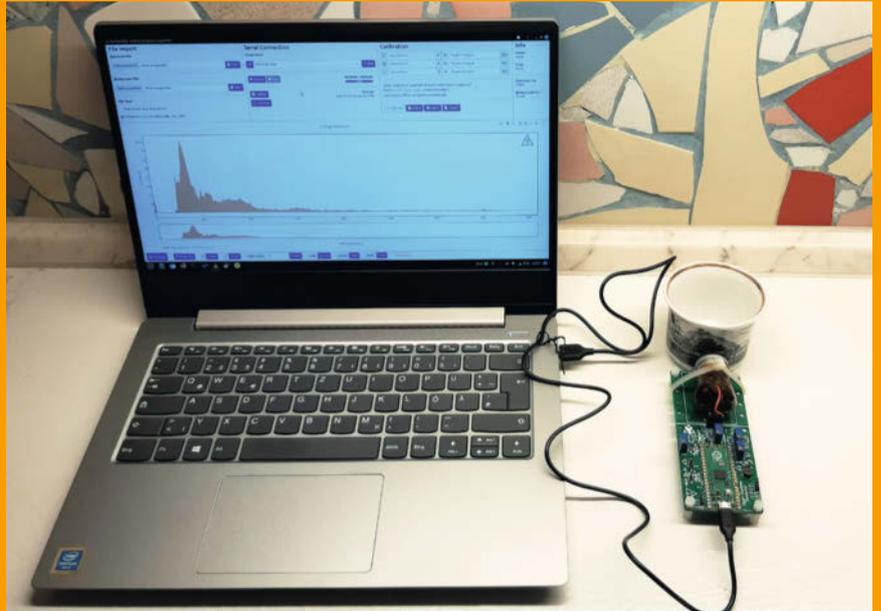
Das Prinzip ist einfach: Gammastrahlung tritt in einen Kristall ein, den sogenannten *Szintillator*, und wird dort absorbiert. Die Energie wird dann wieder als sichtbares Licht abgestrahlt und letztendlich von einem ultraempfindlichen *Silizium Photomultiplier* (kurz *SiPM*) in einen entsprechenden Strompuls umgewandelt. Dadurch spart man sich unbezahlbare und aufwendige Detektorsysteme, die zwar eine bessere Leistung haben, jedoch im Allgemeinen nicht mobil sind. SiPMs haben außerdem den Vorteil, dass sie im Gegensatz zu vergleichbaren, viel größeren Vakuumröhren, den *Photomultiplier Tubes (PMT)*, keine Hochspannung brauchen.

Das Herzstück des *Open Gamma Detectors* ist ein *Raspberry Pi Pico*. Er sitzt mit weiteren Elektronikkomponenten auf einer Platine, die eigens für diesen Zweck angefertigt wurde. Dort verarbeitet er nach einem Interrupt über einen seiner Analog-Digital-Wandler (ADC) die vom SiPM erzeugten, sehr kurzen Strompulse. Das kleine Kraftpaket bringt für diese Aufgabe ausreichend Leistung sowie massig Speicher zur Programmierung mit. Und dank des vorinstallierten Bootloaders lässt sich die Firmware mittels Drag & Drop kinderleicht vom PC aus installieren oder bei Bedarf in der Arduino IDE anpassen.

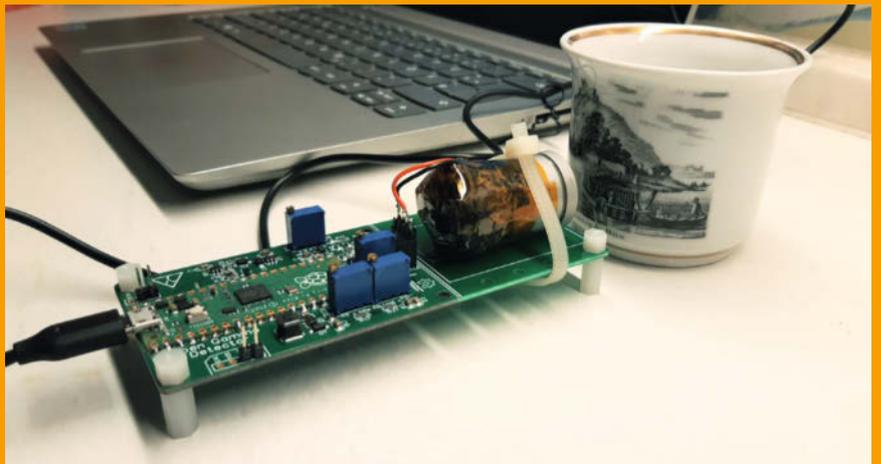
Um die Daten schließlich zu analysieren, gibt es eine passende Software: *Gamma MCA*. Sie ist Browser-basierend und muss daher nicht extra installiert werden, was sie mit den meisten Betriebssystemen kompatibel macht. Verbunden wird der Detektor mittels Micro-USB am Pico. Über eine serielle Verbindung werden dann alle Daten automatisch übertragen und in Echtzeit angezeigt.

Dieses Projekt richtet sich an fortgeschrittene Nutzer. Man sollte jedenfalls den richtigen Umgang mit Radioaktivität kennen und auch schon ein wenig Erfahrung mit dem Verlöten von SMD-Bauteilen mitbringen, wenn man alles selbst bauen möchte. Sämtliche Sämtliche Anleitungen und Programmcodes, die man zum Bauen und Experimentieren braucht, sind Open Source und sowohl auf *GitHub* als auch auf *Hackaday* zu finden. Mehr Informationen zu dem Projekt gibt es über den Link. —akf

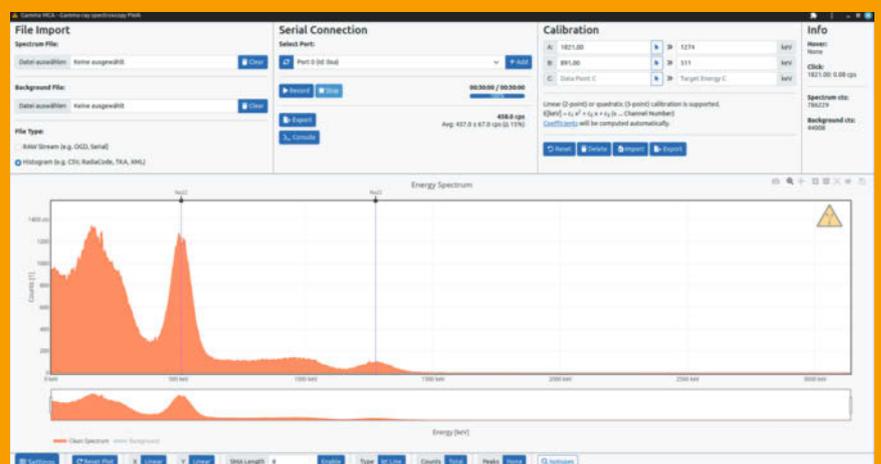
► [make-magazin.de/x4vz](https://make-magazin.de/x4vz)



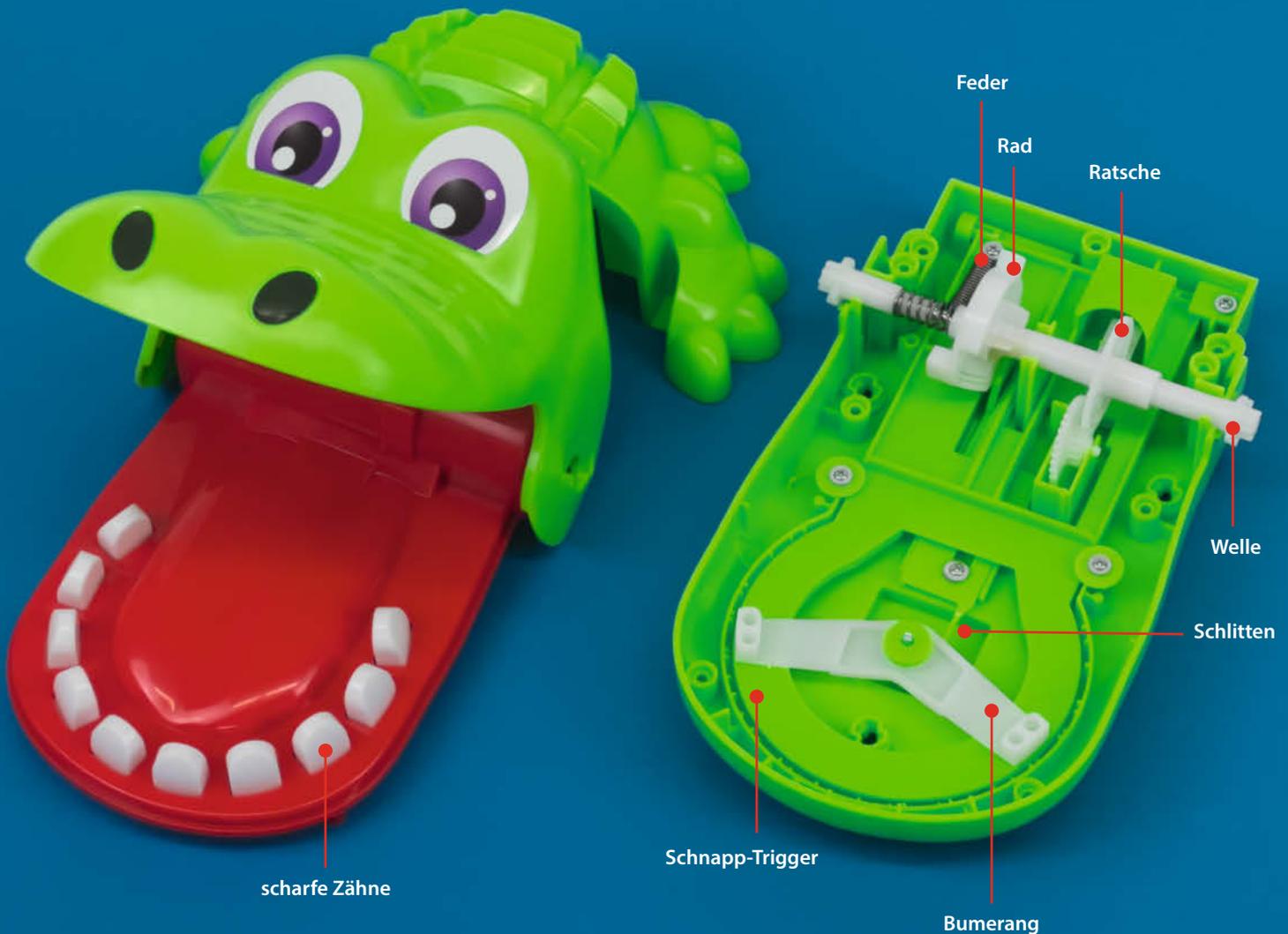
Typisches Setup für Messungen: Der Detektor ist per USB mit der Software Gamma MCA verbunden und zeigt alle Daten in Echtzeit an.



Die Farbe auf dieser Keramiktafel ist aus Pechblende (Uraninit) und enthält verschiedenste natürliche Radioisotope, unter anderem auch das bekannte Uran-238.



Gamma MCA zeigt hier das Spektrum einer künstlich hergestellten Natrium-22-Quelle mit einer durchschnittlichen Aktivität von rund 440 Counts per Second.



# Kroko Doc

Ist bei diesem Spiel alles nur Glück oder lässt sich der Zufall doch vorhersagen? Ein Blick ins Innere offenbart interessante Details.

von Ákos Fodor

Vermutlich wäre es zu hoch gegriffen, das Spielzeug *Kroko Doc* aus den 1990ern als verniedlichten Glücksspielautomaten zu bezeichnen. Dennoch habe ich mich als Kind oft gefragt, ob man das Krokodil, das einem auf die Finger beißen will, irgendwie überlisten oder das vermeintlich zufällige System bändigen könne. Als mir das Plastikreptil dann neulich bei Bekannten erneut über den Weg lief, wusste ich, dass es an der Zeit war, das

Geheimnis um den innenliegenden Mechanismus zu lüften. Also habe den aktuellen Kroko Doc bestellt und hineingeschaut.

Falls ihr noch nie von Kroko Doc gehört habt, erkläre ich kurz das Spielprinzip: Ihr müsst einem Krokodil bei seinen Zahnschmerzen helfen und drückt reihum abwechselnd je einen der 10 emporragenden Zähne herunter – in der Ursprungsversion musste man sie sogar ziehen. Je weniger Zähne übrig bleiben,

desto höher steigt die Spannung. Denn wenn jemand aus Versehen den faulen Zahn erwischt, schnappt das Maul gefährlich zu, wie im Lied des damaligen Werbeclips fröhlich gesungen wird (siehe Kurzinfo-Link). Dann ist die Runde vorbei und man hat, je nach ursprünglich festgelegtem Ziel, gewonnen oder verloren.

Die Mechanik, die den auslösenden Zahn beim Öffnen des Mauls jedes Mal an eine

andere Stelle versetzt, ist clever gelöst, man muss nur erstmal darauf kommen, etwas so zu konstruieren.

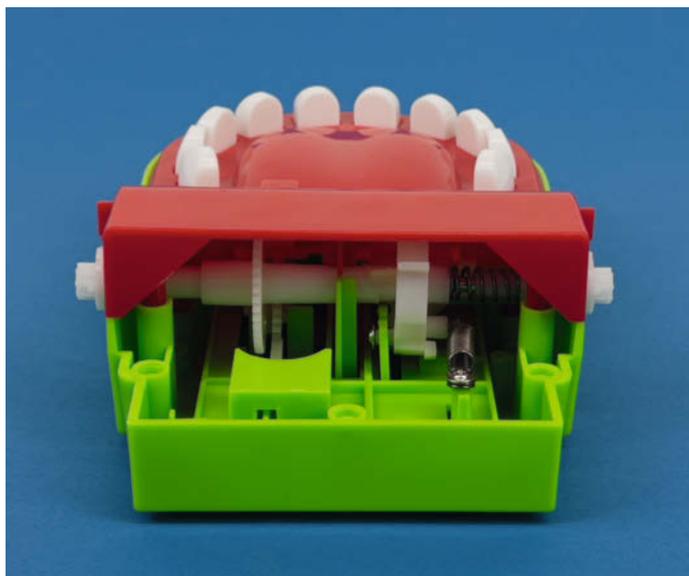
Der Oberkiefer, durch dessen Drehpunkt eine Welle läuft, dient als Spanner. Auf der Welle befinden sich ein komplex geformtes Rad, das den Mechanismus steuert, sowie ein Zahnrad, das als Ratsche lediglich Geräusche macht. Wird das Maul geöffnet, verstellt das Rad einerseits eine Art Stopper, der die eingedrückten Zähne im Maul festhalten kann. Andererseits schiebt es beim Rotieren einen Schlitten nach vorn in Richtung Zähne, unter denen sich ein Bumerang-artiges Element befindet, welches dabei um etwa 97 Grad gedreht wird. Dadurch, dass der Bumerang an beiden Enden eine Erhebung hat, kann er zu ein bis drei Zähnen im Kontakt stehen. Drückt man dann auf einen dieser Zähne, wird ein unter dem Bumerang liegender Hebel betätigt, der den Schnappmechanismus auslöst. Man kann zu Spielbeginn also nicht wissen, ob die Chance bei 10%, 20% oder 30% liegt, einen faulen Zahn zu treffen. Und wäre das noch nicht genug Zufall, wird der Bumerang beim Zuschnappen auch noch einmal ruckartig in die entgegengesetzte Richtung gedreht, wenn der Schlitten zurück-schnellt. Spätestens ab diesem Zeitpunkt ist dann völlig unklar, wie der Bumerang ausgerichtet ist.

Wie gut, dass ich einen Blick in das Spielzeug geworfen habe. So weiß ich jetzt, dass mein Gehirn bei der nächsten Runde Kroko Doc nicht mehr nach einem Muster suchen muss. Ob das bei Glücksspielautomaten wohl auch funktioniert? —akf

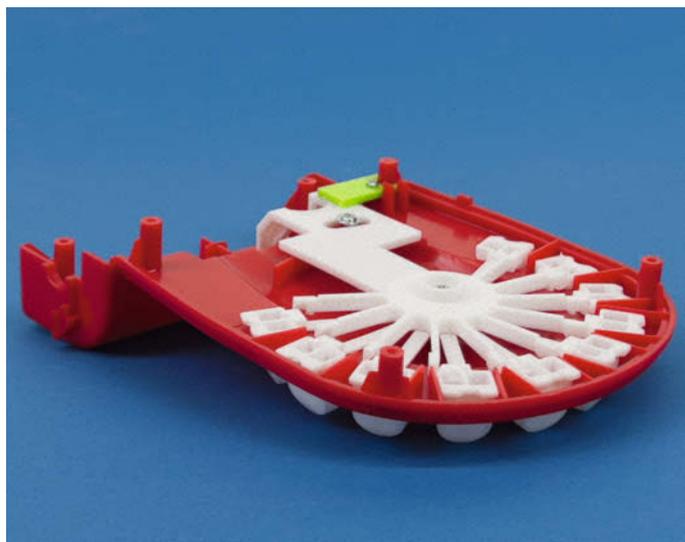
► [make-magazin.de/x23t](https://make-magazin.de/x23t)



Auf der Unterseite des Bumerangs befindet sich ein Zahnrad. An diesem fährt der Schlitten, an dessen Ende sich ein kleiner Zahn befindet, beim Spannen und Zuschnappen entlang.



Zusammengeschraubt greifen die mechanischen Elemente des grünen und roten Bauteils ineinander.



Die Zähne werden von kleinen Stäben daran gehindert, wieder zurückzuspringen. Erst wenn die Spielrunde vorbei ist, dreht sich das Teil mit den 10 Stoppern und gibt alle Zähne wieder frei.

# Raspberry Pi Pico: Back to BASIC

Auf einem Mikrocontroller wie dem Raspberry Pi Pico einfach losprogrammieren – MMBasic macht es möglich. Dank des eingebauten Editors braucht man außer dem Pico nur ein Terminalprogramm. Wir geben einen kurzen Überblick, wie man als Maker mit MMBasic beginnt.

von Thomas Euler



```
PicoMite MMBasic Version 5.07.06b4
Copyright 2011-2022 Geoff Graham
Copyright 2016-2022 Peter Mather

> memory
Program:
  1K ( 1%) Program (15 lines)
  1K ( 1%) 5 Saved Variables (493 bytes)
)
114K (98%) Free

RAM:
  0K ( 0%) 0 Variables
  0K ( 0%) General
 148K (100%) Free
> _
```

Mikrocontroller zu programmieren ist in den letzten Jahren viel einfacher geworden – zunächst dank der beliebten *Arduino*-Umgebung mit C++ und seit ein paar Jahren mit *MicroPython*. Beide Sprachen unterstützen ein breites Spektrum an Mikrocontrollern und man findet Code-Bibliotheken für fast jede nur denkbare Hardware. Hilfe bei der Programmierung liefern zahllose Webseiten, YouTube-Kanäle und Foren.

Natürlich haben beide Sprachen ihre Vor- und Nachteile: C++ bietet höchste Performance und Effizienz, ist aber als Compiler-Sprache kaum interaktiv, da nach jeder Änderung am Code das Programm erneut kompiliert und auf den Mikrocontroller geladen werden muss. MicroPython erlaubt als Interpreter-Sprache hingegen eine interaktive Arbeitsweise; kurze Codeschnipsel testet man direkt in der Kommandozeile (*REPL*, **Read-Evaluate-Print-Loop**), komplette Programme muss man allerdings aus einer Entwicklungsumgebung wie *Thonny* hochladen. Leider ist ein Programm in MicroPython aber deutlich langsamer und speicherintensiver als eines in C++ mit identischer Funktion. Zudem erledigt MicroPython auch immer mal wieder Aufgaben im Hintergrund (z. B. die *Garbage collection*). Dies macht den Programmablauf zeitlich nicht immer genau vorhersagbar, was bei zeitkritischen Aufgaben wie der Steuerung von Maschinen problematisch sein kann. Einen guten Kompromiss aus Geschwindigkeit und vorhersagbarem Programmablauf bietet hier *MMBasic*, ein weitgehend mit *Microsoft-Basic* kompatibler BASIC-Dialekt (siehe Kasten *BASIC*).

Entwickelt von Geoff Graham aus Australien läuft MMBasic bereits seit Jahren stabil auf eine Reihe von PIC-Mikrocontrollern. 2021 wurde es von Peter Mather auf den Raspberry Pi Pico als *PicoMite*-Firmware portiert; der Code ist auf GitHub verfügbar (alle Links über die Kurzinfor).

MMBasic wird zwar interpretiert, ist aber erstaunlich schnell und zeitlich präzise. Es besitzt einen eingebauten Editor  mit Syntax-Highlighting, der über eine serielle Verbindung bequem vom PC aus bedient werden kann. Deshalb ist außer einem Terminalprogramm (z. B. *TeraTerm*) keine weitere Software nötig. MMBasic erlaubt es, direkt auf die Hardware des Pico zuzugreifen und unterstützt von Haus aus SD-Karten, viele TFT-Displays und Sensoren. Es gibt sogar eine MMBasic-Version für den Raspberry Pi Pico, die den Anschluss einer PS2-Tastatur und eines VGA-Monitors unterstützt: Hier kommt Homecomputer-Feeling auf. MMBasic ist hervorragend dokumentiert und wird von einer lebhaften Community aktiv unterstützt. In diesem Artikel zeige ich, wie man MMBasic auf einem Pico zum Laufen bringt und Hardware ansteuert.

Angehörige jener Generation, die in ihrer Jugend die ersten 8-Bit-Heimcomputer in BASIC programmiert haben, werden sich sehr schnell zurechtfinden. Allen anderen (aber

## Kurzinfor

- » Modernes BASIC für den Raspberry Pi Pico
- » Firmware PicoMite und Terminalprogramm installieren
- » Erste hardwarenahe Programme schreiben

## Checkliste



### Zeitaufwand:

1 Stunde



### Kosten:

ca. 10 Euro

## Material

- » Raspberry Pi Pico oder Pico W, Funkmodul nicht unterstützt
- » Micro-USB-Kabel
- » LED, Widerstand, Servo
- » Breadboard, Steckbrücken

## Mehr zum Thema

- » Stefan Draeger, Whack-A-Mole mit dem Raspberry Pico, Make 6/22, S. 56
- » Carsten Wartmann, Elektronik steuern mit dem Pi Pico für Anfänger, Make 5/22, S. 40
- » Daniel Bachfeld, Pi Pico mit WLAN, Make 4/22, S. 9
- » Thomas Euler, MicroPython beschleunigen, Make 1/21, S. 72
- » Thomas Euler, Insektoider Roboter spricht Basic, Make 6/21, S. 94

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



nicht nur ihnen) sei das exzellente Handbuch empfohlen, das man als PDF in englischer oder deutscher Version auf der Webseite von Geoff Graham findet (siehe Link in der Kurzinfor). Neben der Sprachreferenz enthält es auch ein kompaktes Tutorial zur BASIC-Programmierung. Ob man Befehle groß oder klein schreibt, ist übrigens egal. Der Übersicht halber schreibe ich hier Befehle für die Kommandozeile groß, alle anderen in Listings und den Beschreibungen

der Programme mit gemischter Groß- und Kleinschreibung, so wie sie auch der eingebaute Editor automatisch formatiert.

## Kontakt aufnehmen

Nachdem man die MMBasic-Firmware geladen und mit einem Terminalprogramm Kontakt aufgenommen hat (siehe Kasten *MMBasic und TeraTerm*), befindet man sich sofort in der

```
COM5 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
Const R.D_OBJECT = 5 ' Distance threshold (cm) for obstacle
Const R.D_MAX = 30 ' Max. displayed distance (cm)

' Configuration (front servo, #4)
Const R.SRV4_PIN = R.A2 ' Pin for front servo (4)
Const R.SRV4_UP = 2.25 ' ms
Const R.SRV4_DOWN = 1.40 ' ms

' Configuration (CO2 sensor)
Const CO2.TO_EEPROM = 0

' Start of main program
RobotMain:
  Dim integer n, running = 0, ev = 0, co2_warn = 0

  ' Initialize sensors
  R.CreateSensor 0, R.A0, POLOLU_TOF_50, 3, USE_PULSIN
  R.CreateSensor 1, R.A1, POLOLU_TOF_50, 3, USE_PULSIN
  R.CreateSensor 2, R.D0, POLOLU_TOF_50, 3, USE_PULSIN

  ' Create GUI controls (if display is enabled)
  ' Move servo #4 in down position, if not R.CO2
  R.Splash 3000
  If Not R.CO2 Then R.SetServo4 R.SRV4_DOWN, 1, 500
  R.CreateGUI

ESC:Exit F1:Save F2:Run F3:Find F4:Mark F5:Paste Ln: 96 Col: 1 INS
```

# BASIC

BASIC (**B**eginner's **A**ll-purpose **S**ymbolic **I**nstruction **C**ode) wurde Anfang der 1960er Jahre in den USA entwickelt, um Studierenden den Einstieg in die Programmierung zu erleichtern. BASIC sollte eine Sprache sein, die interaktiv, einfach erlernbar und weitgehend unabhängig von der Hardware ist. Diese Eigenschaften führten dazu, dass sich BASIC schnell verbreitete. In den 1980er Jahre wurde es zum Quasi-Standard bei 8-Bit-Heimcomputern wie dem Commodore C64 oder dem Apple II. Dort stand es sofort nach dem Einschalten des Rechners zur Verfügung und war *die* Einstiegsprogrammiersprache einer ganzen Generation. Als Produkt hat BASIC auch den Aufstieg

von Microsoft ermöglicht. Die Nachteile von BASIC waren, dass es anfangs sehr langsam war (der Programmcode wurde Zeile für Zeile interpretiert), es keine strukturierte Programmierung unterstützte (die berüchtigte GOTO-Anweisung) und die Sprache schnell in eine Unzahl verschiedener, inkompatibler Dialekte zersplitterte. Auf dem PC findet man BASIC heute meist nur noch als Skriptsprache in Büroanwendungen (*Visual Basic for Applications, VBA*). Auf leistungsfähigen Mikrocontrollern bietet BASIC (wie hier als MMBasic) eine etwas in Vergessenheit geratene Alternative zu Programmiersprachen wie C++ und MicroPython.

Kommandozeile – wie bei den ersten Heimcomputern. Glücklicherweise vergisst der Pico im Unterschied zu den Heimcomputern dank Flash-Speicher nicht das Programm im Editor, wenn ihm der Strom abgedreht wird. Zudem bietet MMBasic im internen Flash-Speicher des Pico Platz für bis zu fünf Programme.

FLASH LOAD 1 lädt beispielsweise das BASIC-Programm im ersten Speicherplatz, FLASH LIST zeigt, was an Programmen verfügbar ist, und FLASH OVERWRITE 3 überschreibt den dritten Speicherplatz mit dem aktuell im Editor befindlichen Programm.

Um Programme zwischen Pico und PC zu übertragen, wird das XModem-Protokoll unterstützt. Das mutet zwar etwas altertümlich an, funktioniert aber sehr gut: Mit XMODEM S macht sich der Pico bereit, das aktuelle Programm an

den PC zu senden. In TeraTerm startet man dann den Transfer mit *File/Transfer/XMODEM/Receive* und das Programm landet als Textdatei im gewünschten Verzeichnis. Analog überträgt man mit XMODEM R und *File/Transfer/XMODEM/Send* ein Programm vom PC in den Flash-Speicher des Pico.

Bevor man den eingebauten Editor ① startet, sollte man ein paar Einstellungen vornehmen. Mit dem Kommando *OPTION* legt man fest, wie sich MMBasic verhält und aussieht. Optionen wie beispielsweise *Option explicit* (alle Variablen müssen vor ihrer Verwendung definiert werden), sind für den Programmcode gedacht, andere dürfen nur direkt in die Kommandozeile eingegeben werden: Diese legen z. B. fest, welche Pins der Pico zum Ansteuern der I<sup>2</sup>C-Schnittstelle verwendet (OPTION SYS-

TEM I2C), welches TFT-Display angeschlossen ist (OPTION LCDPANEL) und ob der Pico beim Einschalten automatisch ein Programm ausführen soll (OPTION AUTORUN ON). Das Aussehen des Editors legt man mit OPTION DISPLAY 64,80 (64 Zeilen à 80 Zeichen) und OPTION COLORCODE ON (farbiges Syntax-Highlighting) fest. Die aktuelle Konfiguration sowie die Firmwareversion zeigt man mit OPTION LIST an.

Achtung: Beim Updaten auf eine neue MMBasic-Firmware werden alle Optionen zurückgesetzt. Idealerweise schreibt man die verwendeten Optionen als Kommentare in das jeweilige Programm, damit vermeidet man auch das spätere Rätselraten, welche Optionen das Projekt denn nun benötigt. Für unterschiedliche Hardwarekonfigurationen (Displays, SPI, SD-Karte etc.) legt man sich am besten einen Spickzettel an. Mit dem EDIT-Kommando oder der F3-Taste startet man den eingebauten Editor für das aktuelle Programm. Beim Verlassen des Editors mit F1 wird der aktuelle Stand im Flash abgelegt; F2 startet zusätzlich das Programm.

## Programmbeispiele

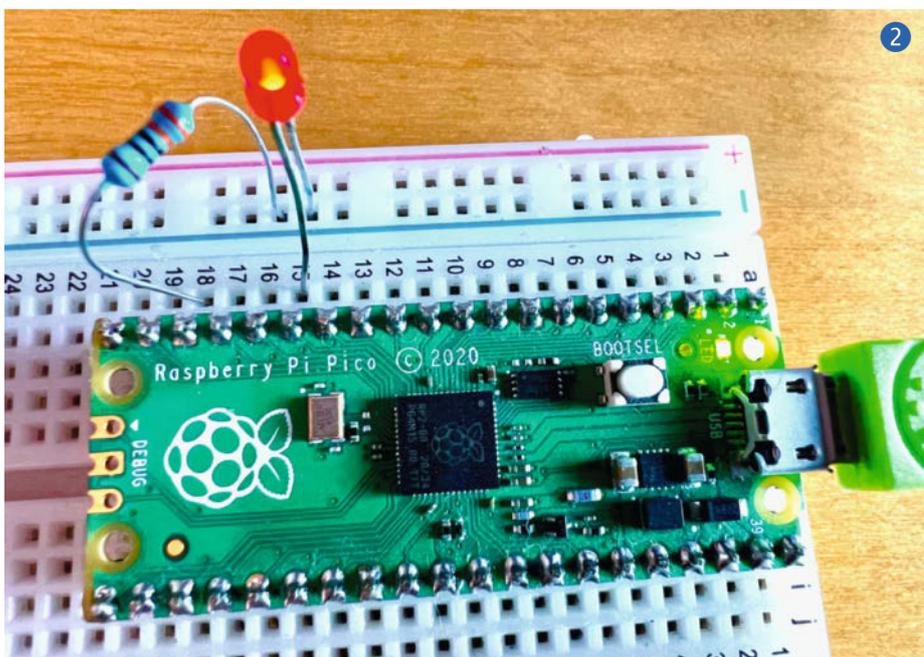
Eine Anmerkung vorab: Zeilennummern, wie in den ersten Tagen von BASIC nötig, braucht man nicht mehr und ihre Verwendung ist auch nicht empfohlen. So kommt man nicht in Versuchung, mit GOTO-Anweisungen Spaghetti-Code zu erzeugen. Das folgende Beispiel ist das *Hello world!* der Hardwarewelt und bringt eine LED zum Blinken ②, die über einen 330-Ohm-Widerstand an Pin GP11 und GND angeschlossen ist:

```
SetPin GP11, DOUT
For i=1 To 10
  Pin(GP11) = i MOD 2
  Pause 500
Next i
```

Pin GP11 wird mit SetPin als Ausgangspin deklariert und in einer For-Schleife 10-mal an bzw. ausgeschaltet: Dazu wird dem Pin der Rest der ganzzahligen Division (*Modulo, MOD*) von *i* geteilt durch 2 zugewiesen, und der ist 0 (Pin *low*) oder 1 (Pin *high*). In jedem Durchlauf wird mit Pause 500 Millisekunden gewartet, d. h. die LED blinkt im Sekundentakt insgesamt fünfmal.

In diesem Beispiel wartet der Controller die meiste Zeit und kann währenddessen nichts anderes tun. Daher ist es eleganter, einen Timer-Interrupt zu benutzen:

```
Sub blink
  Static integer state = -1
  If state<0 Then SetPin GP11, DOUT
  state = Not state
  Pin(GP11) = state
End Sub
SetTick 500, blink, 1
Pause 5500
```



# MMBasic und TeraTerm

Ist bereits eine andere Firmware auf dem Pico, empfiehlt es sich zuerst den Flash komplett zu löschen; dazu unten mehr. Dabei gehen alle Programme verloren, also vorab das Sichern nicht vergessen! Wechselt man auf eine neue MMBasic-Version, kann der Programmspeicher das Update überleben, muss aber nicht! D.h. auch hier immer alles vorher sichern. Wie das für MMBasic-Programme geht, wird im Text beschrieben.

Um MMBasic auf dem Pico zu installieren, versetzt man den Mikrocontroller in den USB-Laufwerks-Modus. Dazu hält man den **BOOTSEL**-Knopf gedrückt, während man

ein USB-Kabel anschließt. Wenn sich bereits eine ältere Version von MMBasic auf dem Pico befindet, kann man dazu stattdessen auch einfach `UPDATE FIRMWARE` eingeben. Falls der Chip noch MicroPython enthält, funktioniert auch `import machine and machine.bootloader()` vom REPL-Prompt.

Nun erscheint der Pico auf dem PC als neues Laufwerk **RPI-RP2**. Will man den Flash komplett löschen, kopiert man die Datei `flash_nuke.uf2` auf das Laufwerk, welches anschließend kurz verschwindet, um nach ein paar Sekunden wieder aufzutreten. Nun schiebt man die MMBasic-Firmware (z. B. `PicoMiteV5.07.06.uf2`) auf

das Laufwerk. Der Pico meldet sich als USB-Gerät an und bootet direkt in MMBasic. Wenn MMBasic läuft, blinkt die grüne LED auf dem Pico im Sekundentakt.

Hinter welchem Gerät sich der Pico versteckt (z. B. `COM6`), ermittelt man unter Windows mit dem *Geräte manager*. Nun startet man TeraTerm, wechselt unter *Setup/Serial port ...* zum korrekten COM-Port (921600 Baud, 8 data bits, no parity, 1 stop bit, no flow control) und speichert die Konfiguration (*Setup/Save setup*). Spätestens nach einem Neustart von TeraTerm erscheint die Eingabeaufforderung von MMBasic.

Hier kümmert sich die Subroutine `blink` um das Blinken der LED an Pin GP11. Mit `SetTick` wird der *Timer 1* veranlasst, `blink` unabhängig vom Hauptprogramm alle 500 Millisekunden aufzurufen. In diesem Beispiel wartet das Hauptprogramm anschließend zwar auch, könnte aber auch anstelle des Pause-Befehls andere Dinge tun. Interessant ist die Verwendung der Variablen `state` in der Subroutine: Normalerweise werden in der Unteroutine definierte (lokale) Variablen gelöscht, wenn die Subroutine beendet wird. Die Definition mit `Static` bewirkt, dass man beim ersten Aufruf der Subroutine einen Anfangswert definieren kann und dass sich die Variable ihren Wert zwischen den Aufrufen merkt. Dies wird hier doppelt genutzt: Wenn `state` gleich -1 ist, wird Pin GP11 initialisiert; diesen Wert nimmt `state` aber nur anfangs an. Da der letzte Wert von `state` erhalten bleibt, muss die Variable mit `state = Not state` nur invertiert werden, d. h. der Wert wechselt zwischen 0 und 1, um die LED mit `Pin(GP11)=state`

einmal an und beim nächsten Mal auszuschalten.

Im nächsten Beispiel [3](#) bewegen wir einen kleinen Modellbauservo (Micro oder Mini), dessen Steuerleitung (oft Gelb) mit Pin `GP11` verbunden wird. Zur Stromversorgung schließt man das rote oder orange Kabel (aber **immer** das mittlere Kabel) an den Pin `VBUS` (5V vom USB-Port) und das schwarze oder braune Kabel an einen der `GND`-Pins des Pico an.

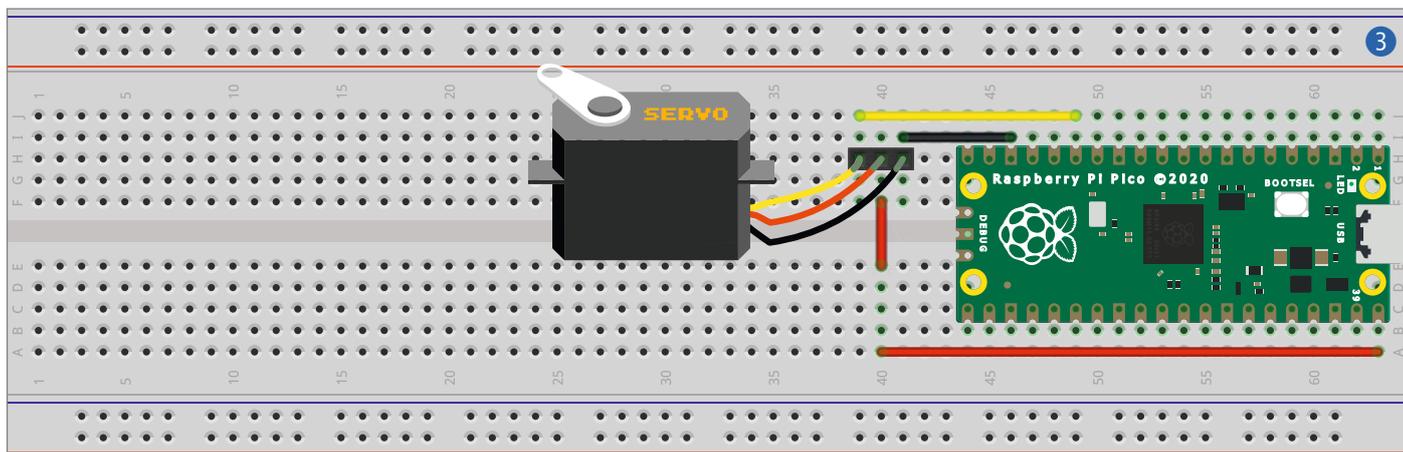
```
Option explicit
Dim integer i, freq_Hz = 100
Dim float t_ms
SetPin GP11, PWM5B
For i=1 To 11
  t_ms = 1.1 + i/10
  PWM 5, freq_Hz,, t_ms*10
  Pause 500
Next i
PWM 5, OFF
```

Zu Beginn des Programms wird mit `Option explicit` festgelegt, dass MMBasic einen

## Pico-Onboard-LED

Vielleicht haben Sie es schon bemerkt: Die interne LED auf dem Pico-Board blinkt langsam, wenn die PicoMite-Firmware läuft. Als GP25 kann sie aber immer noch angesprochen werden. Allerdings übernimmt PicoMite diese LED wieder selbst, wenn z. B. ein Programm editiert wurde. Auf dem Pico W blinkt die interne LED allerdings nicht, da sie dort über GPIOs des WLAN-Moduls angesprochen wird und nicht direkt mit GP25 verbunden ist. Dies sollten Sie bedenken, falls Sie diese LED für eine Statusmeldung verwenden möchten.

Fehler ausgibt, wenn eine nicht vorher definierte Variable verwendet wird – so vermeidet man schwer zu lokalisierende Fehler.





## Was geht, was nicht?

Noch ein paar Worte zu den Grenzen von MMBasic. Der Interpreter ist sehr schnell, die meisten Befehle werden innerhalb von 15µs abgearbeitet. Aber die Performance eines kompilierten C-Programms kann man natürlich nicht erwarten.

Durch die Wahl der Befehle hat der Programmierer allerdings einen gewissen Einfluss auf die Ausführungszeit; z. B. wird `Inc i, -2` schneller abgearbeitet als `i=i-2`. Eine schnelle Alternative zu *If-Then-Else*-Konstrukten kann die Funktion `Choice()` bieten. Außerdem gibt es eine große Anzahl von beschleunigten Mathematik-Befehlen (`Math`), die auch mit mehrdimensionalen Arrays arbeiten, bis hin zu Befehlen zur Spektralanalyse (`Math FFT`) oder der Fusion von Gyroskop-Daten (`Math SensorFusion`). Notfalls kann man den Pico auch übertakten (`OPTION CPUSPEED`): Üblicherweise sind bis zu 250MHz kein Problem.

Die speziellen Eigenschaften des Pico-Prozessors RP2040 lassen sich unter MMBasic bereits teilweise nutzen: Die Programmierung

der PIO-Einheiten (*Programmable Input/Output*), die parallel zur eigentlichen CPU laufen und z. B. Hardwareschnittstellen an GPIOs emulieren können, wird voll unterstützt. Dazu gibt es ein Kapitel im PicoMite-Handbuch und in BASIC geschriebene Hilfsprogramme. Den zweiten Prozessorkern des RP2040 kann man unter MMBasic noch nicht verwenden; in den Foren wird aber die Möglichkeit diskutiert, eine Subroutine auf dem zweiten Kern zu starten. Dies wird aber nicht für die VGA-Version der Firmware gelten, denn diese verwendet den zweiten Kern (und einige PIO-Einheiten) für Bildschirmausgabe und Tastaturabfrage. Die neueste Version von PicoMite Basic implementiert sogar ein kleines Laufwerk (A:) im Flashspeicher des Pico und auf SD-Karte (B:). Die Unterstützung der WLAN-Funktionen des Pico W ist aus Speicherplatzgründen eher nicht zu erwarten.

Auf jeden Fall sollten Sie das Handbuch zu PicoMite gründlich studieren: Es lohnt sich. Hier finden Sie eine Menge Ideen für Programme und Hardware. Ganze Kapitel über das, was man so in seiner Maker-Schublade findet und was auf dem Pico mit PicoMite nutzbar ist,

wurden hier gefüllt. Mit ein paar Widerständen, Kondensatoren und Spulen bastelt man einen Audio-Ausgang und kann Töne und Samples abspielen. Spezielle Unterstützung erfahren auch IR-Fernbedienungen, Sensoren für Temperatur, Luftfeuchte, LC-Displays, Echtzeituhren, WS2812-RGB-Leds, PS2-Keyboards, SD-Karten und vieles mehr.

BASIC-Einsteiger können im MMBasic-Handbuch zudem schlicht die Syntax nachschlagen.

Und wenn das noch nicht reicht, bringt PicoMite auch eine große Unterstützung zum Erstellen von Benutzerschnittstellen auf Touch-Screens mit. Oder sie benutzen SPI und I<sup>2</sup>C und die vielen Möglichkeiten dieser Schnittstellen um Hardware anzubinden.

PicoMite ist eine echte Alternative für kleine Mikrocontrollerprojekte und bringt gleichzeitig ein nostalgisches 80er-Jahre-Gefühl zurück. Ohne eine komplexe Entwicklungsumgebung einfach drauflos zu programmieren macht Spaß. In einer folgenden Make-Ausgabe zeigen wir, wie man in BASIC einen kleinen sechsbeinigen Roboter programmiert. —caw

 heise Academy

# DIE LERNPLATTFORM FÜR IT-PROFESSIONALS

Wir machen IT-Weiterbildung digital

**JETZT  
KOSTENLOS  
TESTEN**

#### Das erwartet dich:

- Über 100 Online-Trainings und 80 Online-Kurse
- Die wichtigsten IT-Themen für heute und morgen
- Erfahrene IT-Experten
- Individuelle Lernumgebung
- Übungsaufgaben und Wissenstests

Hier geht's zu deiner Weiterbildung: [heise-academy.de](https://heise-academy.de)

© Copyright by Maker Media GmbH.





Die 3D-Drucker, die wir Maker für gewöhnlich benutzen, sind kostengünstige Geräte wie der *Creality Ender 3*, bei denen der Hersteller Kompromisse im Bereich Präzision machen muss. Die Mechanik hat daher meist etwas Spiel, das Druckbett ist selten völlig eben und meist auch nicht parallel zu seinen Bewegungsachsen. Außerdem ändern sich diese Ungenauigkeiten auch noch mit der Temperatur.

Hinzu kommen dann auch noch preiswerte Sensoren für das nach jedem Einschalten notwendige Messen der Nullpositionen aller drei Bewegungsachsen: Oft, wie beim Ender 3, werden da einfache Mikroschalter verwendet, deren Wiederholgenauigkeit nicht die beste ist. Selbst bei den X- und Y-Achsen macht sich das bemerkbar, besonders, wenn man den Bauraum des Druckers mal bis fast an den Rand des Druckbetts ausnutzen muss.

Dabei geht es beim *Homing* doch nur darum, die mechanischen Anfangspunkte der drei Bewegungsachsen zu ermitteln, also die Schrittmotorstellungen, an denen die Druckplatte ganz hinten und die Spitze der Druckdüse ganz links und auf der Druckplatte liegen (die Null-Position der Druckplatte mag bei manchem Druck anders liegen, im Prinzip ist das aber gleichgültig). Warum also misst man beim Zurückfahren der drei Achsen während des Homings nicht einfach, wann die Schrittmotoren blockieren, weil sie den mechanischen Anschlag erreicht haben?

Der Grund dafür ist zum einen die Elektronik der Drucker: Auch da musste kostengünstig kalkuliert werden, was die verwendeten Bauteile angeht. Hier geht es speziell um die für die Schrittmotoransteuerung benutzten Schaltkreise (Stepperdriver). Das sind meist billige ICs vom Typ *A4988* o. ä., die vom Prozessor des Druckers über zwei Ausgang-Pins mitgeteilt bekommen, dass sie den Motor um einen Schritt und in welche Richtung sie ihn bewegen sollen. Eine Rückmeldung zum Prozessor, ob dieser Schritt auch ausgeführt wurde, erfolgt mangels Rückkanal nicht, denn die Verbindung zum Prozessor besteht ja nur aus dessen zwei auf Ausgang geschalteten Pins. Der Treiber-IC ist also auf sich allein gestellt, diese Betriebsart heißt daher auch *standalone*.

Moderne Stepperdriver verfügen aber über mehr Möglichkeiten. Hier ist das sogenannte *Stallguard* interessant: Das hat nichts mit der Bewachung von Tierbehäusungen zu tun, sondern dahinter steckt die Überwachung der Motorlast. ICs mit dieser Funktion (zum Beispiel der *TMC2209* von Trinamic) können die Belastung des Motors messen und feststellen, wenn der Motor blockiert. Dafür haben die Chips einen eigenen Anschluss-Pin, der seinen Pegel bei einer Motor-Blockade wechselt. Und diese Information (Motor blockiert) ist beim Homing ja das genaue Indiz für das Erreichen des mechanischen Nullpunkts.

## Kurzinfo

- » Bewegungskontrolle mit Stepper-Treiber TMC 2209
- » Umbau am Beispiel des Creality Ender 3
- » Anpassung der Firmware Marlin 2

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
3 bis 4 Stunden



**Kosten:**  
ab 50 Euro

### Material

- » Mainboard Bigtreetech SKR Mini E3 V2.0 passt für Ender 3
- » oder Mainboard Bigtreetech SKR-Pro V1.1 für andere Drucker
- » 4 Stepperdriver-Module TMC2209 nur für SKR-Pro-Mainboard

### Werkzeug

- » mitgelieferter Werkzeugsatz des Druckers

### Mehr zum Thema

- » Heinz Behling: Programmier-Umgebung PlatformIO installieren, Online-Artikel
- » Heinz Behling: Druckbett-Sensor nachrüsten, Make 6/19, S. 110

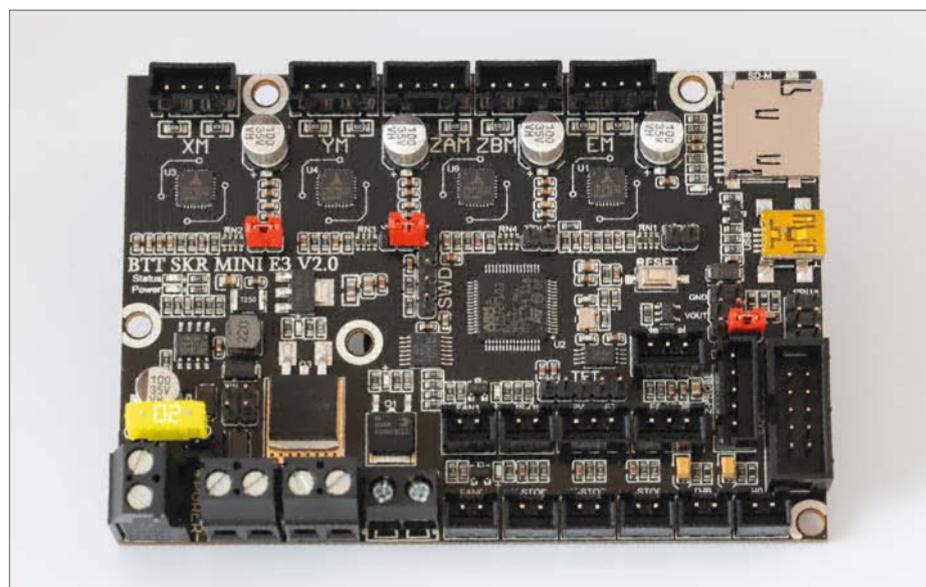
Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xnd1](https://make-magazin.de/xnd1)



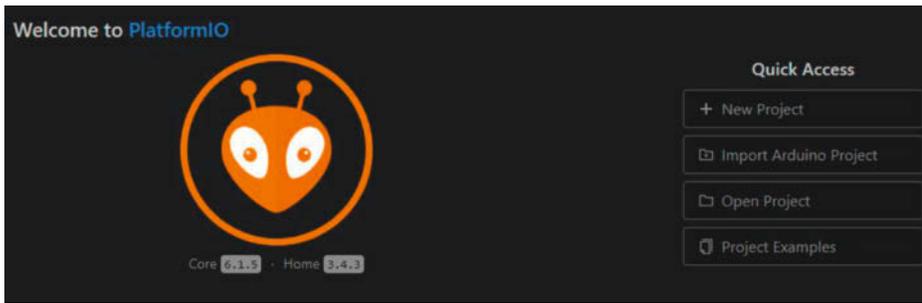
Im Folgenden erfahren Sie, wie man einen Drucker dazu bringt, sein Homing mithilfe von Stallguard-tauglichen Stepperdrivern durchzuführen. Allerdings gilt dies nur für die X- und Y-Achsen. Ich habe einiges ausprobiert, um auch die Z-Achse ohne zusätzlichen Sensor zu homen. Doch im Gegensatz zu den anderen Achsen wird die Z-Achse durch Gewindespindeln angetrieben. Dieser Antrieb entwickelt so hohe Kräfte, dass eher das Druckbett oder die Druckkopfhalterung beschädigt wird, bevor der Motor blockiert. Lediglich bei Drucker

ckern mit sehr stabilen Metallrahmen kann das auch mit der Z-Achse funktionieren. Empfehlen kann ich es im Moment aber noch nicht. Vielleicht hat ja ein Leser andere Erfahrungen gemacht. Dann teilen Sie uns das bitte mit. In dieser Anleitung wird für die Z-Achse der im Drucker bereits vorhandene BLTouch-Sensor weiterverwendet, den man bei Bedarf auch nachrüsten kann (siehe Make 6/19).

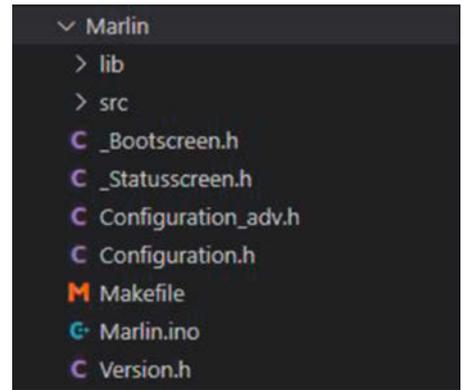
Zum Umbau reicht es allerdings bei den meisten 3D-Druckern nicht, einfach die vorhandenen ICs gegen die Trinamic-Chips aus-



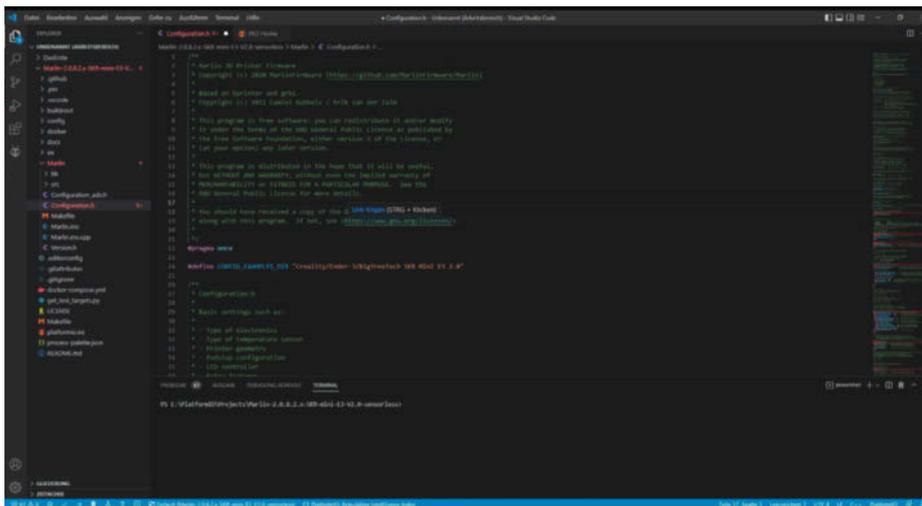
1 So müssen die roten Jumper auf dem neuen Mainboard stecken.



2 Sollte nach dem Start von Visual Studio Code die Startseite von PlatformIO nicht erscheinen, klicken Sie auf das Haus-Symbol in der blauen Symbolleiste am unteren Fensterrand von Visual Studio Code.



3 Wenn Sie in der Ordnerliste auf Marlin klicken, erscheinen die beiden wichtigen Dateien.



4 Die Configuration.h ist bereit für die Änderungen.

zutauschen: Erstens sind die Stepperdriver bei den meisten Drucker-Boards eingelötet und nicht einfach zu wechseln. Und zweitens besteht keine Möglichkeit, das Blockiersignal des Stepperdriver auszuwerten.

Ein anderes Elektronik-Board ist daher notwendig. In dieser Anleitung wird ein Ender 3 umgebaut, weil es für diesen Drucker ein Board mit TMC2209-ICs gibt, das die gleichen Maße und Anschlüsse wie die Originalplatine des Ender besitzt. Doch dient er hier nur als Beispiel: Es gibt auch Universal-Boards (siehe Kasten *Board für andere Drucker*), mit denen auch andere Printer umgebaut werden können.

Da solche Boards zusätzlich mit dem steuernden Prozessor nicht über zwei Ausgangspins, sondern über eine bidirektionale Schnittstelle (UART) kommunizieren, können sie auch noch andere Informationen an den Prozessor zurückmelden, etwa ihre Temperatur oder die Stromaufnahme. Außerdem sind sie in der Lage, deutlich mehr Befehle pro Sekunde zu verarbeiten. Im zweiten Artikel zum Drucker-Tuning werden wir dies benutzen, um die Druckgeschwindigkeit deutlich zu erhöhen.

Auf Nicht-Ender3-Besitzer kommt eventuell noch die Aufgabe zu, ein Gehäuse für das

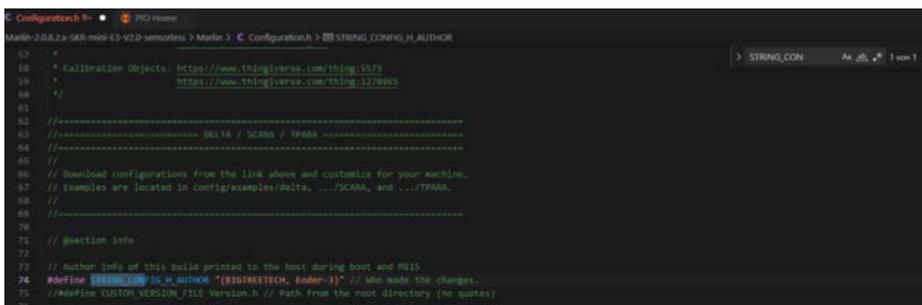
neue Board anzufertigen. Das sollte Ihnen als Besitzer eines 3D-Druckers aber nicht schwerfallen. Außerdem gibt es bei *Thingiverse* bereits zahlreiche solcher Gehäuseprojekte, die entweder direkt passen oder nur wenig Umarbeitung erfordern. Sie sollten das Gehäuse aber vor Beginn der Umbaumaßnahmen drucken.

Nach dem Einbau ist dann noch die Anpassung der Firmware notwendig, damit die neuen Möglichkeiten auch benutzt werden. Da die meisten Drucker mit der *Marlin*-Firmware arbeiten (können), ist auch diese Hürde leicht zu nehmen. Falls Ihr Drucker bereits damit arbeitet, besorgen Sie sich vom Hersteller bitte den Quellcode der Firmware. Für alle anderen gilt: Über den Link in der Kurzfinfo kommen Sie zur Github-Seite von Marlin. Dort finden Sie nicht nur die Firmware selbst, sondern auch Konfigurationsdateien für zahlreiche Drucker. Sobald Sie die Firmware und die zum Drucker passende Konfiguration auf Ihrem Computer haben, ist die Anleitung zur Firmware-Anpassung für alle Geräte gleich.

## Einbau in den Drucker

Der Einbau ist eine relativ einfache Sache beim Ender 3, da dessen Anschlusskabel mit kleinen beschrifteten Kunststoffaufsteckern markiert sind. Falls Sie einen Drucker umbauen, bei dem das nicht der Fall ist: Beschriften Sie die Anschlussstecker selbst, damit Sie später wissen, was wohin gehört (z. B. mit + und - für die Versorgungsspannung, mit X, E, Y und Z für die drei Schrittmotoren usw.). Eine Etikettiermaschine wäre dabei ideal, es geht aber auch mit Kugelschreiber und Krepp-Klebeband.

Der Ausbau des alten Boards ist selbsterklärend, aber bitte nur bei ausgeschaltetem und vom Stromnetz getrennten Drucker! Das neue Board wird beim Ender einfach im Original-Elektronikgehäuse festgeschraubt und die Stecker entsprechend der Beschriftung aufgesteckt (außer den beiden Steckern für den X- und Y-Endstop). Wichtig: Falls die blauen



5 Schon nach Eingabe weniger Zeichen ist die passende Stelle gefunden.

```
// Author info of this build printed to the host during boot and M115
#define STRING_CONFIG_H_AUTHOR "Heinz Behling" // Who made the changes.
//#define CUSTOM_VERSION_FILE Version.h // Path from the root directory (no quotes)
```

6 Noch Fragen? Wenden Sie sich vertrauensvoll an ...

Kühlkörper dem Board lediglich beigelegt sind, müssen Sie die noch auf die vier Treiber-ICs kleben. Sie haben an der Unterseite dafür ein doppelseitiges Klebeband. Außerdem müssen die Jumper richtig gesteckt sein 1.

Bei anderen Druckern müssen Sie gegebenenfalls zuerst das neue Elektronik-Gehäuse daran befestigen, bevor Sie das Board einbauen. Auch bei den Alternativ-Boards ist auf die Jumperstellungen zu achten.

### Marlin-Firmware in PlatformIO öffnen

Die Bearbeitung der Firmware erfolgt mithilfe der Programmierumgebung PlatformIO in Visual Studio Code. Eine Anleitung zu deren Installation gibt es online über den Kurzinfo-Link. Anschließend müssen Sie noch den Quellcode der Firmware beschaffen und in den Projekt-Ordner von PlatformIO kopieren. Diese Vorarbeiten sind für Ender 3 und andere Drucker jeweils unterschiedlich.

**Vorbereitung für Ender 3:** Laden Sie die vorkonfigurierte Marlin-Firmware für Ender 3 von Github. Die Download-Adresse finden Sie über den Kurzinfo-Link. Entpacken Sie die ZIP-Datei. Wechseln Sie dann in den Ordner *BIGTREETECH-SKR-mini-E3-master/BIGTREETECH-SKR-mini-E3-master/firmware/V2.0/*. Den darin enthaltenen Ordner *Marlin-2.0.8.2.x-SKR-mini-E3-V2.0* kopieren Sie in den Projekte-Ordner von PlatformIO. Um Verwechslungen auszuschließen, habe ich den Ordner auch noch in *Marlin-2.0.8.2.x-SKR-mini-E3-V2.0\_xy\_sensorless* umbenannt.

**Vorbereitung für andere Drucker:** Besitzer anderer Drucker müssen auch das Paket mit den Konfigurationsdateien downloaden. Danach entpacken Sie beide ZIP-Dateien. Sie erhalten daraufhin die Ordner *Marlin-bugfix-2.1.x* und *Configurations-import-2.1.x*. Im Ordner *Configurations-import-2.1.x/Configurations-import-2.1.x/config/examples/* finden Sie für die gängigen Druckerhersteller jeweils einen entsprechend benannten Ordner. Klicken Sie auf den für Sie zutreffenden, zum Beispiel *Anet* und anschließend auf den Ordner, der zu Ihrem Druckermodell passt, etwa *A8*.

Die darin enthaltenen Dateien kopieren Sie in den zuvor entpackten Firmware-Ordner *Marlin-bugfix-2.1.x/Marlin-bugfix-2.1.x/config*. Den kompletten Ordner *Marlin-bugfix-2.1.x/Marlin-bugfix-2.1.x* kopieren Sie dann in den PlatformIO-Projektordner.

Nun starten Sie Visual Studio Code. Darin erscheint PlatformIO. Klicken Sie auf *Open Project* 2 und klicken Sie sich bis zum Projekt-Ordner durch. Nach einem einfachen(!) Klick auf den zuvor dorthin kopierten Firmware-Ordner wählen Sie noch das blaue *Open*-Feld.

Damit sind die Vorarbeiten abgeschlossen. Jetzt folgt die Anpassung fürs sensorlose XY-Homing.

### Anpassen der Firmware

Die Anpassungen erfolgen in den beiden Dateien *Configuration.h* und *Configuration\_adv.h*. Beide finden Sie im *Marlin*-Ordner des Projekts 3.

Klicken Sie auf *Configuration.h*. Rechts davon erscheint der Dateinhalt 4.

Im Folgenden suchen wir die zu ändernden Stellen mit der Such-Funktion von PlatformIO. Die Angabe von Zeilennummern hat hier nämlich wenig Sinn, da sie je nach Druckerversion unterschiedlich sein können. Die Suchfunktion finden Sie mit Klicks auf *Bearbeiten* und *Suchen*. Beginnen wir mit dem Autorennamen, also dem Namen desjenigen, der diese Datei zuletzt geändert hat. Das ist kein Pflichteintrag, aber so weiß man bei Problemen, wen man fragen kann. Geben Sie ins Suchfeld *STRING\_CONFIG\_H\_AUTHOR* ein (Groß-/Kleinschreibung beachten). Übrigens: Schon während der Eingabe läuft die Suche. Sobald etwas gefunden wird, erscheint hinter dem Eintrag die Anzahl der Fundstellen und die passende Stelle wird im Dateitext markiert 5.

Zwischen die Anführungsstriche setzen Sie Ihren Namen ein 6.

Falls Sie keinen Ender 3 benutzen, müssen Sie noch den Namen des verwendeten Motherboards eintragen. Suchen Sie auf dieselbe Weise nach *#define MOTHERBOARD*. Falls Sie das im Kasten *Boards für andere Drucker* beschriebene Board verwenden, setzen Sie dahinter *BOARD\_BTT\_SKR\_PRO\_V1\_1* ein. Für den Ender steht bereits der richtige Eintrag dort.

```
#define X_DRIVER_TYPE TMC2209
#define Y_DRIVER_TYPE TMC2209
#define Z_DRIVER_TYPE TMC2209
//#define X2_DRIVER_TYPE A4988
//#define Y2_DRIVER_TYPE A4988
//#define Z2_DRIVER_TYPE A4988
//#define Z3_DRIVER_TYPE A4988
//#define Z4_DRIVER_TYPE A4988
#define E0_DRIVER_TYPE TMC2209
//#define E1_DRIVER_TYPE A4988
//#define E2_DRIVER_TYPE A4988
//#define E3_DRIVER_TYPE A4988
//#define E4_DRIVER_TYPE A4988
//#define E5_DRIVER_TYPE A4988
//#define E6_DRIVER_TYPE A4988
//#define E7_DRIVER_TYPE A4988
```

7 Diese vier Zeilen sind wichtig.

Weiter geht es für alle mit der Suche nach *CUSTOM\_MACHINE\_NAME*. Ersetzen Sie dort den Eintrag durch etwas Ihnen passend erscheinendes, etwa *Ender-s1* (für *sensorless*). Das ist der Name, der später auf dem Drucker-Display angezeigt wird. Das ist aber nicht bei jedem Gerät der Fall.

Als Nächstes suchen Sie nach *#define X\_DRIVER\_TYPE*. Hier geben Sie Marlin an, welche Treiber-ICs das Board benutzt. Sie müssen hier insgesamt vier Zeilen ändern, nämlich jeweils für die X, Y- und Z-Achse sowie für den Extrudermotor E0. Der richtige Eintrag lautet *TMC2209* 7.

Etwas weiter nach unten finden Sie die Zeile *#define ENDSTOP\_INTERRUPTS\_FEATURE*. Setzen Sie zwei Schrägstriche davor. Damit wird diese Zeile als Programmkommentar gekennzeichnet und sogleich die Funktion abgeschaltet.

Nun kommt ein Sonderfall, denn die folgende Einstellung kann je nach Marlin-Version in dieser Datei oder in *Configuration\_adv.h* sitzen. Probieren Sie es zunächst hier: Suchen

```
#define X_MIN_ENDSTOP_INVERTING false
#define Y_MIN_ENDSTOP_INVERTING false
#define Z_MIN_ENDSTOP_INVERTING false
```

8 Diese drei Zeilen können eventuell auch in der zweiten Konfigurationsdatei stehen.

```
#define HOMING_BUMP_MM      { 0, 5, 2 }
#define HOMING_BUMP_DIVISOR { 2, 2, 4 }
```

9 In einigen Merlin-Versionen werden statt drei nur eine Zeile verwendet.

Sie nach `#define X_MIN_ENDSTOP_INVERTING`. Falls Sie fündig werden, ersetzen Sie ein eventuell dahinter stehendes `true` durch `false`. Machen Sie das genauso in der folgenden Zeile für die Y-Achse 8.

Sollten Sie den Eintrag hier nicht finden, müssen Sie das später bei der zweiten Konfigurationsdatei erledigen.

Falls Sie die Gelegenheit nutzen möchten, Ihrem Drucker eine andere Sprache beizubringen, dann suchen Sie nach dem Eintrag `#define LCD_LANGUAGE`. Ersetzen Sie das dahinterstehende Sprachkürzel (Vorgabe en für englisch) durch das gewünschte (etwa de für deutsch).

Zum Schluss müssen wir noch den BLTouch-Sensor für die Z-Achse aktivieren, falls Sie solch einen verwenden. Suchen Sie nach `#define BLTOUCH`. Entfernen Sie die Schrägstriche vor der gefundenen Zeile. Das gleiche machen Sie mit der Zeile `#define Z_SAFE_HOMING`. Checken Sie außerdem, dass vor `#define Z_MIN_PROBE_USES_Z_MIN_ENDSTOP_PIN` und `#define USE_ZMIN_PLUG` je zwei Schrägstriche stehen, vor `#define USE_PROBE_FOR_Z_HOMING` aber nicht.

Das waren alle Änderungen in *Configuration.h*. Sie müssen diese aber noch mit *Datei/Speichern* sichern.

Kommen wir nun zur zweiten Datei: *Configuration\_adv.h*. Als Erstes ändern wir den Abstand, um den eine Achse jeweils zurückfährt, wenn beim Homing der Endanschlag erreicht wurde. Hier gibt es je nach Marlin-Version zwei Möglichkeiten. Entweder ist für jede Achse ein eigener Eintrag vorhanden.

Suchen Sie nach `#define X_HOME_BUMP`. Sollte der gefunden werden, ändern Sie die dahinterstehende Zahl auf 0.

Oder, sollte der Eintrag nicht gefunden werden: es gibt eine Zeile, die für alle drei Achsen zuständig ist. Suchen Sie dann nach `#define HOMING_BUMP_MM`. Dahinter stehen in Klammern drei Zahlen. Ersetzen Sie die erste Zahl durch eine 0 9.

Moderne Stepperdriver können nicht nur die Sensorfunktion übernehmen, sie erlauben auch, dass die Schrittmotoren besonders leise laufen. Um das einzustellen, suchen Sie nach `#define STEALTHCHOP`. Es gibt drei Zeilen damit. Falls eine oder mehrere davon durch zwei Schrägstriche zu Beginn auskommentiert sind, entfernen Sie die Schrägstriche 10.

Ein paar Zeilen tiefer sollten Sie die Versorgungsspannung Ihrer Drucker angeben (erfahren Sie aus dessen Handbuch oder einem Etikett auf dem Netzteil). Hinter `#define CHOPPER_TIMING CHOPPER_DEFAULT` setzen Sie den Spannungswert ein, also beim Ender 24V (das V nicht vergessen!).

Noch ein paar Zeilen tiefer entfernen Sie bei der Gelegenheit auch noch eventuell vorhandene Schrägstriche vor `#define MONITOR_DRIVER_STATUS`. Das ist wichtig für die Temperaturüberwachung der Stepperdriver durch die Firmware.

Jetzt kommen wir zum Kern des ganzen: Suchen Sie nach `#define SENSORLESS_HOMING`. Dadurch schalten Sie Stallguard ein. Darunter finden sich Zeilen mit den Einträgen `#define X_STALL_SENSITIVITY` bzw. entsprechend für

```
#define STEALTHCHOP_XY
#define STEALTHCHOP_Z
#define STEALTHCHOP_E
```

10 Diese drei Zeilen sind ein Beruhigungsmittel für die Schrittmotoren.

die Y-Achse. Der Zahlenwert dahinter legt die Empfindlichkeit der Stallguard-Funktion fest. Hohe Werte entsprechen einer hohen Empfindlichkeit. Das heißt, dass der Stepperdriver schon einen geringen Bewegungswiderstand als Blockade der Achse wertet. Niedrige Werte erfordern hingegen schon einen kräftigen Widerstand, um erkannt zu werden. Die genauen Werte werden wir später noch bei der Feineinstellung bestimmen müssen. Im Moment sollte hier jeweils 75 für die X- und Y-Achsen eingetragen sein 11.

Speichern Sie die geänderte Datei jetzt mit *Datei/Speichern*.

Jetzt geht es ans Eingemachte: Wir können nun die Firmware bauen lassen. Dazu klicken Sie in der blauen Zeile am unteren Fensterrand auf das Häkchen 12.

Jetzt werden zunächst noch benötigte Software-Bestandteile (dependencies) etc. nachgeladen. Danach laufen zahlreiche Compiler-Meldungen durch das untere Statusfenster, bis schließlich die Erfolgsmeldung erscheint 13.

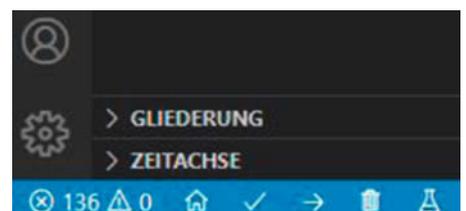
Außerdem erfahren Sie, wo die Firmware gespeichert wurde, nämlich hier: `.pio\build\STM32F103RC_btt_maple\firmware.bin` innerhalb des Projektordners. Die Datei *firmware.bin* kopieren Sie nun auf eine Speicherkarte und stecken die danach in den Kartenleser des ausgeschalteten Druckers. Schalten Sie ihn dann ein. Dabei wird die Firmware von der Karte in den Speicher des Druckers geladen und dort installiert. Den Erfolg erkennen Sie am neuen Druckernamen im Display 14.

Die Datei wird dabei auf der Speicherkarte umbenannt in *FIRMWARE.CUR*. Dies soll verhindern, dass bei einem Druckerstart mit eingelegter Karte die Firmware nochmal installiert wird.

Nach dem Start (übrigens: Der Drucker äußert sich nun in Deutsch) muss das EEPROM des Druckers neu initialisiert werden. Das

```
#if EITHER(SENSORLESS_HOMING, SENSORLESS_PROBING)
// TMC2209: 0...255. TMC2130: -64...63
#define X_STALL_SENSITIVITY 75
#define X2_STALL_SENSITIVITY X_STALL_SENSITIVITY
#define Y_STALL_SENSITIVITY 75
#define Y2_STALL_SENSITIVITY Y_STALL_SENSITIVITY
// #define Z_STALL_SENSITIVITY 8
// #define Z2_STALL_SENSITIVITY Z_STALL_SENSITIVITY
// #define Z3_STALL_SENSITIVITY Z_STALL_SENSITIVITY
// #define Z4_STALL_SENSITIVITY Z_STALL_SENSITIVITY
// #define SPI_ENDSTOPS // TMC2130 only
```

11 Diese Werte werden später noch fein eingestellt.



12 Das Häkchen rechts neben dem Haussymbol startet den Compiler.

geschieht im Drucker­menü mit *Konfiguration/Erw, Einstellungen/Werk­ein­stellungen* und *bestätigen*.

### Feineinstellung

Jetzt ist es an der Zeit, das erste Homing mit der neuen Elektronik durchzuführen. Im Drucker­menü wählen Sie *Bewegung/Auto Home*. Sie sollten jetzt den Finger auf dem Netzschalter des Druckers halten. Der Drucktisch setzt sich in Bewegung Richtung Anschläge. Dabei kann es passieren, dass der Drucker den Anschlag nicht erkennt und dies mit kräftigem Rattern zeigt. Oder er ist der Meinung, den Anschlag bereits erreicht zu haben und eine der Achsen bewegt sich gar nicht.

In beiden Fällen muss die Empfindlichkeit der Stallguard-Funktion nachjustiert werden. Das erledigen wir zunächst im Menü des Druckers. Sobald die richtigen Werte ermittelt sind, tragen wir sie außerdem in den Quellcode ein, sodass die Firmware des Druckers später bei Bedarf einfach wiederhergestellt werden kann.

Im Drucker­menü wählen Sie *Konfiguration/Erw. Einstellungen/TMC Treiber/Sensorloses Homing*. Dann stehen Ihnen zwei Menü­ein­träge zur Verfügung, je einer für die beiden Achsen 13.

Je höher der Wert für eine Achse ist, umso sensibler reagiert der Stepperdriver auf Bewegungswiderstand. Falls sich eine der Achse Ihres Druckers nicht in Bewegung setzt, muss der dazugehörige Wert etwas(!) verringert werden. Rattert die Achse in die Begrenzung ohne zu stoppen, ist ein höherer Wert notwendig. Nach jeder Änderung müssen Sie im Drucker­menü zurückgehen bis ins Konfigurations-Menü. Dort scrollen Sie nach unten und wählen *Konfig. speichern*. Erst damit landen die neuen Werte dauerhaft im EEPROM des Druckers. Dann führen Sie erneut ein Homing durch und kontrollieren, ob es dann richtig funktioniert. Das kann durchaus mehrere Male notwendig werden.

Haben Sie die erforderlichen Werte ermittelt? Falls die von den ursprünglichen abweichen,

```
Advanced Memory Usage is available via "PlatformIO Home > Project
RAM: [=== ] 27.9% (used 13720 bytes from 49152 bytes)
Flash: [===== ] 77.5% (used 203188 bytes from 262144 bytes)
Building .pio\build\STM32F103RC_btt_maple\firmware.bin
=====
Environment      Status      Duration
-----
STM32F103RC_btt_maple SUCCESS    00:01:53.391
=====
* Das Terminal wird von Aufgaben wiederverwendet, drücken Sie z
```

13 SUCCESS heißt Erfolg! Die Firmware ist fertig.

dann tragen Sie sie in die Firmware ein. Sie finden sie in *Configuration\_adv.h* unter den Namen `#define X_STALL_SENSITIVITY` bzw. `#define Y_STALL_SENSITIVITY`. Danach sollte Sie alles nochmal kompilieren und erneut auf den Drucker übertragen wie bereits beschrieben.

Und damit dürfen Sie sich nun auf den nächsten Teil dieser Tuning-Anleitung freuen. Mithilfe von *Klipper*, einer Software, die deutlich mehr als nur eine 3D-Drucker-Firmware ist, sorgen wir dafür, dass Ihr Printer mal zeigt, was er wirklich kann. —hgb

## Board für andere Drucker

Um das, was wir in diesem zweiteiligen Tuning-Artikel vorhaben, auch mit anderen Druckern durchführen zu können, brauchen diese ein Mainboard, das mit TMC2209-Stepperdrivern zusammenarbeiten kann. Hat Ihr Drucker ein Mainboard, bei dem sich die Driver wechseln lassen, heißt das noch nicht, dass er auch diese ICs in der UART-Betriebsart benutzen kann. Da müssen Sie gegebenenfalls im Handbuch nachschauen.

Ist das nicht der Fall, dann eignen sich Universalboards wie das *SKR-Pro V1.1* bzw. *V1.2* (beide sind noch im Handel) von *Bigtreetech* zum Nachrüsten. Dazu müssen Sie dann noch vier TMC2209-Module kaufen.

Auch dieses Board hat einen leistungsfähigen Prozessor (ARM Cortex M4) und zahlreiche Anschlüsse, sogar für ein ESP8266-Modul, um den Drucker WLAN-fähig zu machen.



14 Der geänderte Name Ender-s1 signalisiert, dass der Drucker mit der neuen Firmware arbeitet.

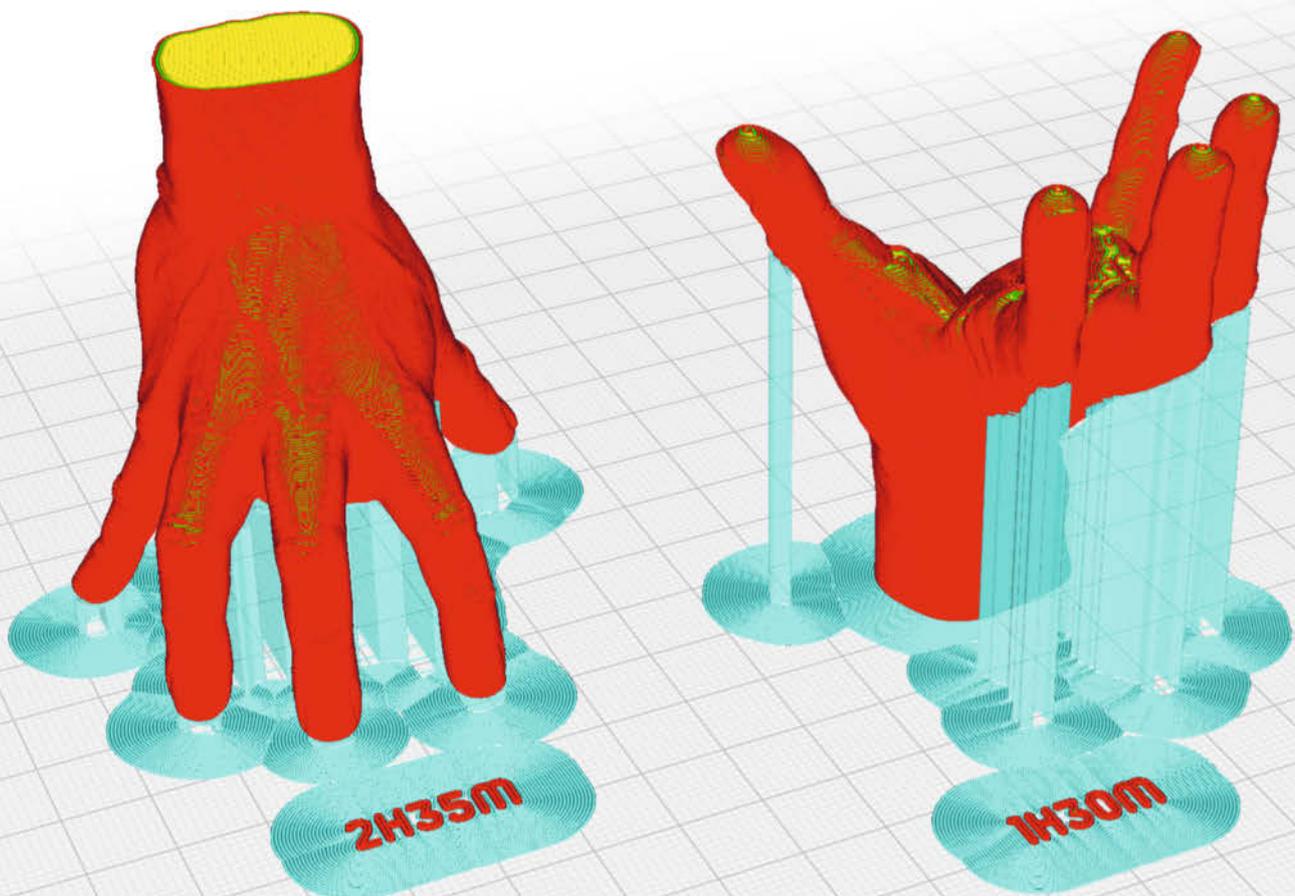


15 Das sind die Empfindlichkeitswerte für die beiden Achsen. Bitte nur in Einerschritten ändern!

# Diese Cura-Plug-ins sollte man kennen

Ob 3D-Druck-Anfänger oder alter Hase: Wer Ultimakers Cura-Slicer benutzt, sollte hin und wieder dessen Marktplatz besuchen. Dort tummeln sich viele praktische Plug-ins, die den Druckalltag ganz schön vereinfachen können. Welche besonders interessant sind, zeigen wir euch hier.

von Ákos Fodor



**F**risch in den 3D-Druck eingestiegen, hat man als Neuling viele Informationen zu verarbeiten. Wie gut, dass Ultimakers Cura-Slicer Nutzer mit einer übersichtlichen Benutzeroberfläche willkommen heißt, die auf das Wesentliche reduziert ist und schnell Orientierung bietet. Dass der Slicer wesentlich komplexer ist, merkt man spätestens, wenn man tiefer in die Einstellungen abtaucht oder mit den ersten Druck-Problemen konfrontiert ist.

Eine Besonderheit von Cura, die sich vielleicht nicht so schnell offenbart, da sie sich brav in der oberen rechten Fensterecke versteckt, ist der *Marktplatz*, über den sich der Slicer mit Plug-ins erweitern lässt. Etwas mehr als 50 Stück warten darauf, Cura-Nutzern den 3D-Druckalltag zu vereinfachen. Sie sind von der Community für die Community entwickelt, und so zielen die beliebtesten genau auf das ab, was dem Großteil der Nutzer hilft.

Bereits in der Make-Ausgabe 4/20 berichteten wir über *OctoPi* und *OctoPrint Connection*, das derzeit populärste Plug-in mit fast einer Million Downloads (siehe Link in der Kurzinfor). Es verbindet Cura über das Netzwerk mit eingebundenen 3D-Druckern, kann diese steuern und überwachen. Andere Plug-ins unterstützt dabei, Modelle optimal auszurichten, Drucker zu kalibrieren, Oberflächen zu analysieren oder Cura und 3D-Druck einfach nur besser zu verstehen.

Ihre Installation ist denkbar einfach: Über den Marktplatz-Button gelangt man direkt zu einer Auflistung **1**, kann installieren, aktualisieren, löschen oder deaktivieren, falls man sie mal nicht braucht. Wünscht man mehr Informationen über das Plug-in, führt ein Link direkt auf Github, wo meist auch eine Anleitung wartet. Nach der Installation befinden sich die kleinen Helfer entweder links bei den *Werkzeugen*, oben im Menü *Erweiterungen* oder rechts in den *Druckeinstellungen*.

Ein paar besonders praktische Plug-ins haben wir auf den folgenden Seiten zusammengetragen. In der Kurzinfor findet ihr außerdem weiterführende Links.

## Zusammenhänge besser verstehen

Wer die vereinfachten Cura-Druckeinstellungen verlässt, sieht sich plötzlich mit zahlreichen Zusatzoptionen konfrontiert. Welchen Einfluss das Verändern einer jeweiligen Einstellung auf den Druck hat, ist jedoch oft nicht so leicht zu erkennen. Cura unterstützt hier zwar mit einer thematischen Sortierung und Infokästen **2**, die auftauchen, sobald man mit der Maus über einen Einstellungspunkt fährt. Inhaltlich (er)klären diese aber meist nur den Begriff, sodass eine weitergehende Recherche notwendig ist.

## Kurzinfor

- » Cura-Plug-ins für Neulinge und Profis
- » Features kurz erklärt
- » Tipps für die Anwendung

## Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Druckserver für mehrere Drucker, Make 4/20, S. 98
- » Rebecca Husemann, Slicer Shootout, Make 4/20, S. 90
- » Heinz Behling und Peter König, Versteckte Cura-Funktionen, Make 1/19, S. 90

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

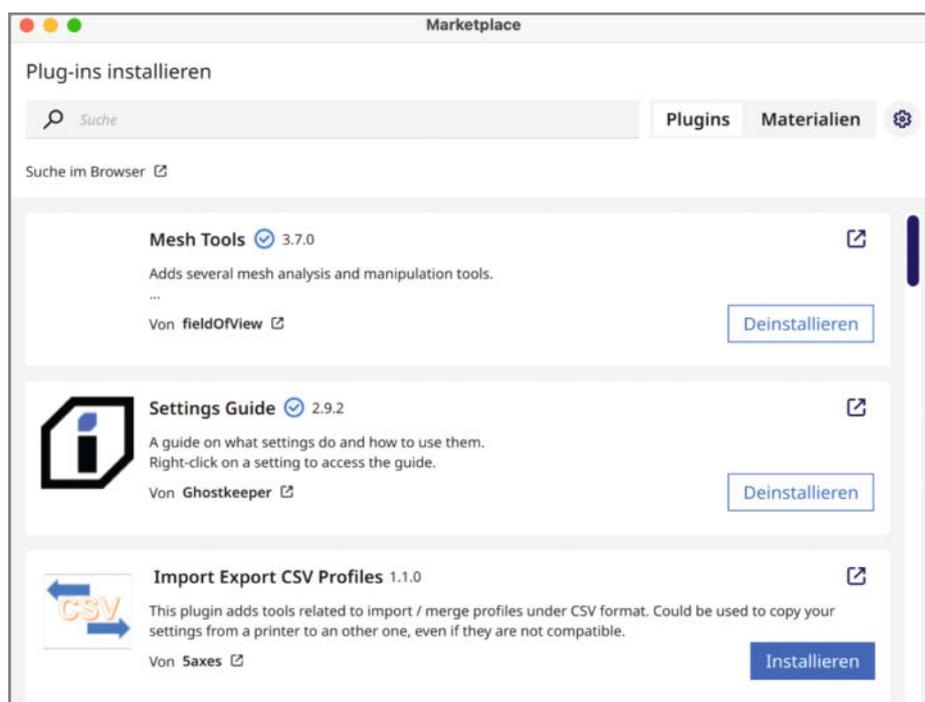


Mehr Informationen erhält man mit dem Plug-in **Settings Guide** (2.9.2) von *Ghostkeeper*. Es erweitert den Informationsumfang der eingblendeten Kästen um zusätzliche Inhalte **3** und hilft, Zusammenhänge besser zu verstehen. Sogar Einstellungen in der experimentellen Kategorie werden näher beleuchtet. Neben ausführlicheren Texten, die die Funktionsweise beschreiben, zeigen oft auch Bilder, wie die Einstellungen das Druckbild verändern. Manchmal werden sogar Vorteile und Nachteile bestimmter Optionen hervorgehoben, z.B. was man beim Thema Druckreihenfolge beachten sollte. Aufgrund der vielen Inhalte sind die Infokästen entsprechend groß geraten, lassen sich aber scrollen. Wer die Infos lieber in einem gesonderten Fenster lesen möchte, kann auch mit einem Rechtsklick auf den Ein-

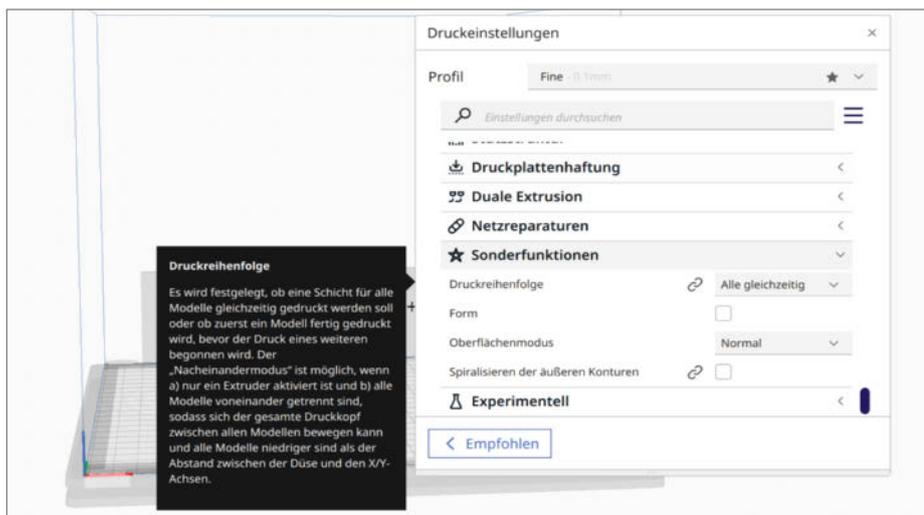
stellungs-Begriff den *Settings Guide* öffnen. Dort lässt sich außerdem über ein Symbol in der oberen rechten Fensterecke die Sprache einstellen.

## Analysieren, reparieren und separieren

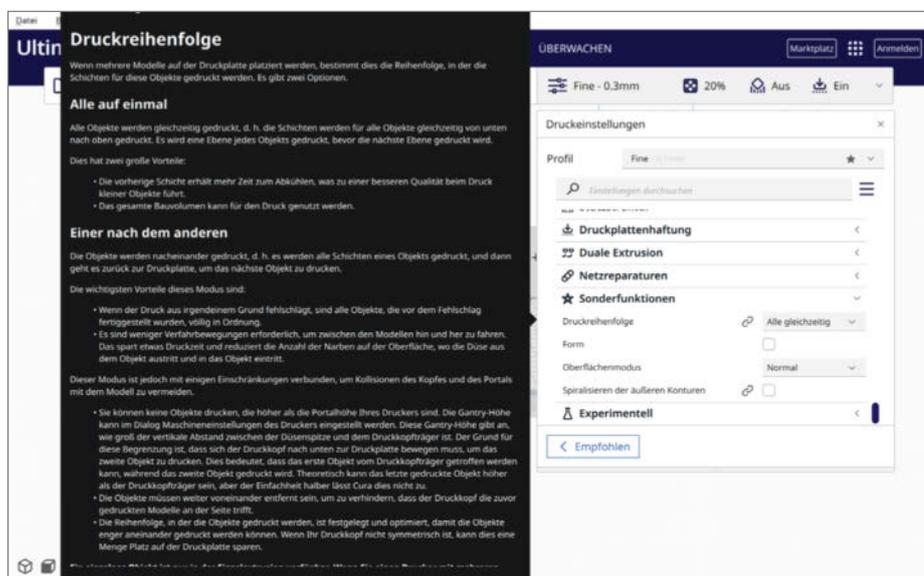
Damit Cura ein 3D-Modell fehlerfrei slicen kann, sollte es wasserdicht sein, das heißt, über eine geschlossene Oberfläche verfügen. Lücken im Polygonnetz (Mesh) oder Flächen, die nach innen statt nach außen zeigen (Flipped Normals), können zu einem fehlerhaften *G-code* und 3D-Druck führen. Cura bügelt zwar beim Slicen einiges aus, weist uns jedoch nicht immer auf Fehler hin und wir erhalten keine Rückmeldung darüber, dass etwas beim Slicen repariert wurde.



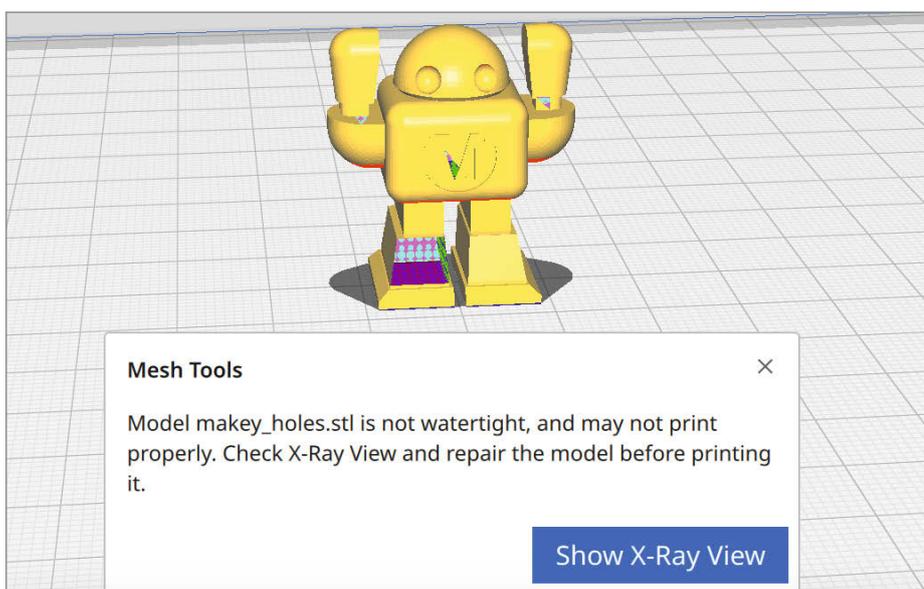
**1** Über den Marktplatz lassen sich Plug-ins schnell und einfach installieren.



2 So sieht der Standard-Infokasten von Cura aus.



3 Mit dem Settings Guide erhält man wesentlich mehr Informationen.



4 Mesh Tools hat ein fehlerhaftes Modell erkannt und führt uns in die Röntgen-Ansicht.

Abhilfe schafft da das Plug-in **Mesh Tools** (3.7.0) von *fieldOfView*. Ist es installiert und wir importieren ein fehlerhaftes Modell, erhalten wir umgehend einen entsprechenden Hinweis 4 sowie die Empfehlung, über eine Schaltfläche in die *Röntgen-Ansicht* (X-Ray) zu wechseln. Dort werden Fehler rot hervorgehoben 5, sodass man sie selbst in den entlegensten Winkeln findet. Mit einem Rechtsklick auf das Modell gelangen wir dann in das *Mesh Tools*-Menü und können mit zwei *Fix*-Befehlen versuchen, das Modell zu reparieren. Einzelne Polygone sind keine Herausforderungen für das Plug-in. Schlägt die Reparatur jedoch fehl, erhalten wir den Hinweis, dass wir das Modell in einem anderen Programm manuell reparieren müssen.

*Mesh Tools* kann aber noch mehr. Hat man mehrere 3D-Modelle in eine Datei exportiert 6, werden sie in Cura als eine Instanz importiert. Die einzelnen Objekte (Submeshes) lassen sich dann jedoch nicht getrennt ausrichten und auf dem Druckbett platzieren oder gar löschen. Mit dem Befehl *Split model into parts* 7 kann man solche Verbunde auftrennen und Cura behandelt die Submeshes fortan als einzelne Objekte.

Darüber hinaus liefert das Plug-in grundsätzliche Informationen wie die Polygonanzahl, die Oberfläche oder das Volumen eines Objekts. Letzteres lässt sich beispielsweise nutzen, wenn man später ein Modell gießen möchte und berechnen möchte, wieviel Material dafür benötigt wird. Außerdem erlaubt das Plug-in, einzelne Importe neu zu laden, umzubenennen oder durch andere zu ersetzen. Hat sich beim Export der Ursprung des 3D-Modells verschoben, kann man ihn mit *Reset origin to center of mesh* zurücksetzen.

Gut gedreht und Zeit gespart

Manche Modelle kommen beim 3D-Druck nicht ohne Stützen aus. Das kostet jedoch Zeit und Material. Was bei einem einzelnen Teil noch in Ordnung sein mag, kann sich bei vielen Teilen schnell summieren. Oft lassen sich Modelle aber auch so auf der Druckplattform ausrichten, dass sie möglichst wenig Stützmaterial benötigen oder schneller gedruckt werden können. Cura bietet dafür zwar manuelle Werkzeuge – schneller, einfacher und genauer geht es aber mit dem Plug-in **Auto-Orientation** (3.7.1) von *nallath*.

Dieses beinhaltet ein Open-Source-Werkzeug, das ursprünglich von Christoph Schranz für industrielle Prozessketten entwickelt wurde und ein manuelles Ausrichten von Modellen überflüssig machen soll. Mithilfe von Algorithmen findet das Plug-in selbst heraus, wie ein Modell gedreht werden muss, um *optimal* druckbar zu sein. Damit ist gemeint, dass Überhänge und somit auch das benötigte Stützmaterial minimiert werden.

Wie die Berechnungen im Detail funktionieren, beschreibt Schranz in einer wissenschaftlichen Arbeit, die kostenfrei zur Verfügung steht (Link siehe Kurzinfor).

In Cura lässt sich *Auto-Orientation* über das *Erweiterungen*-Menü in zwei Varianten ausführen: *fast* und *extended*. Beide Befehle verwenden unterschiedliche Algorithmen und berechnen die Rotation der Modelle dementsprechend anders. Daher ist es sinnvoll, die Resultate zu vergleichen. Das Rotieren selbst dauert (je nach Modell) nur wenige Sekunden, kann im Ergebnis aber Material und Zeit sparen. Das eiskalte Händchen auf dem Titelbild benötigt beispielsweise dank *Auto-Orientation fast* nur die Hälfte an Druckzeit.

Man sollte bei der Verwendung des Plug-ins allerdings bedenken, dass die optimale Ausrichtung nicht berücksichtigt, wie stabil das gedruckte Objekt sein wird. Je nach Anwendungszweck muss man also abwägen, ob das Plug-in oder ein manuelles Ausrichten sinnvoller ist.

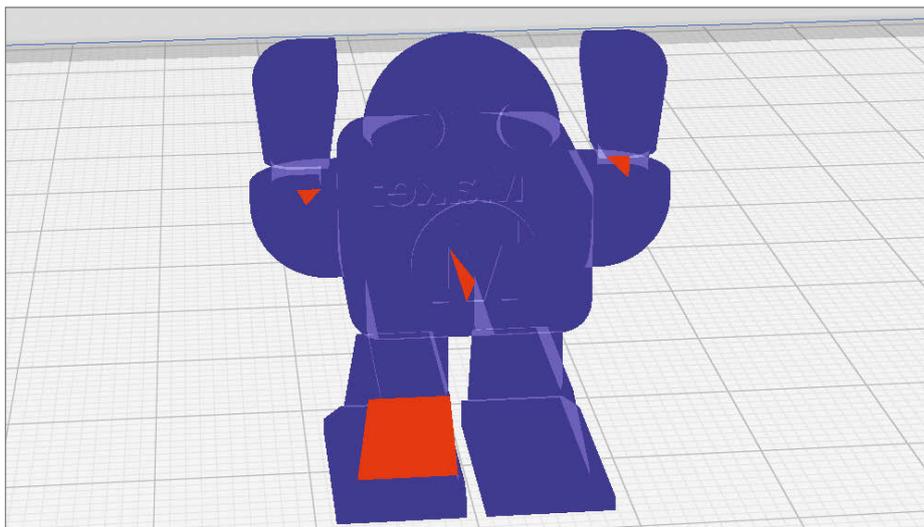
### Einfacher kalibrieren

Nicht immer verhält sich ein neu gekauftes Filament so, wie wir es uns wünschen. Selbst Kunststoffe desselben Herstellers können je nach Farbe zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen führen, ziehen Fäden oder zeigen andere Unstimmigkeiten. Diese ergeben sich in der Regel aus dem Zusammenspiel von Temperatur und der Geschwindigkeit, mit der das Material verarbeitet wird. Klingt zwar nach einer einfachen Gleichung – das Finetuning, um die optimalen Einstellungen zu finden, kann aber ganz schön zeitintensiv sein.

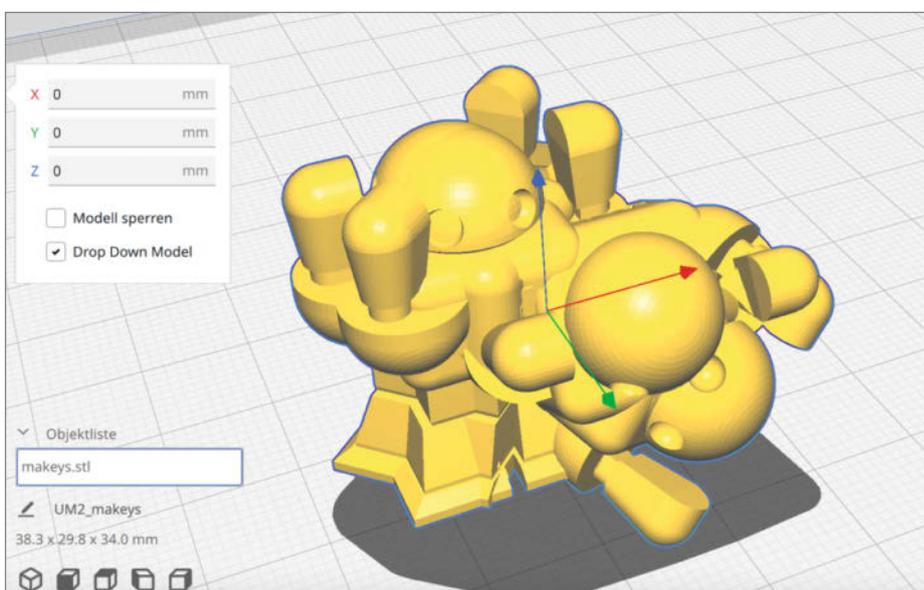
Um den Prozess zu vereinfachen, gibt es auf Thingiverse und Co. schon länger sogenannte Türme (Tower). Das sind Modelle, die eine oder mehrere Druckparameter nacheinander testen, z.B. unterschiedliche Temperaturen, Material-Fluss (Flow) oder den Material-Rückzug (Retraction). Mit ihrer Hilfe lässt sich rasch ablesen, wie heiß und schnell ein Material verarbeitet werden sollte.

Damit man nicht mehr nach spezifischen Towern im Internet suchen muss, hat **Brad Kartchner** mit seinem Plug-in **AutoTowers Generator** (2.6.0) eine sinnvolle Sammlung zusammengetragen. Über das *Erweiterungen*-Menü findet man *Fan Tower*, *Retraction Tower*, *Speed Tower*, *Temp Tower* und ein paar Muster, um Druckplatten perfekt manuell auszurichten. Ist der *AutoTower* zur Druckplatte hinzugefügt, muss nur noch auf *Slice* gedrückt werden und das Plug-in passt den G-code so an, dass z.B. ein *Temperature Tower* **8** beim Druck etagenweise die Temperatur erhöht.

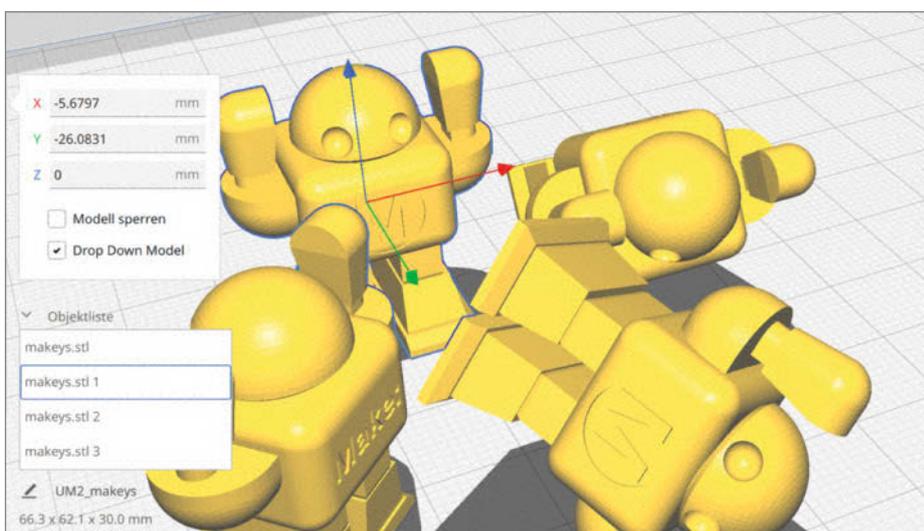
Wer *OpenSCAD* auf seinem Computer installiert hat, kann die Test-Türme sogar direkt in Cura anpassen. Wenn man nämlich einen



**5** In der Röntgen-Ansicht werden Fehler im Mesh rot hervorgehoben.



**6** Diese Datei besteht aus mehreren Submeshes, die ineinander stecken.



**7** Mit Mesh Tools lassen sich die Submeshes trennen und einzeln platzieren.



8 Ein Temperature Tower testet das Material etagenweise mit verschiedenen Temperaturen.

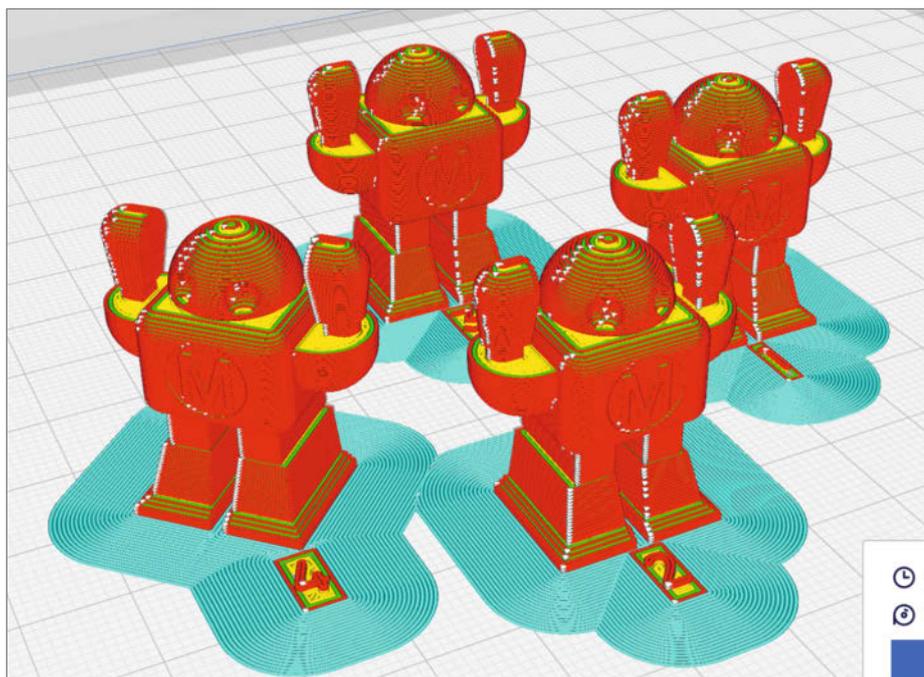
Custom Tower über das Erweiterungen-Menü auswählt, erscheint eine Eingabemaske 9 zum Ändern der verfügbaren Parameter.

### Drucke kennzeichnen ohne Stift

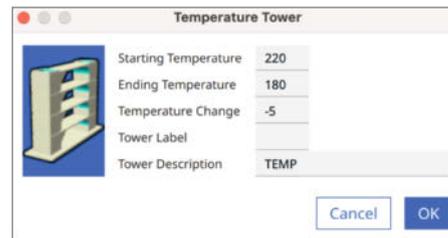
Wer komplexe Projekte mit vielen 3D-Objekten druckt, kann schnell mal den Überblick verlieren. Wenn ähnliche Teile auf dem Druck-

bett liegen oder es darum geht, sie samt Anleitung an jemanden weiterzugeben, hilft natürlich eintüten und beschriften. Nutzt man jedoch das Plug-in **Name it!** (1.8.1) von 5axes, kann man den Stift getrost in der Schublade lassen.

Mit **Name it!** lassen sich nämlich Modelle direkt in Cura mit einer zusätzlichen Bezeichnung versehen 10, die ebenfalls mitgedruckt wird. Dazu wählt man lediglich ein Druckob-



10 So lassen sich Druckobjekte später einfacher zuordnen.



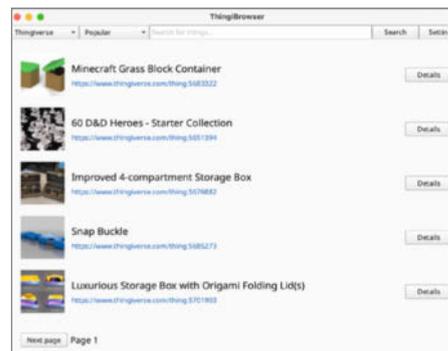
9 Mit installiertem OpenSCAD lassen sich auch eigene Tower konfigurieren.

jekt aus und führt über das Erweiterungen-Menü *Add Number*, *Add Number From Part* oder *Add Name* als Befehl aus. Ist kein Modell angeklickt, gelten die Befehle für alle Teile auf dem Druckbett. Ziffern werden fortlaufend hochgezählt und *Add Numbers From Part* ist praktisch, wenn man mehrere Kopien eines Modells auf der Druckplattform hat, die durchgezählt werden sollen. Dafür verwendet das Plug-in die Zahl, die sich in der Klammer hinter dem Objektnamen befindet.

In jedem Fall sollte man *Name it!* ganz zum Schluss, also direkt vor dem Slicen, verwenden und sich vorher überlegen, wie man die Objekte auf dem Druckbett ausrichten (z.B. mit *Auto-Orientation*) und benennen möchte. Sind Namen und Ziffern erst einmal auf dem Druckbett erstellt, ist es nämlich nur mit Mühe möglich, sie nachträglich zu ändern. Wer seine Dateien nicht vor dem Import umbenennen will, kann das auch über das Erweiterungen-Menü mit dem Befehl *Rename Models* machen. Dort befinden sich auch die Plug-in-Einstellungen, über die man die Textparameter festlegen kann und wo die Bezeichnungen am Objekt platziert werden sollen (z.B. davor oder darunter).

### Thingiverse in Cura

Eben noch mal schnell ein Spielzeug oder Ersatzteile ausdrucken? Dank Plattformen wie *Thingiverse* und *MyMiniFactory* ist das kein Problem. Wer Futter für seinen 3D-Drucker sucht, wird hier mit Sicherheit fündig.



11 ThingiBrowser lässt uns in Cura nach Modellen auf Thingiverse und MyMiniFactory suchen.

Dank des **ThingiBrowser** (3.0.0) von *Chris ter Beke* können wir direkt in Cura auf beide Plattformen zugreifen und komfortabel nach Modellen suchen **11**, um sie anschließend gleich auf dem Druckbett zu platzieren. Die Suche lässt sich nach Popularität oder Aktualität sortieren. Wenn man in den Einstellungen seinen Thingiverse-Nutzernamen einträgt, erscheinen ebenfalls Modelle, die man selbst hochgeladen oder mit einem *Like* versehen hat. MyMiniFactory erfordert ein zusätzliches Passwort.

Im Plug-in selbst lassen sich leider keine weiteren Likes oder Lesezeichen hinzufügen. Sollte man also größere Projekte nachdrucken, muss man sich merken, wo man stehen geblieben ist. Zumindest stellt das Plug-in für jedes Projekt auch einen Link zur Website bereit, sodass man es dort mit einem Like versehen oder mit anderen teilen kann.

Hat man ein passendes Projekt gefunden, führt die Schaltfläche *Details* direkt zu den Druckdaten. Und mit einem weiteren Klick liegen diese dann auch schon auf der Druckplattform und können gesliced werden.

### Z-Offset in Druckprofilen ändern

Der Abstand zwischen Hotend und Druckfläche beeinflusst, wie gut die erste Druckschicht gelingt. Ist mechanisch am Drucker alles sauber ausgerichtet, kann es aber dennoch passieren, dass ein Filament zu dick aufgetragen wird oder das Hotend ein wenig zu hoch sitzt, sodass sich das Filament direkt wieder löst. Dafür bietet die Firmware eines 3D-Druckers den Wert *Z-Offset* an, mit dem sich, ohne zu schrauben, die Entfernung nachjustieren lässt. Und da man an einer perfekt eingestellten Maschine nicht mehr herumschrauben sollte, taucht *Z-Offset* in Cura gar nicht erst als Option auf. Materialien verhalten sich jedoch unterschiedlich, und haften unterschiedlich am Druckbett. Was kann man also tun, wenn man für *PLA* und *PETG* gern ein anderes *Z-Offset* hätte?

Da kommt das Plug-in **Z Offset Setting** (3.6.0) von *fieldOfView* ins Spiel. Mit ihm kann man das *Z-Offset* softwareseitig anpassen und in den Materialprofilen individuelle Werte einstellen. Nach dem Installieren befindet sich das Eingabefeld daher auch nicht im *Erweiterungen*-Menü, sondern auf der rechten Seite in der Kategorie *Druckplattenhaftung*. Wer nicht durch die lange Einstellungsliste scrollen will, kann im Suchfeld auch einfach nach *offset* suchen.

Hinweis: Da das *Z-Offset* dafür gedacht ist, Abstände zur Druckplattform im Zehntel-Millimeterbereich zu korrigieren, sollte der Wert in entsprechend kleinen Schritten erhöht oder verringert werden. Ansonsten läuft man Gefahr, das Hotend in das Druckbett zu fahren und seine Mechanik zu beschädigen.

### Damit sich nichts verbiegt

Wenn sich ein Modell beim Abkühlen verbiegt (*Warping*) und vom Druckbett löst, resultiert das gern in einer längeren Fehlersuche. Lässt sich das Problem mit den Haftmethoden *Brim* oder *Raft* nicht lösen, bleibt oft nur noch der schnelle Griff zum Klebestift. Die Druckplatte danach jedes Mal zu reinigen, ist allerdings auch keine Freude. Eine einfachere und schnellere Lösung verspricht das Plug-in **TabAntiWarping** (1.3.2) von *Saxes*.

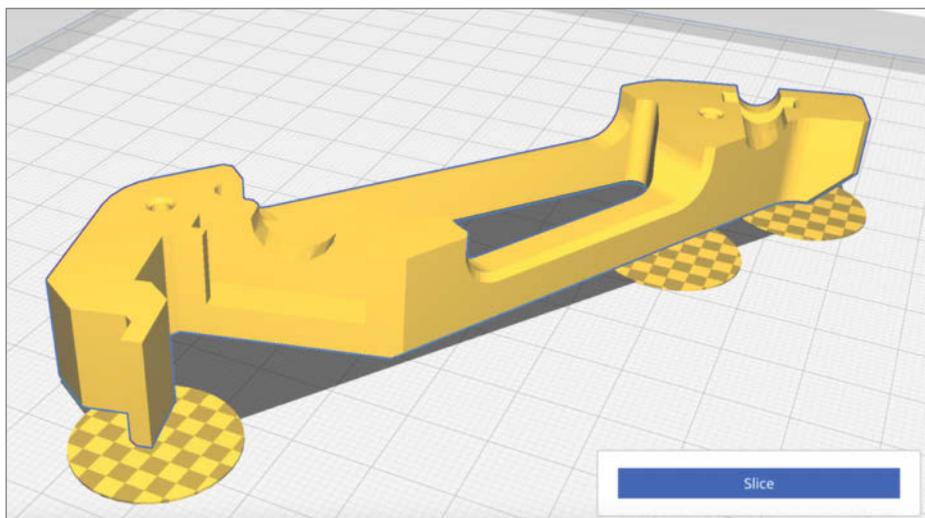
Mit ihm lassen sich gezielt kreisförmige Flächen (*Tabs*) an Objektkanten platzieren, um einem *Warping* entgegenzuwirken. Das spart Zeit und Material, denn anstatt das *Brim* überall zu vergrößern, erweitern wir die Druckplattenhaftung nur dort, wo es notwendig ist.

Erreichbar ist das Werkzeug über ein Symbol am linken Bildschirmrand. Nachdem wir es angeklickt haben, erscheinen zunächst

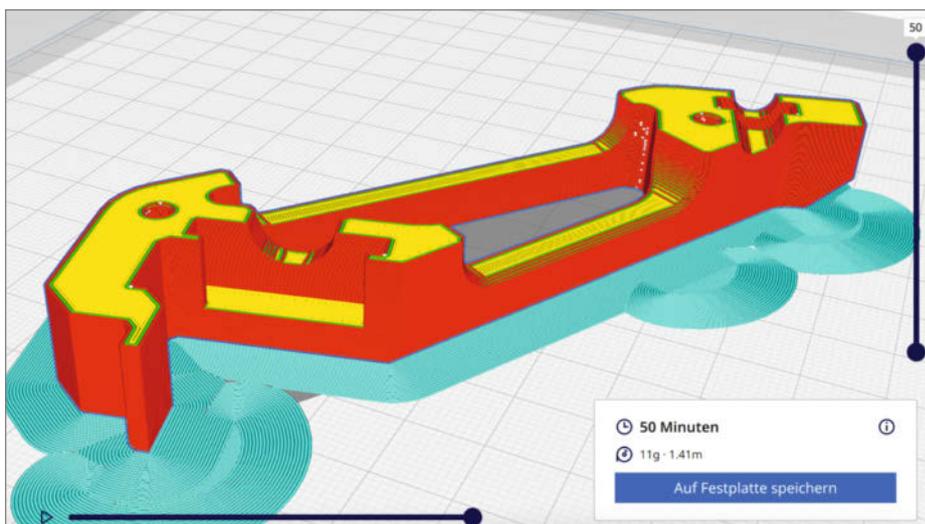
Optionen, mit denen wir den Durchmesser der *Tabs*, den Abstand zum Modell und die Anzahl der Ebenen bzw. die Höhe einstellen können. Verformen sich die Kreisflächen ebenfalls beim Druck, bietet *TabAntiWarping* außerdem die Option *Define as Capsule* an. Dann werden anstatt von Kreisflächen tellerförmige Formen genutzt, die sich nicht so leicht verziehen.

Ist alles eingestellt, klickt man mit der Maus an die Problemstellen **12** und die kleinen Helfer werden vom Plug-in dort generiert. Hat man sich verlickt, lassen sich die *Tabs* auch einzeln wieder entfernen. Nach dem *Slicen* ergänzen die *Tabs* die übrige Druckplattenhaftung **13**.

Unter dem Namen **Tab+ AntiWarping** (1.0.5) bietet *Saxes* auch eine automatische Variante des Plug-ins an. In meinen Tests platzierte diese jedoch häufig *Tabs* ohne einen Kontakt zum Modell. Daher ist die manuelle Variante die zuverlässigere Wahl. —*akf*



**12** Tabs können mit der Maus dort platziert werden, wo sie benötigt werden.



**13** Nach dem Slicen ist die Druckplattenhaftung dort erweitert, wo die Tabs gesetzt wurden.

# Tipps & Tricks

## Diesmal zwei Tipps für die Heimwerkstatt: eine weniger bekannte Spannhilfe fürs Grobe und feinste kleine Schalter für delikate Elektronik

von Michael Gaus und Miguel Köhnlein

### Handfeilkloben

Beim Basteln nutzen wir zum Festhalten von Werkstücken gerne einen Handfeilkloben. Dabei handelt es sich im Prinzip um einen Mini-Schraubstock mit Flügelmutter. Dieses Werkzeug wird jedoch üblicherweise nicht am Arbeitstisch festgemacht, sondern in der Hand gehalten und ermöglicht während der Bearbeitung die Werkstücke zu drehen und wenden, beispielsweise beim Feilen oder Löten. Bestens geeignet ist diese Haltehilfe für kleinere Werkstücke, die auf diese Weise flexibel in der Hand bearbeitet werden können. Typische Anwendungsgebiete finden sich im Modellbau und der Feinmechanik.

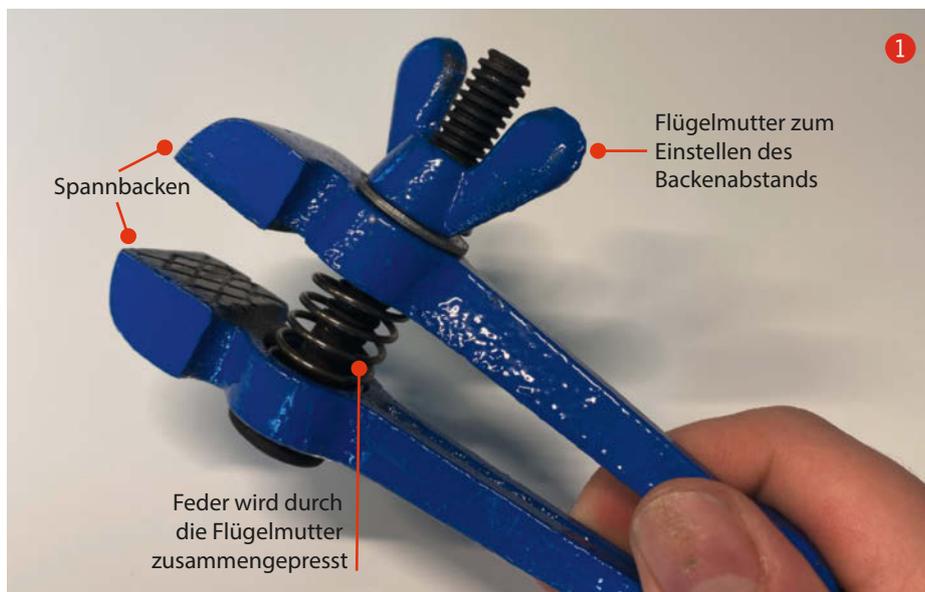
Der Handfeilkloben **1** verfügt über zwei Spannbacken, die von einer Feder auseinandergehalten werden und zum Spannen des Werkstücks mittels einer Flügelmutter zusammengepresst werden. Im Gegensatz zur Verwendung einer Flachzange ist während der Bearbeitung kein Kraftaufwand zum Halten des Werkstücks mehr erforderlich, sondern lediglich beim Ein- und Ausspannen des Werkstücks. Durch Auf- bzw. Zudrehen der Flügelmutter lässt sich der Backenabstand entsprechend verstellen. Manche Ausführungen verfügen über einen prismatischen Einschnitt in den Backen, um runde Werkstücke besser spannen zu können.

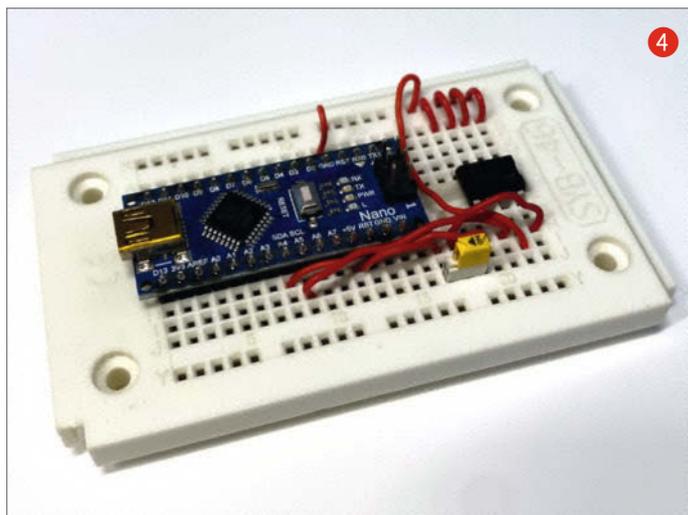
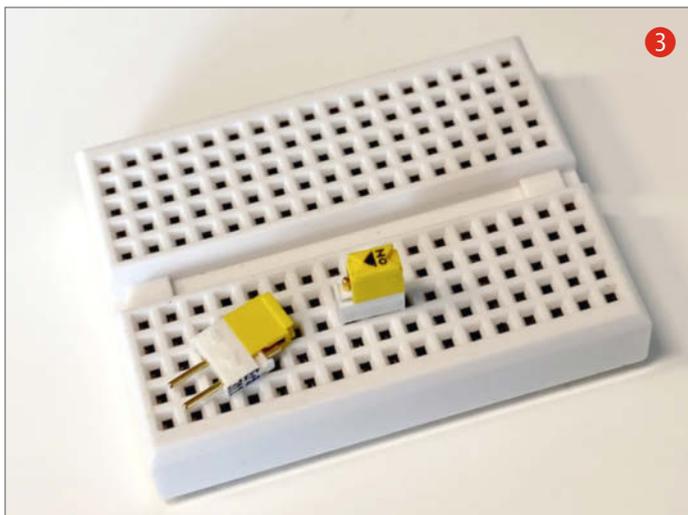
Der Handfeilkloben besteht komplett aus Stahl, damit ist er hitzebeständig und somit auch für Arbeiten mit der Heißluftpistole oder dem Lötbrenner geeignet. Um Bauteile aus Recyclinggründen aus Platinen für die Bastelkiste auszulöten, kann die bestückte Leiterplatte im Handfeilkloben eingespannt und mit dem Heißluftgebläse erhitzt werden, sodass die Lötstellen schmelzen. Dabei kann man die Platine passend drehen und wenden, sodass die Bauteile schließlich herausfallen. Gegebenenfalls hilft dabei am Ende ein leichtes Klopfen auf die Leiterplatte, beispielsweise mit einem Schraubendreher. Je nach Größe der Masseflächen muss die Platine mehr oder weniger stark aufgeheizt werden, wobei der Handfeilkloben erspart, die heiße Platine direkt mit bloßen Händen anzufassen.

Beim Arbeiten mit der Heißklebepistole leistet der Mini-Handsraubstock ebenfalls gute Dienste. Während des Klebevorgangs kann das festgehaltene Teil passend gedreht oder gekippt werden. Nachdem die Klebestellen etwas abgekühlt sind, legt man das Werk-

stück samt Handfeilkloben auf dem Basteltisch ab, ohne dass die Klebestellen mit anderen Teilen in Berührung kommen.

Das Bohren von dünnen Blechen ist gefährlich, da sich das Blech gern am Bohrer verklemmt und dann zu einem rotierenden





Messer wird, welches schwere Verletzungen verursachen kann. Der Handfeilkloben **2** sorgt für sicheren Halt und einen guten Abstand zu den Händen. Das Blech wird so eingespannt, dass sich das zu bohrende Loch in geringem Abstand zu den Spannbacken befindet. Zum Bohren am besten eine Tischbohrmaschine verwenden. Als Bohrunterlage wird eine (Opfer) Holzplatte unterlegt, damit sich das Blech nicht durchbiegen kann. Nun wird das im Handfeilkloben fixierte Blech auf die Holzplatte aufgelegt und das Loch gebohrt.

Nützlich ist dieses Werkzeug schließlich auch beim Schleifen von Werkstücken an einer Bandschleifmaschine: Es bietet sicheren Halt und eine sichere Entfernung der Finger zum Gefahrenbereich.

### Jumper mit Schiebeschalter

Bei vielen Platinen sind Jumper, also steckbare zweipolige Kurzschlussbrücken, vorgesehen. Hierüber konfiguriert man beispielsweise spezielle Betriebsmodi bei einem Mikrocontroller. Oder die Firmware erkennt an einem Port-Pin, ob ein bestimmtes Feature aktiviert werden soll. Das gängige Rastermaß beträgt 2,54mm. Als Alternative zu dieser herkömmlichen Ausführung gibt es auch Jumper mit integriertem Schiebeschalter. Diese haben ebenfalls das Rastermaß 2,54 mm und können somit direkt anstelle einer zweipoligen Stiftleiste eingelötet werden, auf die man normalerweise den Jumper steckt.

Die Schiebeschalter-Jumper passen vom Raster her auch in eine Standard-Lochrasterplatine und Breadboards. Das Gehäuse ist aufgrund des Schiebemechanismus ungefähr 1mm breiter als eine gewöhnliche Stiftleiste, was jedoch in der Praxis meistens keine Platzprobleme verursacht. Aufgrund des integrierten Schalters bieten diese speziellen Jumper den Vorteil, dass die abnehmbare Kurzschlussbrücke nicht verloren gehen kann. Im Gegensatz zu einer herkömmlichen Lösung braucht

man hier auch keine Parkposition für den abgezogenen Jumper vorzusehen.

Solche Jumper-Schiebeschalter **3** sind in der Handhabung meist viel praktischer als herkömmliche Jumper. Wenn beispielsweise während der Entwicklungsphase oft ein *Bootloadermode* aktiviert werden muss, um den Mikrocontroller mit einer geänderten Firmware zu programmieren, ist das Betätigen des Jumper-Schiebeschalters um einiges bequemer als immer wieder eine Kurzschlussbrücke auf eine Stiftleiste fummeln zu müssen.

Für den Gebrauch auf Breadboards sind die Anschlusskontakte an der Unterseite von herkömmlichen Stiftleisten etwas zu kurz, um diese kontaktsicher direkt einstecken zu können. Man müsste erst umständlich die Stifte ein kleines Stück aus dem Kunststoffkörper herauschieben oder einen Adapter löten. Im Gegensatz dazu kann ein Jumper-Schiebeschalter problemlos auch auf einem Steckbrett verwendet werden, ohne dass ein zusätzlicher Adapter notwendig ist. Dadurch kann man sehr platzsparend einen Schiebeschalter **4** in eine Breadboard-Schaltung einbauen. Damit lässt sich beispielsweise die Spannungsversorgung schalten. Bei der Programmierung mehrerer *EEPROMs* auf einem Steckbrett konnten wir so bequem die Spannungsversorgung des Spei-

cherbausteins abschalten, ohne beim Bauteilwechsel jedes Mal den USB-Stecker des Arduino-Boards ziehen zu müssen und somit auch ein nerviges *USB-Renumbering* umgehen.

Am besten stellt man den Jumper-Schiebeschalter auf die ON-Position, bevor man ihn in die Breadboard-Kontakte einsteckt. Dadurch wird verhindert, dass der äußere Kontaktstift des Schalters möglicherweise nach oben gedrückt wird, falls man ihn beim Einführen in die Kontaktbuchsen des Steckbretts verkantet.

Die Pfeilrichtung auf dem Schiebeschalter zeigt an, in welcher Position der Kontakt geschlossen ist. Hersteller der hier gezeigten Komponenten ist *ERG Components*, die Herstellerleitennummer lautet *JSA4-1-G0*, Bezugsquellen finden Sie in den Links zum Artikel. Die Strombelastbarkeit beträgt laut Datenblatt bis zu 1A. Nachteilig gegenüber einer herkömmlichen Jumperlösung ist der höhere Preis des Jumper-Schiebeschalters, was aber auf Breadboards und bei Einzelstückfertigung kaum eine Rolle spielt.

—caw

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xn3f](https://www.make-magazin.de/xn3f)



## 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 ...).

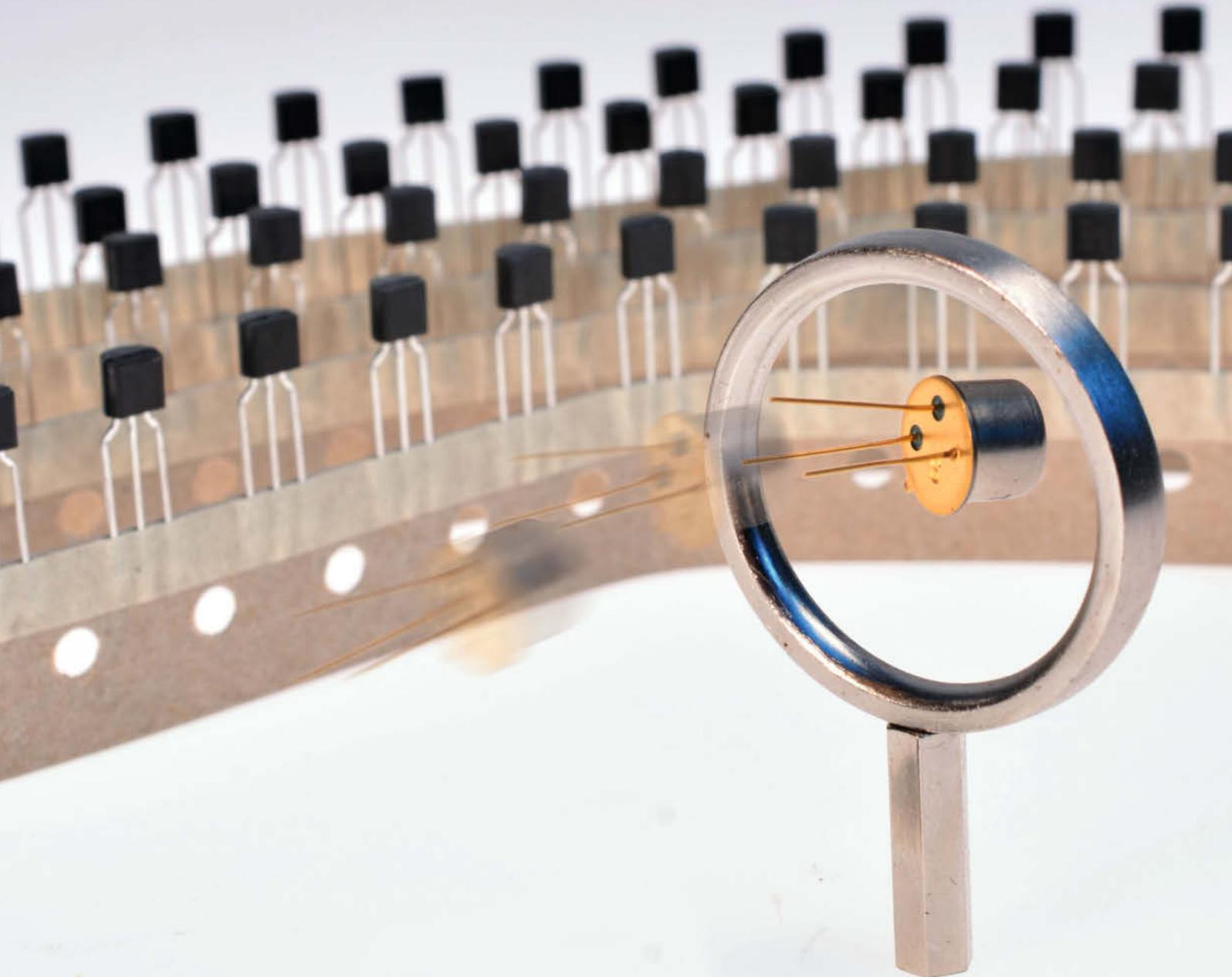
Wenn wir Ihren Tipp veröffentlichen, bekommen Sie das bei Make übliche Auto-renhonorar. Schreiben Sie uns dazu einen Text, der ungefähr eine Heftseite füllt und legen Sie selbst angefertigte Bilder bei. Senden Sie Ihren Tipp mit der Betreffzeile *Lesertipp* an:

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

# Transistor-Tricks

Vom Schmitt-Trigger zum Stromspiegel, von der Kaskode zur Konstantstromquelle: Mit Transistoren kann man viel mehr machen als nur verstärken und schalten. Wir zeigen einige Grundsaltungen, die nicht jeder kennt.

von Carsten Meyer



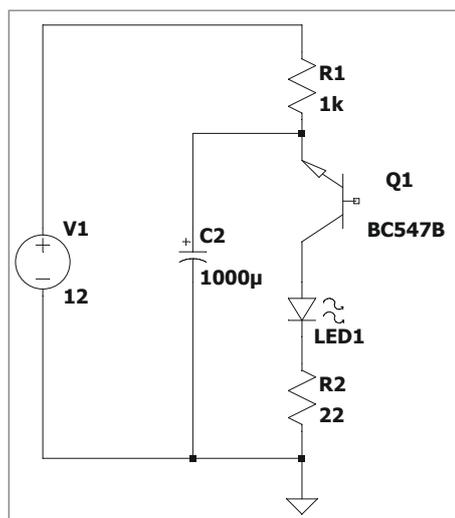
**W**issen Sie, dass man eine Blinkschaltung mit nur einem Transistor aufbauen kann, wie ein *Stromspiegel* funktioniert oder was ein *Long Tailed Pair* ist? Die folgenden kleinen Schaltungen sind tatsächlich nicht jedermann bekannt, können aber mit wenig Aufwand Probleme lösen, die man sonst nur umständlich mit Operationsverstärkern oder Logik-Gattern aufbauen würde.

### Ein-Transistor-Blinker

Der Multivibrator mit zwei Transistoren im Gegentakt war wohl für nahezu jeden Maker die Einstiegsdroge in die Welt der Elektronik, den Autor eingeschlossen. Aber eine LED-Blinkschaltung mit nur einem Transistor – das geht? Ja, aber nicht mit orthodoxem Schaltungsdesign: Der Ein-Transistor-Blinker betreibt das aktive Element auf eine eigentlich unzulässige Weise, nämlich verpolt.

Hintergrund: Beaufschlagt man die Kollektor-Emitter-Strecke eines gewöhnlichen NPN-Transistors mit einer *negativen* Spannung, steigt der Strom zunächst nur wenig an. Übersteigt die Spannung einen gewissen Grenzwert, beginnt plötzlich ein vergleichsweise hoher Strom zu fließen und die Spannung bricht schlagartig zusammen. Verursacht wird dies durch einen Lawinen- oder *Avalanche*-Effekt. Der Vorgang ist, solange die Grenzdaten des Bauteils nicht überschritten werden, reversibel.

Unsere Schaltung macht sich genau diesen Effekt zunutze: Über einen Widerstand lädt sich der Kondensator C1 langsam auf, bis die Durchbruchspannung der verpolt betriebenen C-E-Strecke erreicht ist. Die Ladung ergießt sich nun kurz in die LED, bis der Kondensator



Nicht zu simulieren, funktioniert aber trotzdem: Der Ein-Transistor-Blinker. Mit einem zusätzlichen 10-kΩm-Widerstand zwischen (der hier offenen) Basis und Kollektor verringert sich die Blinkfrequenz merklich.

### Kurzinfo

- » Avalanche-Effekt ausgenutzt: Ein-Transistor-Blinker und Pulsgenerator
- » Schaltungskniffe für analoge und digitale Elektronik
- » Stromspiegel und Differenzverstärker in der Praxis

### Checkliste

-  **Zeitaufwand:** 2 Stunden
-  **Kosten:** 0 bis 5 Euro
-  **Programmieren:** Bedienung des Simulationsprogramms LTspice
-  **Löten:** Aufbau der Schaltungen auf Lochrasterplatine oder Breadboard

### Mehr zum Thema

- » Carsten Meyer, Kleine Helfer mit drei Beinen, c't Hacks 2/14, S. 32
- » Daniel Bachfeld, Transistoren als Schalter, Sonderheft Elektronik 2021, S. 18
- » Florian Fusco, Space-Sounds aus dem Siliziumchip, Make 1/18, S. 48
- » Thomas Hirschberg, Symmetrische Signalübertragung, Make 5/22, S. 74

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

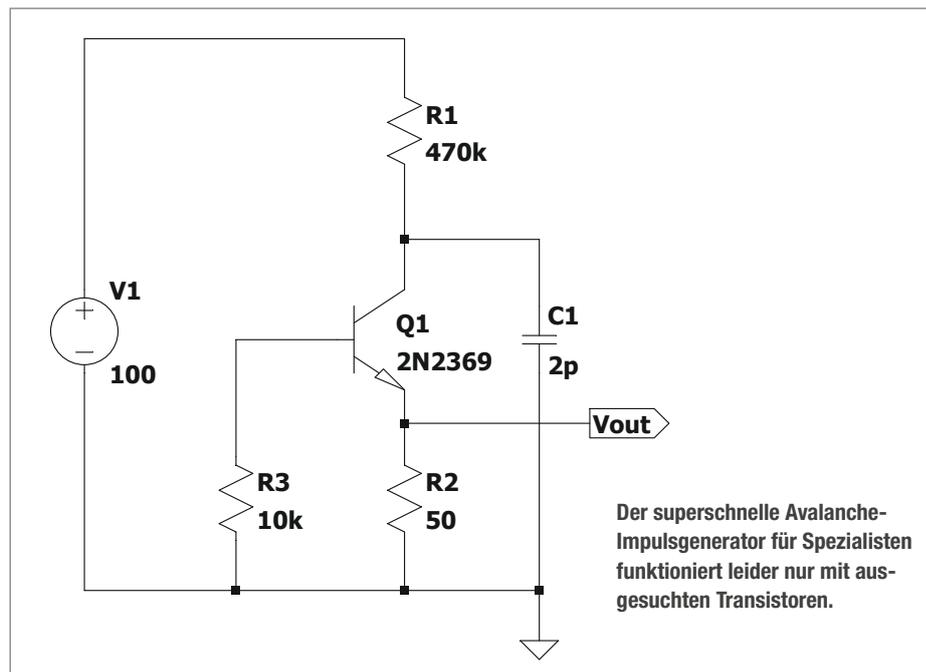


sator weit entladen ist, und das Spiel beginnt von Neuem. Im Unterschied zum Multivibrator ist das Impuls-/Pausenverhältnis nicht in weiten Grenzen einstellbar, die LED blitzt immer nur vergleichsweise kurz auf.

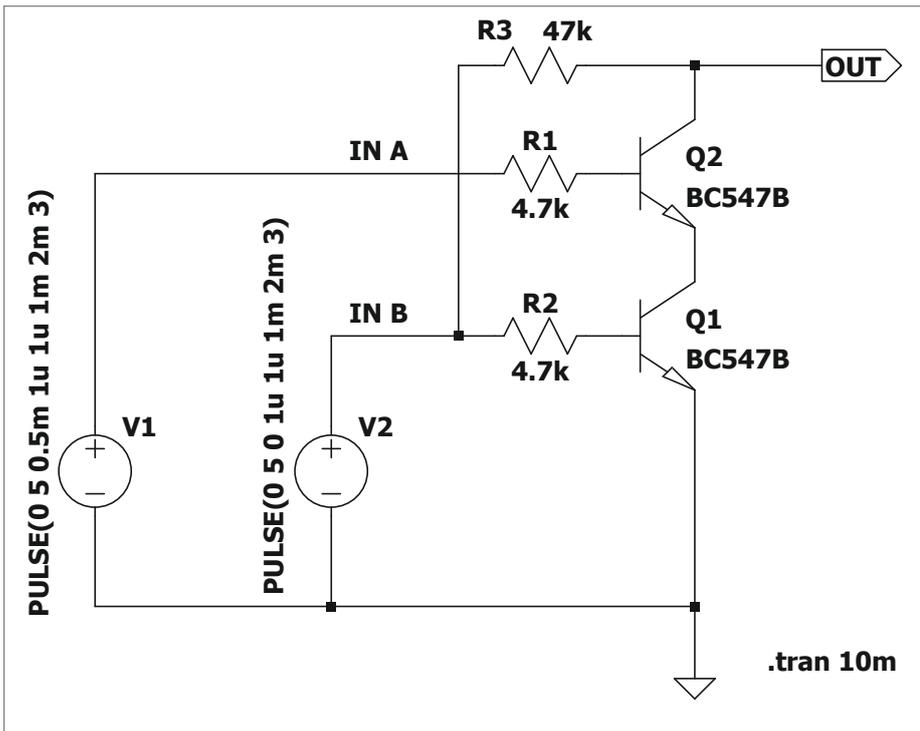
Nicht verschweigen wollen wir zwei weitere Nachteile des Sempel-Blitzers: Er funktioniert nur mit relativ hoher Betriebsspannung (12V sollten es schon sein), und die Funktion ist stark vom verwendeten Transistor-Exemplar abhängig. Besonders gut funktioniert sie

mit einem BC546B oder BC547B, weniger gut oder gar nicht mit dem älteren BC237B oder (verpolt eingebauten) PNP-Transistoren.

Die Blinkfrequenz beträgt in der angegebenen Dimensionierung etwa 2 bis 3 Hertz; sie lässt sich durch einen größeren Kondensator C1 oder aber auch durch einen Widerstand 10 bis 22 KΩm zwischen Basis und Kollektor auf rund 1 Hertz verringern. In letzterem Fall muss eventuell die Betriebsspannung etwas (14 bis 15V) erhöht werden.



Der superschnelle Avalanche-Impulsgenerator für Spezialisten funktioniert leider nur mit ausgesuchten Transistoren.

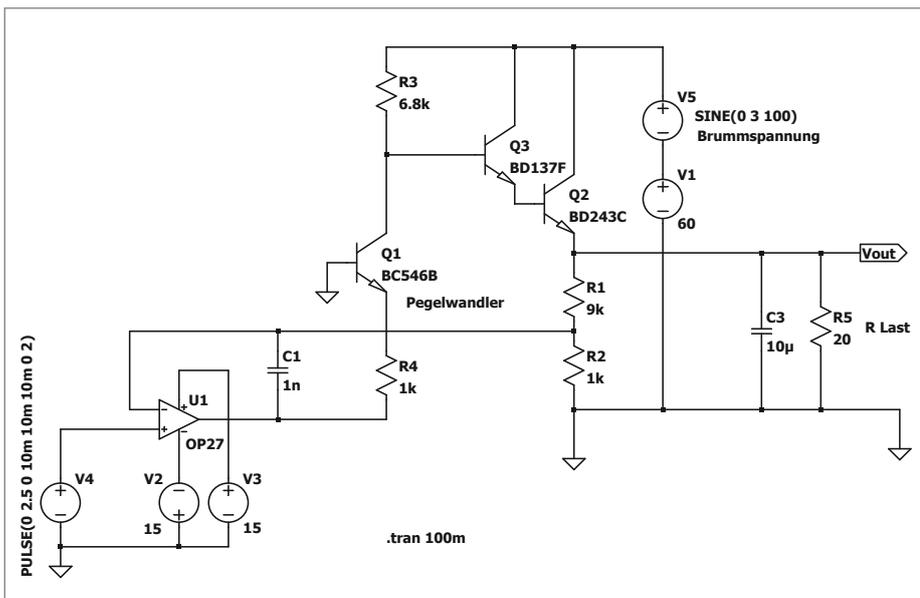


Das Zwei-Transistor-XOR-Gatter macht sich die Basis-Kollektor-Diodenstrecke in Q2 zunutze. Die Schaltung arbeitet auch mit 3,3V- oder 12V-Logikpegeln.

### Picosekunden-Puls

Eine Abwandlung des Avalanche-Blinkers ist der Picosekunden-Pulsgenerator im zweiten Bild, der etwa eine Nanosekunde lange Impulse von etwa 10V mit Anstiegszeiten im Picosekunden-Bereich (!) liefert. Hier wird der Transistor zwar „richtig herum“ betrieben, aber

mit deutlich höherer als der zugelassenen Betriebsspannung. Auch hier kommt es periodisch zu einem reversiblen Durchbruch – der Transistor wird innerhalb weniger billionstel Sekunden zu einem nahezu perfekten Kurzschluss und C1 entlädt sich schlagartig über den Widerstand R2. Die Schaltung funktioniert allerdings nur mit wenigen Transistor-Typen



Die Leistungsstufe eines linear geregelten Netzteils (Q2, Q3) benötigt eine Steuerspannung in Höhe der Ausgangsspannung. Hier übersetzt Q1 den begrenzten Pegelhub des Operationsverstärkers auf das erforderliche Niveau (0 bis 50V).

zuverlässig, den angegebenen 2N2369 hat der legendäre Linear-Designer Jim Williams dereinst auserkoren. Sie kann zum Test von leistungsfähigen Oszilloskopen, Tastköpfen, und Hochfrequenzschaltungen verwendet werden; ein sorgfältiger, GHz-gerechter Aufbau und Vorsicht bei der Versorgungsspannung von immerhin 100V ist hierbei Pflicht.

### Einfache XOR-Funktion

Zur Erinnerung: Ein Exklusiv-Oder- oder kurz XOR-Logikgatter zeigt an seinem Ausgang immer dann einen High-Pegel (*true*, 1), wenn nur einer (!) der beiden Eingänge auf 1 liegt; ansonsten steht am Ausgang eine 0 (*false*, Low-Pegel). Sie benötigen eine solche Funktion, haben aber gerade keinen 74LS86- oder 4070-Logikbaustein zur Hand? Es geht auch mit zwei Transistoren und drei Widerständen, wie die folgende Schaltung zeigt.

Es ist klar, dass beide Transistoren leiten und der Ausgang auf logisch 0 geht, wenn beide Eingänge A und B High-Pegel (1) führen. Liegen beide Eingänge auf 0, ist der Ausgang natürlich auch 0 – wo sollte auch ein High-Pegel herkommen? Liegt nur B auf 1, A aber auf 0, ist der obere Transistor Q2 gesperrt, und der Ausgang erhält über R3 den High-Pegel von Eingang B. Interessant wird es, wenn A auf 1 liegt, B dagegen auf 0: Dann ist der untere Transistor Q1 gesperrt. Der Ausgang erhält nun seinen 1-Pegel über den Vorwiderstand R1 und die *intrinsische* (durch die Dotierung quasi „eingebaute“) Basis-Kollektor-Diode von Q2. Voraussetzung ist hier allerdings, dass der Widerstandswert von R3 deutlich höher bemessen ist als der Basis-Vorwiderstand R1, denn über R3 kann ja ein Teil des Stromes in den Eingang B zurückfließen, wenn dieser auf 0 liegt.

Die Schaltung kann daher nur geringe Ströme liefern, der Eingangswiderstand der nachfolgenden Schaltung muss größer sein als R3. Bei der Ansteuerung von MOSFETs, Darlington-Treibern oder auch CMOS-Logikgattern ist dies aber kein Problem.

### Pegelwandler

Das Stiefkind der Transistor-Grundsaltungen, die Basisschaltung, ermöglicht im Unterschied zur Emitterschaltung eine nichtinvertierende Spannungsverstärkung. Die braucht man zum Beispiel, um den begrenzten Pegelhub einer Operationsverstärker-Schaltung auf ein höheres Niveau anzuheben – etwa bei einem stabilisierten Netzteil, das mehr als die OpAmp-üblichen 12 bis 15V liefern soll.

Eine derartige Anwendung zeigt das nachfolgende Schaltbild: In einem einstellbaren, linear geregelten Labornetzteil setzt Transistor Q1 den Ausgangspegel des mit ±15V versorgten OpAmps auf den Bereich der zu regelnden Ausgangsspannung (0 bis 50V) um. Die Spannungsverstärkung der Anpassungsstufe wird über das Verhältnis von Kollektor- zu Emitt-

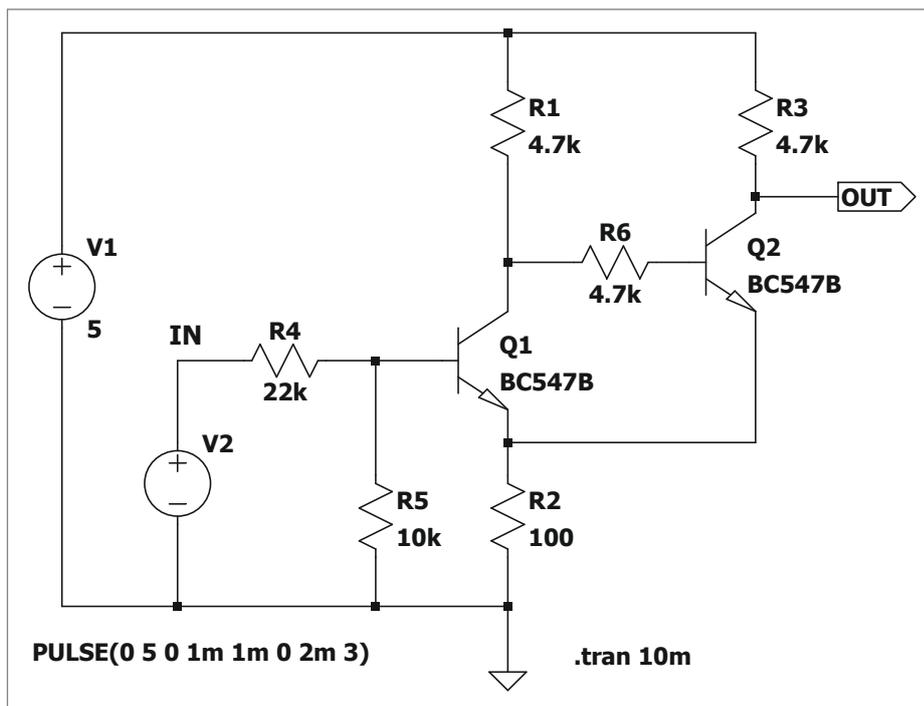
widerstand von Q1 (R3/R4) eingestellt und beträgt hier rund 7.

Die Gesamtverstärkung „über alles“ beträgt 10, sie ergibt sich aus dem Verhältnis von R1/R2 im Rückkopplungszweig des Operationsverstärkers. Eine Eingangsspannung von 5V ergibt also 50V am Ausgang. Der Einfachheit halber wurden die Bauteile zur Strombegrenzung hier nicht eingezeichnet. Der Pegelwandler in Basisschaltung findet sich zum Beispiel im Netzteil-Modul DCG aus dem c't-Lab-Projekt (siehe Link im Info-Kasten).

### Schmitt-Trigger

Eine Schaltung, die wie ein Thermostat bei Erreichen eines bestimmten Eingangsspannungswertes einschaltet, dort verharrt und erst unterhalb eines leicht geringeren Wertes wieder ausschaltet, ist der sogenannte *Schmitt-Trigger*. Man braucht ihn überall dort, wo analoge Eingangsspannungen – etwa von einem Sensor – in ein zuverlässiges binäres Schaltsignal umzuwandeln sind.

In der einfachsten Ausführung besteht er nur aus zwei Transistoren, die einen Verstärker mit positiver Rückkopplung bilden: Bei kleiner Eingangsspannung V2 ist Q1 gesperrt, wäh-



Einfacher Schmitt-Trigger: Die Umschaltspannung lässt sich mit dem Spannungsteiler R4/R5 einstellen, die Hysterese ist von R2 abhängig.

# Von Hackern lernen

## c't HACKING-PRAXIS

Testumgebung aufsetzen • Recherche- & Analyse-Tools anwenden

### Der große Security-ONLINEKURS



Angriffsszenarien im Netzwerk  
Der Kurs zur Absicherung von Netzwerken aus der Position des Angreifers.

Angriffe verstehen und abwehren, anschaulich erklärt in 65 Lektionen. Laufzeit: 6:29 Stunden

▶ Prüfen Sie das Gelernte in Wissenstests  
▶ Stellen Sie den Experten Fragen über

PLUS

heise Academy  
Webinar im Wert  
von 129,- Euro

**Hacking ausprobieren**  
Trainingsumgebung einrichten  
Server hacken Schritt für Schritt  
Prof-Tools vorgestellt

**Informationen gewinnen**  
OSINT: Informationen aus öffentlichen  
Quellen sammeln  
Unternehmens-Hack: Pentester über  
Schulter geschaut

**Malware-Tricks verstehen**  
System für Malware-Analyse installieren  
VM mit Analyse-Tools aufrüsten  
Schadcode-Analyse für Einsteiger



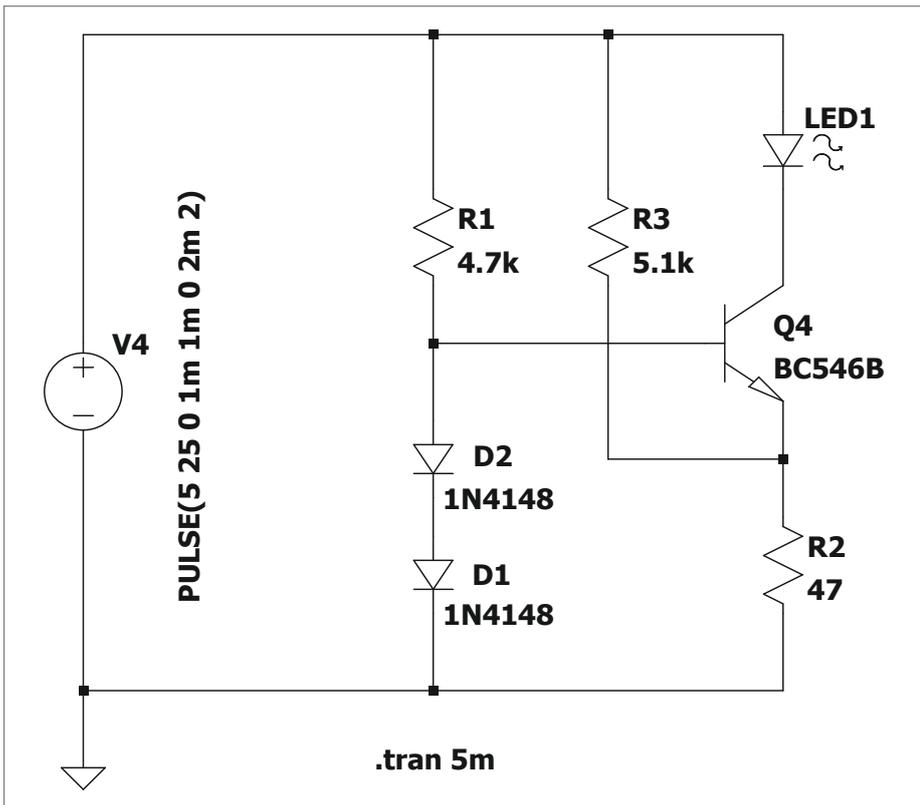
Ganz gleich, ob Sie nur die Sicherheit Ihrer eigenen Websites abklopfen möchten oder beruflich mit IT-Sicherheit zu tun haben. Wer die schmutzigen Tricks der Hacker kennt, kann sich besser davor schützen. Anfänger und Profis lernen in diesem c't-Sonderheft die Grundlagen des Hackens und erfahren wie Hacker ticken.

- ▶ Hacking ausprobieren Schritt für Schritt
- ▶ Informationen gewinnen mit OSINT
- ▶ Malware-Tricks verstehen
- ▶ Recherche- und Analyse-Tools anwenden
- ▶ Inkl. heise-Academy-Kurs: „Angriffsszenarien im Netzwerk“
- ▶ Auch als Heft inkl. PDF-Download mit 29% Rabatt erhältlich

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

+ GRATIS Webinar  
im Wert von 129,- €

[shop.heise.de/ct-hackingpraxis23](https://shop.heise.de/ct-hackingpraxis23)



**Verbesserte Konstantstromquelle:** Der zusätzliche Widerstand R3 neutralisiert den Innenwiderstand der Diodenstrecke.

rend Q2 leitet, weil er über R1 Basisstrom erhält. Steigt die Eingangsspannung V2 an, wird Q1 irgendwann leiten und schaltet Q2 dadurch aus. Dadurch verringert sich die Spannung an R2, wodurch Q1 nun stärker angesteuert wird. Der Vorgang schaukelt sich schlagartig auf

(Mitkopplung), sodass schließlich Q1 vollständig leitet und Q2 komplett sperrt – der Ausgang nimmt High-Pegel an. Erst wenn die Eingangsspannung etwas unter die zum Einschalten nötige Spannung gesunken ist, fällt der Ausgang wieder auf 0 (Low-Pegel).

Den kleinen Unterschied zwischen Einschalt- und Ausschaltspannung nennt man *Hysteresis*. In der vorliegenden Dimensionierung schaltet der Trigger bei etwa 2,6V am Eingang auf High und erst unterhalb von 2,4V wieder auf Low. Ein solcher „Sicherheitsabstand“ ist nötig, um definierte logische Pegel zu erhalten. Man kann ihn verkleinern, indem man den Wert von R2 verringert.

### Konstantstromquelle

Wenn zum Beispiel eine LED trotz stark schwankender Versorgungsspannung immer gleich hell leuchten soll, benötigt man eine *Konstantstromquelle*, eine Schaltung, die sich mit einem einzigen Transistor problemlos realisieren lässt. Der Trick besteht darin, dem Transistor eine konstante Basisspannung vorzugeben, der Kollektorstrom ist dann weitgehend unabhängig von der Kollektorspannung.

Vielleicht kennen Sie schon die obige Grundschialtung aus Transistor, zwei Dioden und den zwei Widerständen R1 und R2: Obwohl sich die Versorgungsspannung zwischen 5V und 25V ändert, schwankt der LED-Strom nur zwischen 9,5 und 13mA, die Helligkeit bleibt also annähernd konstant. Eine deutliche Verbesserung ergibt sich allerdings mit dem zusätzlichen Widerstand R3, der den Transistor die Versorgungsspannung invertiert verstärken lässt und so den Innenwiderstand der Diodenstrecken ausgleicht: Mit R3 schwankt der Strom im gleichen Versorgungsspannungsbereich nur noch um 1mA, eine deutliche Verbesserung also.

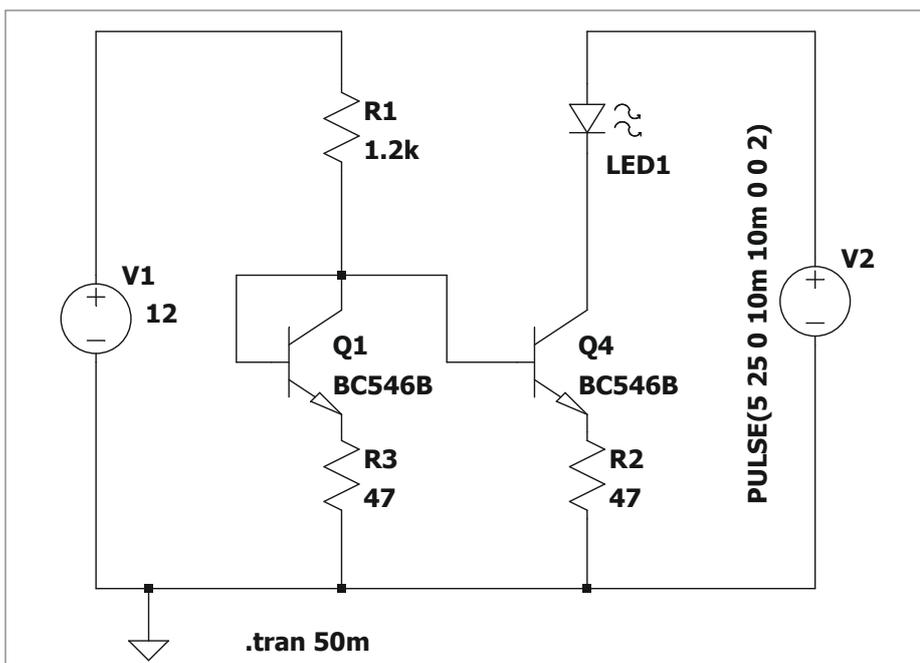
### Stromspiegel

Eine Schaltung, die genauso viel Strom aufnimmt, wie auch an einem anderen Anschluss hineinfließt, nennt sich *Stromspiegel*; sie ist in integrierten Operationsverstärkern häufig anzutreffen, lässt sich aber ohne weiteres auch diskret aufbauen. Mit einem Stromspiegel lassen sich, sofern eine stabile Versorgungs- oder Referenzspannung vorliegt, besonders gute und auch steuerbare Konstantstromquellen aufbauen, deren Ausgangsstrom in weiten Bereichen durch Wahl eines einzelnen Widerstands eingestellt werden kann.

Im Schaltbild fließt ein Strom von konstant 9mA durch R1 hinein, der Ausgangsstrom durch die LED (ebenfalls 9mA) ändert sich trotz Variation von V2 von 5 bis 25V nur um 150µA. Wichtig ist, dass Q1 und Q2 möglichst gleiche elektrische Daten aufweisen, sie also „aus der gleichen Tüte“ stammen; kleine Unterschiede egalalisieren die Widerstände R2 und R3.

### Differenzverstärker

Ein Differenzverstärker oder auch *Long Tailed Pair* ist eine Schaltung, die den Unterschied zwischen zwei Eingangsspannungen fest-



**Stromspiegel:** Der Strom, der durch die LED fließt, ist genau gleich hoch wie der durch R1.

stellen kann. Man findet sie in Audio-Endstufen, Messverstärkern und in integrierter Form vor allem in Operationsverstärkern. In ihrer Grundform liefert sie ein gegenphasiges Ausgangssignal – auch dann, wenn am zweiten Eingang gar nichts anliegt. Man verwendet die Schaltung deshalb gern, um asymmetrische Signale in symmetrische umzuwandeln, etwa in der Phasenumkehrstufe von Endstufen oder in der professionellen Audio-Technik. Der Fußpunktwiderstand lässt sich wie im Bild aufteilen, wenn man den Verstärkungsfaktor und Nichtlinearitäten begrenzen will: Hier liegt der Faktor nur noch bei etwa 10 (Verhältnis Kollektorwiderstand 10k zu 1k Emitterwiderstand).

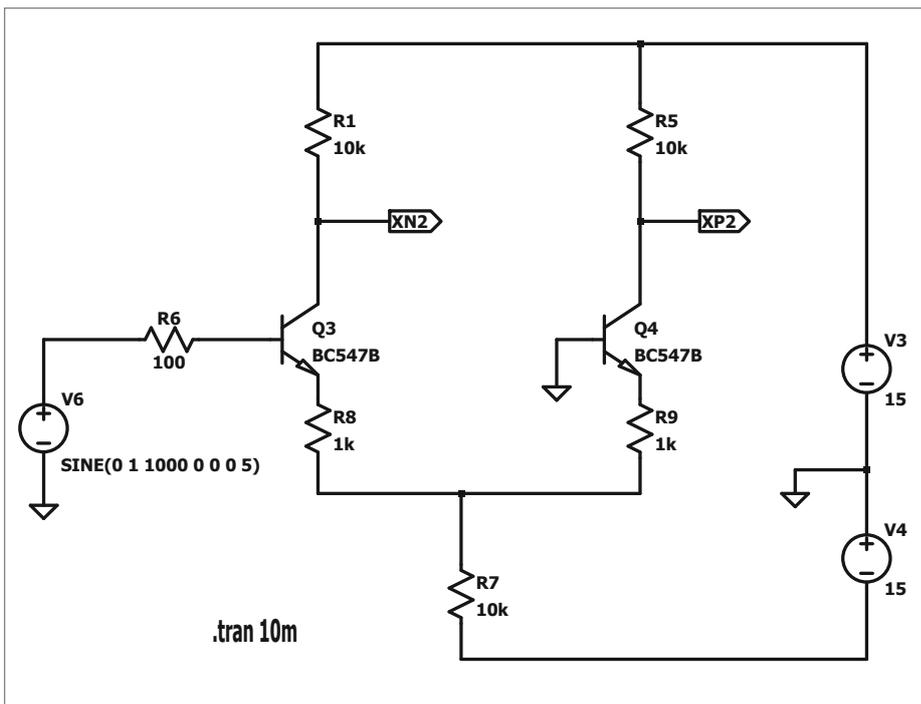
Besonders gute Eigenschaften erhält man, wenn man wie im letzten Bild den Fußpunktwiderstand durch eine Konstantstromquelle ersetzt (hier über einen Stromspiegel realisiert). Hierbei handelt es sich auch gleich um eine praktische Anwendung, nämlich einen Verstärker für elektrostatisch abgelenkte Oszilloskopröhren. Die benötigen ein exakt gegenphasiges Signal mit nicht unerheblicher Amplitude (oft 100V) bei guter Linearität und weitem Frequenzbereich. Aus  $3V_{ss}$  Eingangssignal (hier von einem Digital-Analog-Wandler) macht der Verstärker zwei gegenphasige Signale mit jeweils  $80V_{ss}$  (26-fache Verstärkung) bei Anstiegszeiten um 100ns – kein schlechter Wert für eine relativ einfache Schaltung.

R5 stellt den Arbeitspunkt der Endstufe auf etwa 85V ein, durch Q4 fließen dann konstante 15mA in den Stromspiegel. Der sorgt dafür, dass das Ausgangssignal immer exakt gegenphasig ist: Ein Strom, der nicht durch Q1 fließt, muss zwangsläufig den Weg durch Q2 nehmen, um ebendiese 15mA Gesamtstrom zu erreichen. Guter Trick, oder?

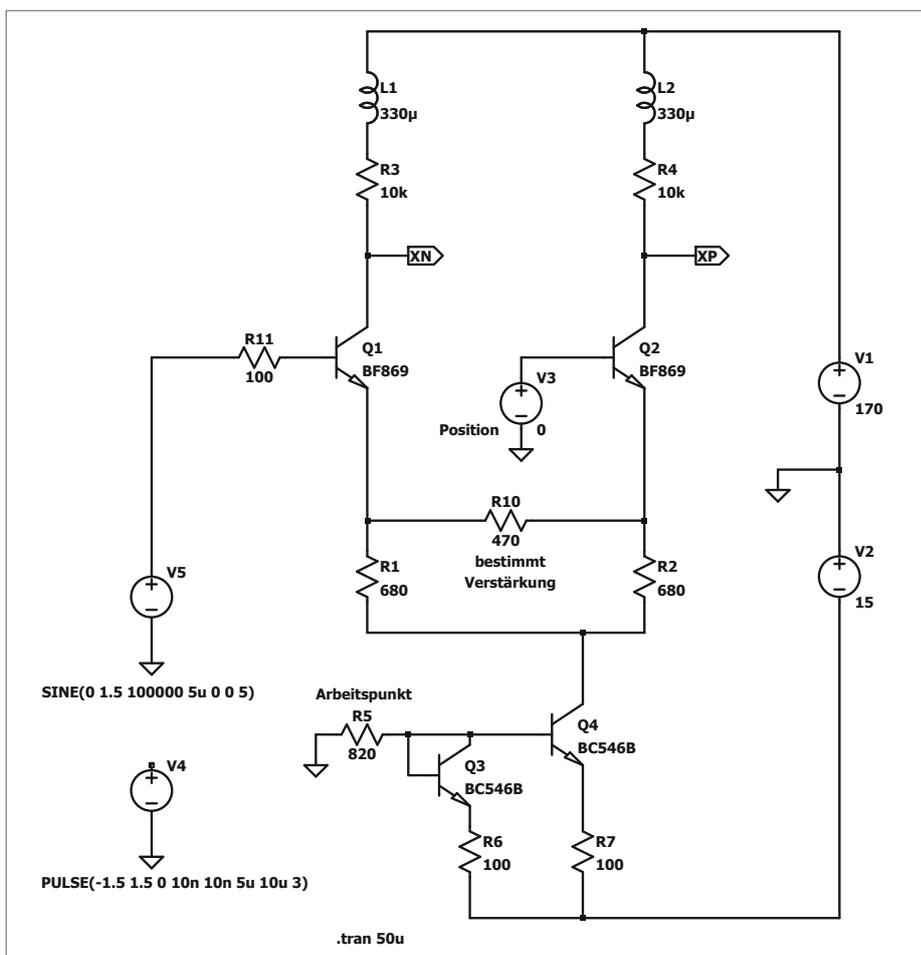
R10 beeinflusst die Verstärkung des Differenzverstärkers, kleinere Werte führen zu höherer Verstärkung. Spannungsquelle V3 schließlich verschiebt den Elektronenstrahl nach unten oder oben, indem sie einen (ebenfalls gegenphasigen) Offset zu den beiden Ausgangsspannungen addiert; in der Praxis ist dies ein schlichtes Potentiometer, das eine einstellbare Gleichspannung liefert.

### Ausprobieren!

Damit Sie die vorgestellten Schaltungen auch postmateriell ausprobieren können, haben wir sie unter dem Link im Kurzinfo-Kasten als LTspice-Vorlagen gespeichert. Mit dem kostenlosen Simulationsprogramm können Sie dann verschiedene Dimensionierungen testen – ganz ohne Gefahr für Leib, Leben und Halbleiter. LTspice kann allerdings nicht die ersten beiden Schaltungen simulieren, die auf dem Avalanche-Effekt basieren: Hier müssen Sie dann doch zum LötKolben greifen. —cm



Ohne die Emitterwiderstände R8 und R9 würde die Verstärkung des Differenzverstärkers bei starken Verzerrungen auf über 200-fach ansteigen.



Praktische Anwendung von Stromspiegel und Differenzverstärker: Hochvolt-Verstärker für die Ablenk-Elektroden von Kathodenstrahlröhren

# Aufkleber selbst gemacht: Klebebandtransfer

Sie brauchen schnell einen transparenten Aufkleber, um etwas zu beschriften oder zu markieren, der Copyshop hat zu und die Rolle des Beschriftungsgeräts ist alle? Mit einem Laserdrucker und etwas transparentem Paketklebeband gestalten Sie schnell ein paar haltbare Aufkleber.

von Carsten Wartmann



Wie man professionell aussehende Aufkleber wie auf der linken Flasche günstig selbst herstellt, wird im Artikel genau beschrieben. Vorbei mit schlecht lesbaren Marker-Beschriftungen wie auf der rechten Flasche.

**W**ir Maker sammeln gerne große Mengen von kleinen Teilen, die dann je nach Charakter mehr oder weniger pedantisch in Kisten, Kästchen und Gläsern sortiert werden. So geraten sie schon mal nicht in den Staubsauger, aber wie findet man sich dann in der Batterie der Stapel- und Sortimentskästen zurecht? Man beschriftet sie, klar. Meine Handschrift erlaubt es, lesbar maximal einen alten Pappkarton zu beschreiben, daher bin ich schon lange im Besitz eines Etikettiergeräts.

Diese normalen, 12mm-hohen-Klebchen sind aber oft zu klein, vor allem wenn man größere Boxen auf hohen Regalen stehen hat. Normale, selbstklebende Papier-Etiketten bekommt man zwar bis zur A4-Größe in allen Formen, auf transparenten Boxen und Gläsern sehen sie aber nicht schön aus und behindern den Blick auf den Inhalt sehr. Papierkleber verschmutzen auch recht schnell, wenn sie in der Werkstatt eingesetzt werden.

Für alle diese Anwendungsfälle gibt es natürlich Lösungen im kommerziellen Umfeld, sei es als transparente oder schmutzabweisende Etiketten. Maker probieren hingegen viel selbst aus und so wurden Schilder auf dem 3D-Drucker oder Lasercutter gefertigt, andere bauen Klebeband-Plotter oder verwenden gar *elnk*-Schilder. Die hohen Kosten und die geringe Flexibilität schreckten mich allerdings ab und so blieb es bei handbeschriftetem Kreppband oder dem Beschriftungsgerät. Bisher jedenfalls.

Denn meine Kinder stehen auf Livehack-Videos bei YouTube und diskutieren innig, ob denn die teils abstrusen Tricks wirklich funktionieren. Ein Video ließ mich aufmerken: Dort wurden Ausdrucke mit transparentem Klebeband (*Packing Tape*) beklebt, die Papierseite runtergewaschen und dann der Rest aufgeklebt. Dieser Gedanke setzte sich in meinem Kopf fest. Irgendwann musste ich dann Chemikalienflaschen beschriften und wollte dafür nicht den Permanent-Marker nutzen. Also habe ich den Transfer ausprobiert und einiges herausgefunden darüber, wie praktisch und brauchbar dieser Live-Hack wirklich ist.

## Design und Druck

Als Erstes benötigen wir das Motiv auf Papier: Wie schon kurz erwähnt, wird das Papier als Träger benutzt und mit Wasser abgewaschen. Daher kommen nur Laserdrucker infrage. Hat man ein solches Gerät nicht im Zugriff, so bleibt der gute alte Copyshop, was natürlich die Spontaneität etwas schmälert. Dort kann man aber auch recht günstig Laserdrucke in Farbe erhalten.

Um meine Vorlagen zu erstellen, verwende ich für grafische Sachen das kostenlose Vektorzeichenprogramm *Inkscape*, aber auch Textprogramme wie *Word* oder *LibreOffices Writer* sind natürlich für einfache Vorlagen geeignet.

## Kurzinfo

- » Laser-Toner-Transfer auf Klebeband
- » Haltbar: Motiv ist durch Klebeschicht geschützt
- » Tipps und Tricks für die Praxis

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
1–2 Stunden



**Kosten:**  
unter 5 Euro

### Material

- » **Verpackungsklebeband**  
transparent, dünn, 50 oder 75mm  
Rollenbreite
- » **Druckerpapier**

### Werkzeug

- » **Laserdrucker** s/w oder Farbe
- » **Cutter**
- » **Schneidmatte**
- » **flache Schüssel**

### Mehr zum Thema

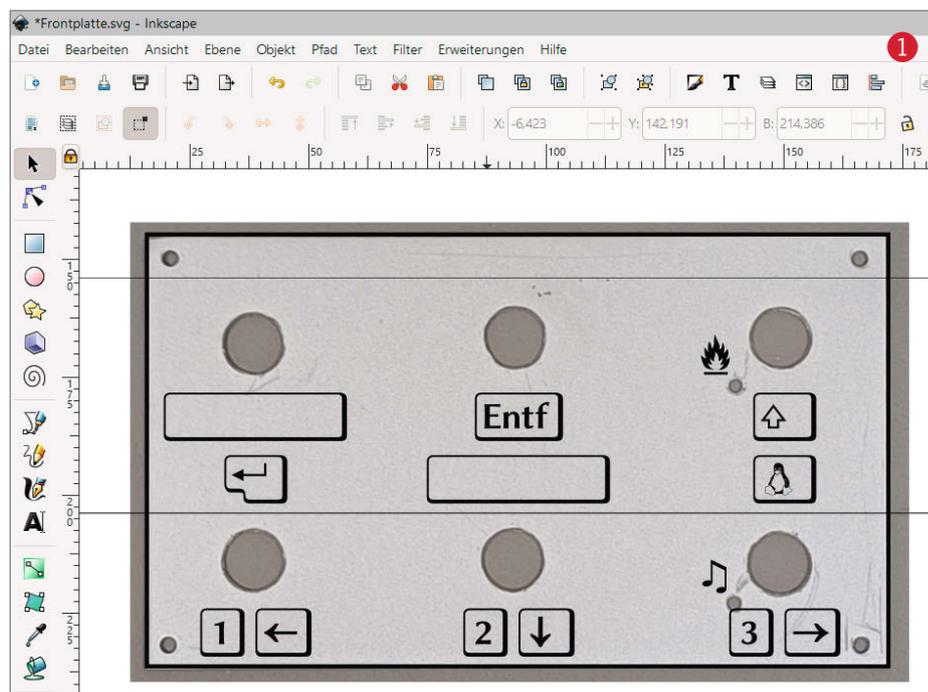
- » Matthias Martin, Masking-Tape-Etikettendrucker, *Make* 04/2022, S. 98
- » Heinz Behling, Multicolor-Konstruieren für 3D-Druck, *Make* 04/22, S. 86
- » Peter König, Grafik-Tricks für Maker, *Make* 03/21, S. 98
- » Elke Schick, Alle Teller im Schrank, *Make* 01/15, S. 80

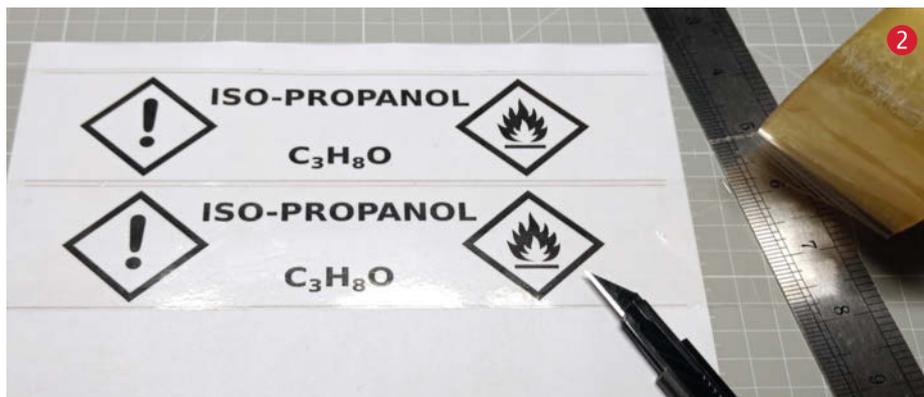
Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xs88](https://make-magazin.de/xs88)



Für kompliziertere Aufkleber oder Frontplattenbeschriftungen kann man auf Maß skalierte Fotos **1** als Vorlage verwenden. Ferner sollte man alle Möglichkeiten des gewählten Programms nutzen, um auf einem Raster und mit Maßen zu arbeiten. Schnittmarken und eine

(nicht ausgedruckte) Markierung, wie breit das verwendete Klebeband ist, kommen sehr gelegen. Vollflächig bedruckte oder randlos ausgeschnittene Aufkleber lassen keine Klebefläche übrig, am Ende des Artikels zeige ich aber auch dafür eine Lösung.





Beim Drucken sollte man alle Tonersparmaßnahmen abschalten und bei Farbdruckern den eventuell vorhandenen Foto- oder Grafikmodus nutzen: Damit gelangt viel Toner auf das Papier, so sind dann die Farben deckender.

Da wir später das Papier entfernen müssen, sollte kein zu dickes oder sehr hochwertiges Papier verwendet werden, auch eine besonders gute Haftung des Toners auf dem Papier

ist nicht wünschenswert. Achten Sie aber bei Experimenten darauf, keinesfalls Papier zu verwenden, das nicht für Laserdrucker geeignet ist, um Schäden am Gerät zu vermeiden!

### Das Klebeband

Sicher möchte man kein Paketband in Stützstrumpf-Braun verwenden: Daher zu klarem,

transparentem Klebeband (für Google: *Verpackungsklebeband*) greifen. Aus meinen Modellbauzeiten hatte ich noch sehr dünnes (und damit leichtes) Band, leider geben nicht alle Hersteller an, wie dick das Band ist. Steht man im Laden, kann man in etwa am Gewicht im Vergleich von zwei Rollen unterschiedlicher Marken feststellen, wie dick das Band ist. Ansonsten kann man an der Färbung der Rolle entscheiden, welches Band transparenter ist oder man kauft mehrere Marken. Die Kosten sind überschaubar und Klebeband kann man nie genug haben. Übliche Rollenbreiten sind 50 oder 75mm, natürlich gibt es auch schmalere Rollen. Die Höhe des Aufklebers ist, wenn man nicht stückeln will, durch die Rollenbreite des Klebebands begrenzt.

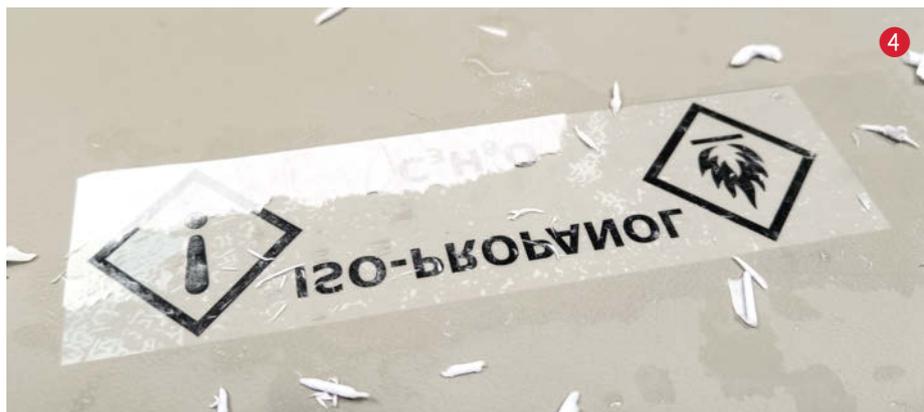
Anschließend wird das Klebeband auf den Druck geklebt. Hierbei muss man etwas vorsichtig arbeiten, um keine Falten oder Blasen zu erhalten. Die Vorlage sollte bei größeren Klebern auch auf dem Tisch fixiert werden, denn das Klebeband kann sich beim Abrollen sehr stark statisch aufladen und zieht dann das Papier vom Tisch an. Damit klebt es schneller, als man es positionieren kann, und selbstverständlich an einer unerwünschten Stelle oder schief auf dem Ausdruck. Besonders stark festdrücken sollte man das Klebeband nicht: Dort, wo Toner ist, mag das hilfreich sein, aber dort, wo nur Papier ist, wollen wir keine zu innige Verbindung erhalten.

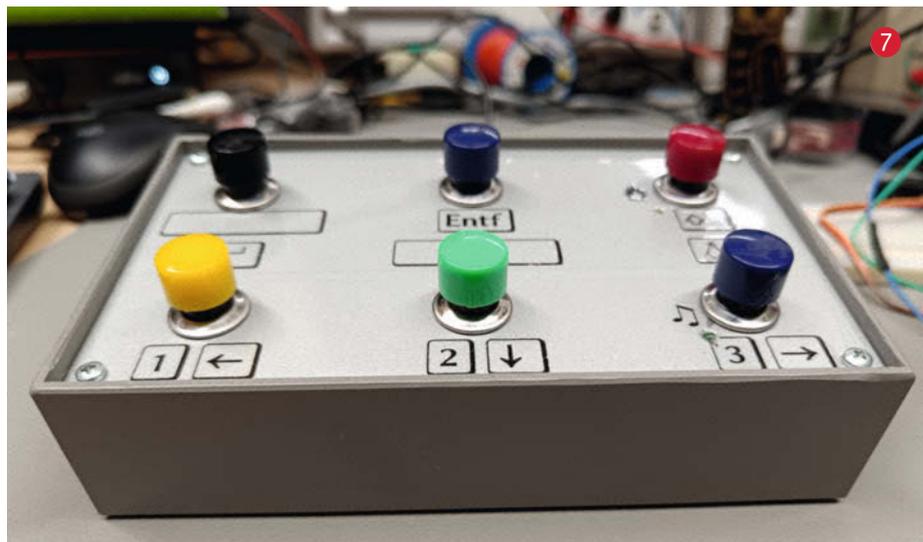
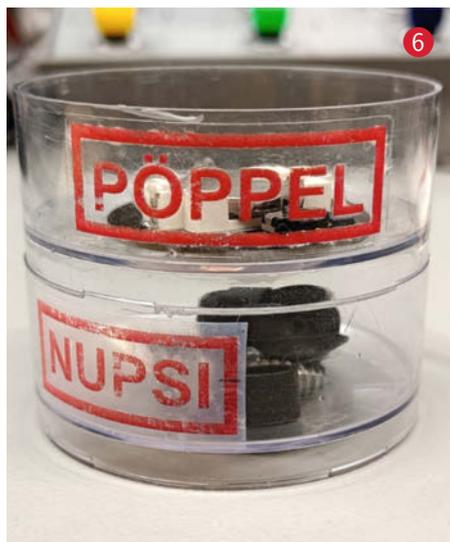
### Schnitt

Der Schnitt **2** ist auf einer Schneidematte mit einem Lineal und einem Cutter gut zu bewerkstelligen. Man kann sich Schnitte sparen, wenn man die Aufkleber exakt mit der Rollenbreite anlegt. Allerdings sind die geschnittenen Kanten bei dem applizierten Aufkleber später sauberer als die Kanten des Klebebands von der Rolle. Mit Geduld kann man auch die Konturen ausschneiden, wie es bei der kleinen grünen LED auf Bild **8** gemacht wurde.

### Einweichen und Abrisbeln

Das Einweichen ist, was die Dauer angeht, der experimentellste Schritt: Zu kurz und das





Papier lässt sich nicht gut lösen, zu lang und die Klebeschicht wird zu weich und der Druck kann darunter leiden. Warmes Wasser und ein Tropfen Spülmittel erleichtern es dem Wasser, das Papier **3** aufzuweichen. Am besten probiert man etwas herum, für den nächsten Schritt braucht man sowieso ein paar Übungsstücke.

Nachdem das Wasser in das Papier eingedrungen ist (einige Minuten) nimmt man den Kleber heraus und legt ihn mit der Klebebandseite auf den Tisch, das Papier nach oben. An Stellen, an den sich kein Toner befindet, kann man nun vorsichtig mit dem Finger(nagel) einen Anfang machen und das Papier etwas ablösen. Man sollte möglichst jedes Kratzen und starkes Reiben an Stellen mit Toner auf der Klebeschicht vermeiden, sonst zerstört man zu leicht die Farbschicht. Die Klebeschicht selbst ist übrigens auch im nassen Zustand sehr haltbar und lässt sich mit den Fingern kaum zerstören.

Gut bewährt hat es sich, das Papier mit den Fingerkuppen abzureiben. Dabei entstehen kleine Röllchen **4** aus dem nassen Papier. Wie beim Schneeballrollen nehmen diese weiteres Papier auf, wenn man sie über den Kleber rollt. Geht das Abrollen stellenweise nicht, so kann man den Aufkleber nochmals einweichen und abreiben. Besonders an den Grenzen von Toner und reinem Klebeband bleiben gern kleine Fasern übrig, die dann das Ergebnis später etwas unscharf machen. Hier ist besondere Vorsicht beim Entfernen angebracht, damit man die Tonerschicht nicht zerstört.

## Trocknen

Ist man mit seiner Arbeit zufrieden, so spült man noch einmal etwaige Papierfasern vom Aufkleber und legt ihn zum Trocknen **5** zur Seite. Aber Obacht: Auch nass oder leicht getrocknet klebt der Kleber des Bandes schon gut:

Staub oder das Verkleben mit Gegenständen auf dem Tisch nach der bereits investierten Mühe können einem den Tag versauen.

Auch noch nasse Aufkleber können schon aufgebracht werden, sogar besonders gut. Mit etwas extra Wasser hat man durch den Wasserfilm auf vielen Materialien etwas Spielraum, um kleinere Aufkleber in ihrer Position zu korrigieren oder Falten und Blasen zu entfernen. In etwa so wie bei Wasserschiebe-Aufklebern aus Modellbausätzen. Auf nicht saugfähigem Material dauert dann aber die komplette Trocknung der Klebeschicht schon mal einige Tage. Solange ist die Klebeschicht milchig trüb **6**.

## Praxiserfahrung

Mit etwas Übung erhält man recht schnell ansprechende Aufkleber – auch Frontplatten **7**, Klingelschilder, Schulhefter und Dekorationsobjekte können beklebt werden. Die Aufkleber sind stabil, abriebfest und wasserfest, weil ja der Toner hinter dem Klebeband geschützt ist. Darüber hinaus liest man oft in Bewertungen für käufliche Folien auf Handelsplattformen, dass vor allem die transparenten Folien nicht wirklich gut kleben. Dies ist bei Klebeband eher nicht der Fall, üblicherweise wird man später Probleme beim Entfernen der Aufkleber bekommen.

Gegenüber kommerziellen Varianten und Verfahren sind die Aufkleber sehr günstig, sofern Zugriff auf einen Laserdrucker besteht.

Da man natürlich kein Weiß drucken kann, bleibt diese Farbe bei der Gestaltung der Vorlagen logischerweise außen vor. Dies betrifft natürlich auch kaufbare Folien. Nur Druckereien mit speziellen Druckern können Vollfarbe plus Schmuckfarben oder Weiß auf transparente Materialien drucken.

Vor allem, wenn man den Aufkleber nicht durchtrocknen lässt, kann sich der Toner bei langem Verweilen auf dem beklebten Objekt



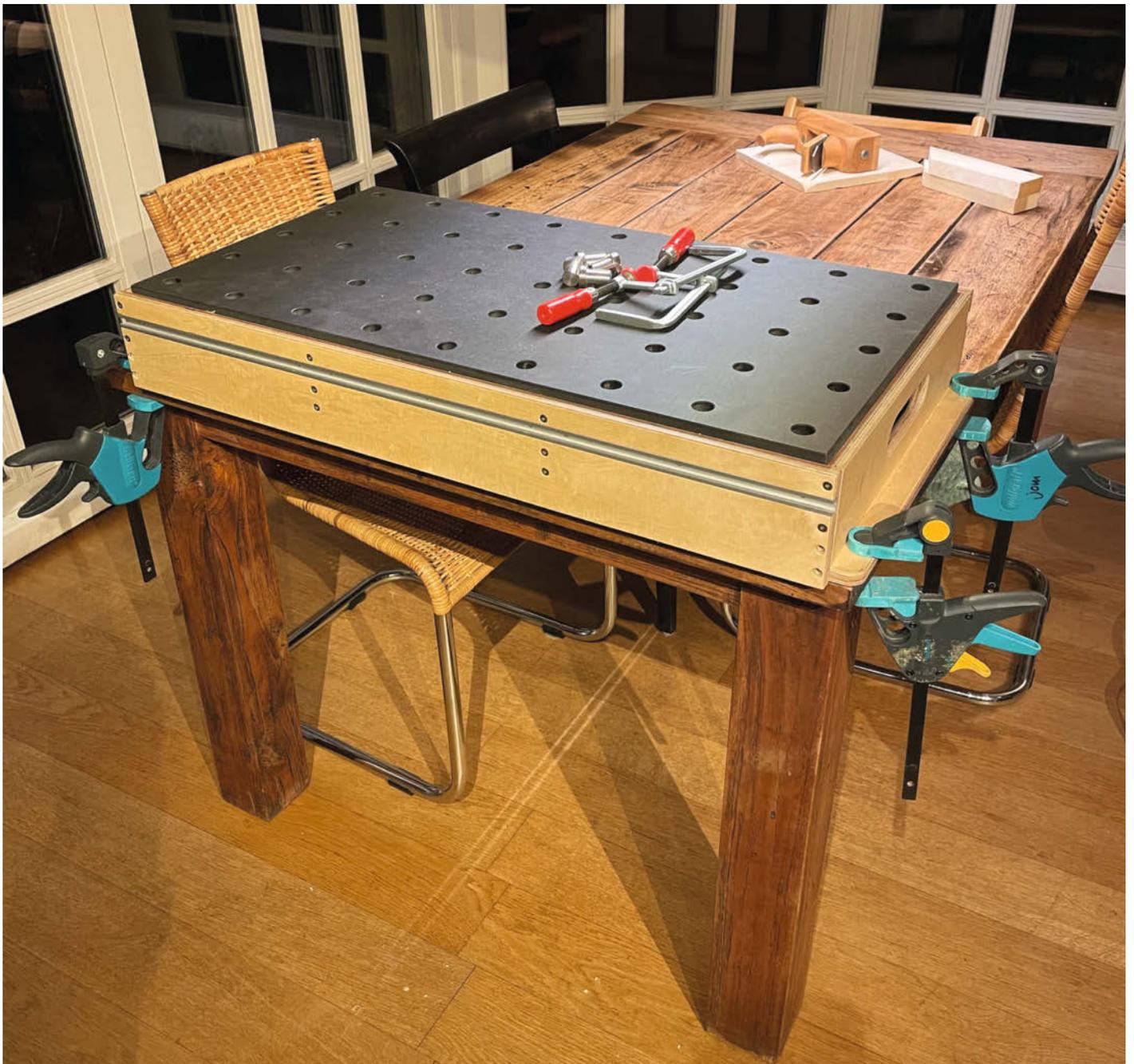
in die Oberfläche setzen. Diese Tonerreste sind nach dem Entfernen des Aufklebers sehr hartnäckig oder sogar permanent. Möchte man nichts riskieren, klebt man vorher eine Schicht unbedrucktes Klebeband auf.

Soll ein vollflächig bedruckter oder genau nach Kontur beschnittenen Aufkleber erstellt werden, so bleibt keine Klebefläche vom Klebeband übrig. Daher muss dann ein extra Kleber verwendet werden. Ein simpler PVA-Klebestift funktioniert bei den meisten Oberflächen, wie auch bei der xx-LED **8** auf einer Kunststoff-Flasche. Übrigens funktioniert der Transfer auch von Papier, das mit Lackmarkern bemalt wurde, meine Malkünste sind aber sehr beschränkt, sodass ich dies nicht weiter verfolgt habe. —caw

# Die mobile 3-in-1-Maker-Werkbank

Diese mobile Maker-Werkbank ist ein Multitalent: Befestigt man sie mit Schraubzwingen am Küchentisch, sorgt sie für eine angenehme Arbeitshöhe und bietet verschiedene Spannmöglichkeiten. Hängt man sie an die Wand, wird sie zum Werkzeugregal. Und dreht man sie um, verwandelt sie sich in eine Werkzeugkiste. Außerdem ist sie schnell und günstig gebaut.

von Johannes Börnsen



**E**ine Mietwohnung irgendwo in Hannover. Der Autor dieser Zeilen möchte ein kleines Regal für Modellbaufarben bauen. Bei dem Versuch, Leisten mit einer Stichsäge abzulängen, leidet nicht nur mein Rücken, auch dem Dielenboden sieht man dieses Projekt bis heute an. Zwar wohne ich inzwischen woanders, der Wunsch nach einer kleinen, mobilen Werkbank ist jedoch geblieben. Diese wäre nicht nur rund ums eigene Haus praktisch, sie könnte auch bei den kleinen Arbeiten für Freunde oder Familie einfach mitgenommen werden und den dortigen Dielenboden vor ähnlichem Schicksal bewahren.

Herausgekommen ist diese kleine Werkbank, die sich an die beliebte Multifunktions-tisch-Bauweise (MFT) von Festool anlehnt, mit den charakteristischen 20mm-Spannlöchern in der Arbeitsfläche und einem großen Zubehörangebot zum Fixieren von Werkstücken, rechtwinkligen Sägeschnitten und Ähnlichem. Eine genaue Bauanleitung der Werkbank gibt es als Video auf unserem YouTube-Kanal, eine Teileliste und technische Zeichnungen finden Sie über den Link in der Kurzinfor.

Die Werkbank besteht aus einem rechteckigen Rahmen sowie zwei Zwischenbrettern aus Multiplex und der Arbeitsfläche aus schwarzem MDF. Die Dimensionen sind so gewählt, dass Sie sich die benötigten Holzplatten in den meisten Baumärkten zuschneiden lassen können. Ein Akkuschauber mit Bits und Bohrern, ein paar Schrauben und ein 20mm-Forstnerbohrer reichen für den Zusammenbau; optional kann man die Teile noch verleimen. Wer eine Oberfräse hat, kann zusätzlich auf den beiden langen Seiten noch ein C-Nut-Profil einlassen, was weitere Spannmöglichkeiten erlaubt.

### Kernkompetenz: Werkbank

Die beiden hervorstehenden Laschen am Ende der Werkbank sind zur Befestigung am Küchen- oder Gartentisch gedacht. Sie wird so einfach mit Schraubzwingen gegen Wegrutschen gesichert. Wenn man die typische Esstischhöhe von 76cm annimmt, ergibt sich durch die zusätzlichen 13cm der Aufsatz-Werkbank eine Arbeitshöhe von 89cm, was ich (188cm) als ausreichend empfinde, um im Stehen arbeiten zu können.

Für die Arbeitsfläche habe ich mich für eine 19mm starke MDF-Platte entschieden. Das entspricht dem Original-MFT und sorgt in Kombination mit den 20mm-Löchern für Kompatibilität zu allem, was für die Bohrungen des MFT-Systems von Festool gedacht ist. So gibt es beispielsweise spezielle Schraubzwingen, die sich in die Löcher einfädeln lassen und auch Bankhaken sind für die 20mm-Löcher günstig verfügbar. Bei Thingiverse (siehe Link in der Kurzinfor) finden sich Druckdaten für Verleimwinkel, Klemmsysteme und

## Kurzinfor

- » Kompatibel zum 20mm-Festool-Lochraster
- » Mit wenig Werkzeug zu bauen
- » Auch als Regal, Werkzeugkiste und Frästisch nutzbar

### Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
5 Stunden ohne Holzzuschnitt
-  **Kosten:**  
25 bis 50 Euro, je nach Ausstattung
-  **Holzbearbeitung:**  
Einfache Säge- und Bohrarbeiten
-  **Werkstatt:**  
Tischkreissäge oder Teile im Baumarkt zusägen lassen

### Material

- » Multiplex 15mm  
Zuschnittliste siehe Link
- » MDF 19mm Zuschnittliste siehe Link
- » Holzschrauben, Zylindermuttern, Gewindeschrauben Liste siehe Link
- » Holzleim optional
- » C-Nut-Profil optional,  
Quelle siehe Link

### Werkzeug

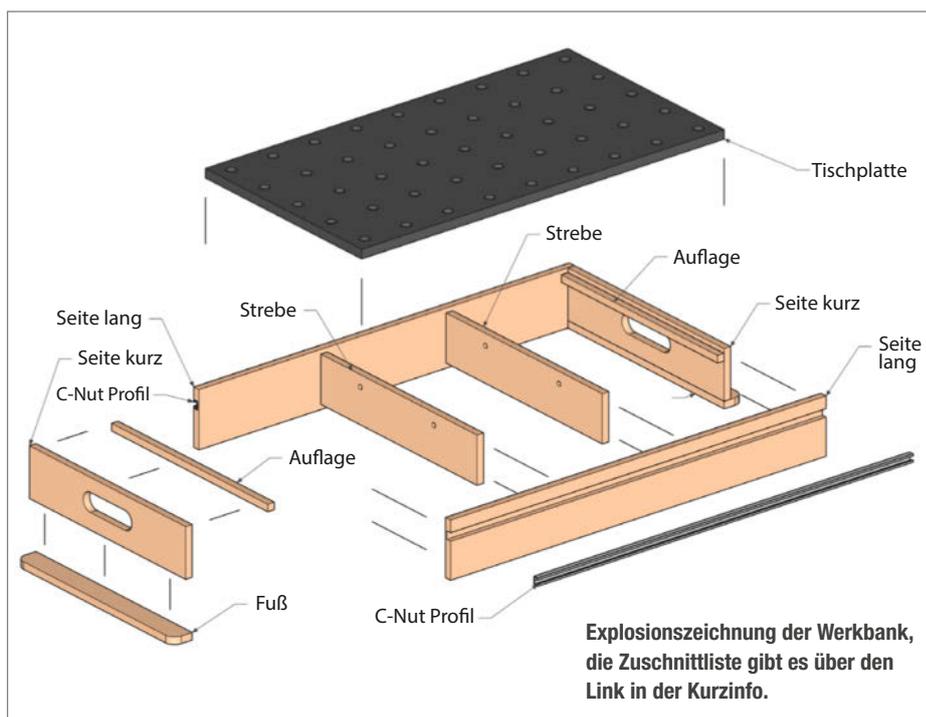
- » Akkuschauber
- » Forstnerbohrer 20mm
- » Holzbohrer 3mm
- » Senker
- » 3D-Drucker optional für Bohrschablone

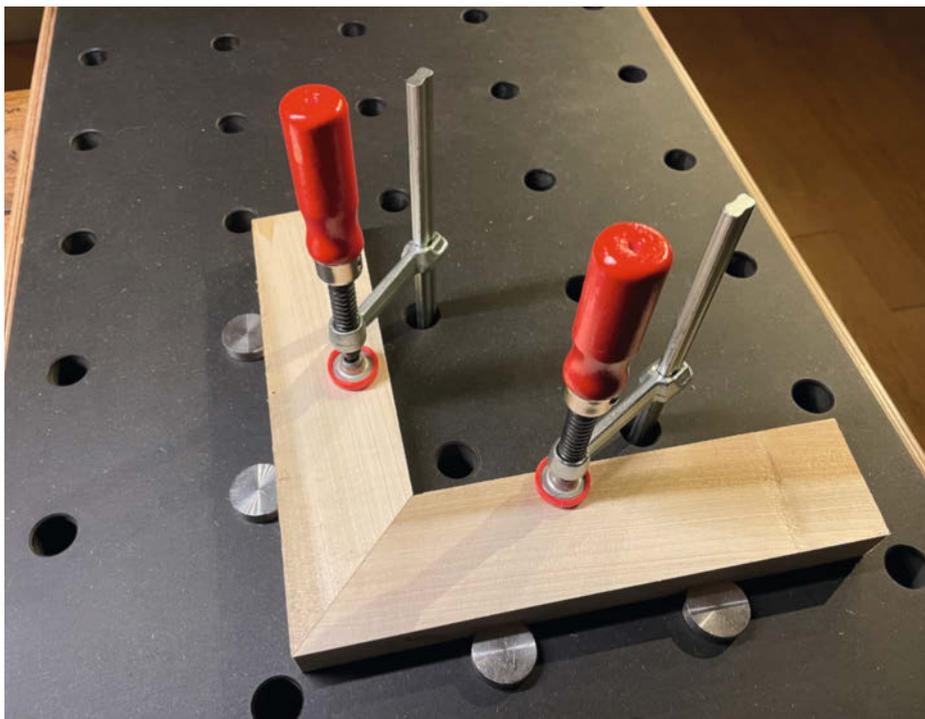
### Mehr zum Thema

- » Björn Karmann, Eine Werkbank für eine kleine Wohnung, Make Sonderheft 2020 „Loslegen mit Holz“, S. 70
- » Asa Christiana, Zwei Projekte zum Verbessern der Werkstatt, Make Sonderheft 2020 „Loslegen mit Holz“, S. 46
- » Video: Aufbau Schritt für Schritt



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



Die Bankhaken passen in die 20mm-Löcher und richten die Werkstücke rechtwinklig zueinander aus.



Senkrecht gespanntes Werkstück im C-Nut-Profil

sogar Absaugrüssel, die sich in das MFT-Lochraster von 96mm einfädeln lassen. Auch eine 96mm-Bohrschablone samt Videoanleitung findet sich dort, damit das Lochraster präzise wird und sich in Kombination mit einer Führungsschiene für Hand- oder Tauchkreissäge für rechtwinklige Schnitte eignet (Gruß an mein schiefes Modellfarbenregal).

Die C-Nut-Profil-Schienen aus Aluminium auf den beiden langen Seiten der Werkbank bieten zusätzliche Spannmöglichkeiten, um

Werkstücke aufrecht bearbeiten zu können, beispielsweise beim Bohren von Dübellöchern. Wer keine Oberfräse oder Tischkreissäge hat, um die Profile in die Multiplexplatten einzu-lassen, kann sie aber auch durch weitere 20mm-Löcher ersetzen.

Da ich diese Werkbank möglichst lange nutzen möchte, habe ich den gesamten Rahmen mit Klarlack lackiert. Die MDF-Platte habe ich mit einem Arbeitsplattenöl beidseitig geölt und mit Zylindermuttern an den Zwischenbrettern des Rahmens befestigt, sodass man sie leicht austauschen kann, wenn beide Seiten abgenutzt sind.

### Regal- und Werkzeugkasten-Modus

Zum Wesen einer mobilen Werkbank gehört, dass man sie nicht immer benötigt. Mein Vorschlag für die Lagerung: Hängen Sie die Werkbank einfach an die Wand, die 20mm-Löcher eignen sich gut dafür. Nun können Sie Leim, ein paar Werkzeuge oder kleinere Projekte in den drei Regalfächern lagern.

Wenn man die Werkbank umdreht, kann man sie auch als Werkzeugkiste nutzen und die drei Fächer mit Werkzeug füllen. Ich stelle sie einfach in den Kofferraum, um Werkzeug und Material zu Außeneinsätzen zu transportieren.

### Da geht noch mehr

In der Vollausstattung, also mit C-Nut-Profilen und schwarzem MDF, kostet die Werkbank

rund 50 Euro. Verzichtet man auf die Profile und nimmt normales, braunes MDF ist sie schon für 25 Euro zu haben. Übrigens ist der Lochabstand zum Rand hin so gewählt, dass Sie zwei dieser Werkbänke mit den langen Seiten aneinander stellen können und dann das Lochraster von einer Werkbank zur nächsten mit 96mm Abstand von Lochmitte zu Lochmitte weiter läuft. Vielleicht also eine Werkbank in Vollausstattung und eine abgespeckte als Erweiterung für größere Projekte bauen?

Oder wie wäre es, eins der 20mm-Löcher ein wenig größer zu bohren und eine kleine Oberfräse unter der Werkbank zu montieren? Dafür lässt man die Werkbank einfach an einer Seite über den Tisch hängen und hat so genug Platz für die Oberfräse. Der Fräsanschlag lässt sich einfach mit Zwingen am Lochraster befestigen.

Praktisch ist auch eine Schreibtischlampe, die man mit einem 20mm-Zapfen in das Lochraster stecken kann. Oder eine Lupe oder dritte Hand für feinere Arbeiten.

Und hier ist noch ein Tipp, falls Sie eine dieser günstigen falt-Werkbänke mit Spann-Arbeitstisch haben: Wenn Sie eine Leiste von unten gegen die Zwischenbretter des Rahmens der 3-in-1-Werkbank schrauben, können Sie die Aufsatz-Werkbank auf der faltwerkbank festspannen und diese damit um einiges praxistauglicher machen. Diesen und noch weitere Tipps und Tricks zur Benutzung der 3-in-1-Werkbank zeige ich Ihnen im Video zu diesem Projekt auf unserem Youtube-Kanal. —jom



Wenn man die Werkbank nicht benutzt, hängt man sie einfach als Regal an die Wand.

## Zubehör und Gadgets



### ParkLite

ParkLite denkt mit. Die elektronische Parkscheibe stellt automatisch nach ca. 20 Sekunden die Parkzeit ein. Damit ist

Schluss mit Bußgeldern! Hitze- und kältebeständig, inklusive Reinigungstuch und Klebepads.

29,90 €



### Aluminium-Case FLIRC

Das hochwertige Gehäuse aus stabilem Aluminium ist ideal, um den Raspberry Pi 4 als Media Center zu verwenden. Das elegante Design integriert sich optimal in jede Wohnumgebung. **Auch im Set mit Raspi 4 Model B 2GB erhältlich.**

23,90 €

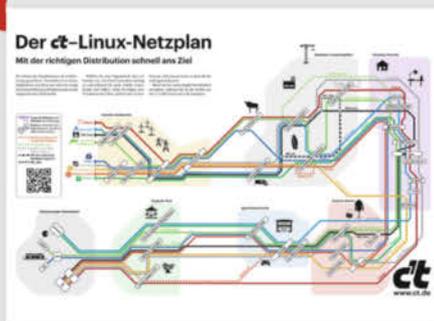


### musegear® finder Version 2

Finden Sie Schlüssel, Handtasche oder Geldbeutel bequem wieder statt ziellos zu suchen. Mit dem Finder können Sie z.B. das Smartphone klingeln lassen oder Wertgegenstände einfach tracken und noch mehr.

24,90 €

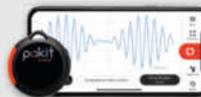
NEU



### c't-Linux-Netzplan

Entdecken Sie Linux auf eine ganz neue Art – als Netzfahrplan im A2-Format. Die verschiedenen Linux-Distributionen fahren wie U-Bahn-Linien durch die Landschaft und halten an Stationen, die für unterschiedliche Eigenschaften und Features stehen. Verfolgen Sie die Fahrt Ihrer Lieblings-Distribution durch das Hardware-Gewerbegebiet über das Fashion-Viertel bis zum Upgrade-Park.

9,90 €



### PokitMeter – Multimeter, Oszilloskop und Logger

PoKit misst, zeigt und protokolliert eine Vielzahl von Parametern wie Spannung, Strom, Widerstand und Temperatur mittels Verbindung via Bluetooth mit Ihrem Smartphone oder Tablet.

109,90 €



### Joy-IT OR750i: Freifunk- & OpenWrt-Dual-Band-Router

Der Einstieg in die Freifunk- und OpenWrt-Welt kann oft schwierig sein. Deshalb hat Joy-IT in Zusammenarbeit mit Freifunk Hannover und c't den OR750i entwickelt.

Dank Webinterface kann man beliebige Firmwares einfach hochladen – ohne komplizierte Kommandos oder inkompatible Hardware-Revisionen; ideal für OpenWrt-Einsteiger und solche, die Freifunk einfach nur nutzen wollen.

39,90 €

BEST-SELLER



### Tasse „Kein Backup? Kein Mitleid!“

Wer kennt es nicht? Die lieben Kollegen haben wieder mal die Datensicherung vergessen und betteln bei Ihnen in der IT-Abteilung um Hilfe. Sie denken sich dabei nur: „Kein Backup? Kein Mitleid!“ Platzieren Sie die schicke Keramiktasse, außen mattschwarz und innen rot, einfach demonstrativ auf Ihrem Schreibtisch. Der praktische Holzdeckel kann gleichzeitig als Untersetzer verwendet werden und verhindert somit nervige Kaffeeflecken auf dem Schreibtisch.

17,90 €



### REINER SCT Authenticator

Der REINER SCT Authenticator speichert die elektronischen Schlüssel für die Logins sicher in seiner Hardware und generiert die TOTP-Einmalpasswörter hochgenau alle 30 Sekunden. Er arbeitet **ohne Internetverbindung** und kann deshalb online nicht angegriffen werden. Zusätzlich kann seine Funktion noch mit einem **PIN-Schutz** abgesichert werden.

39,90 €



### „No Signal“ Smartphone-Hülle

Passend für Smartphones aller Größen bis 23cm Länge blockt diese zusammenrollbare Hülle alle Signale von GPS, WLAN, 3G, LTE, 5G und Bluetooth, sowie jegliche Handy-Strahlung.

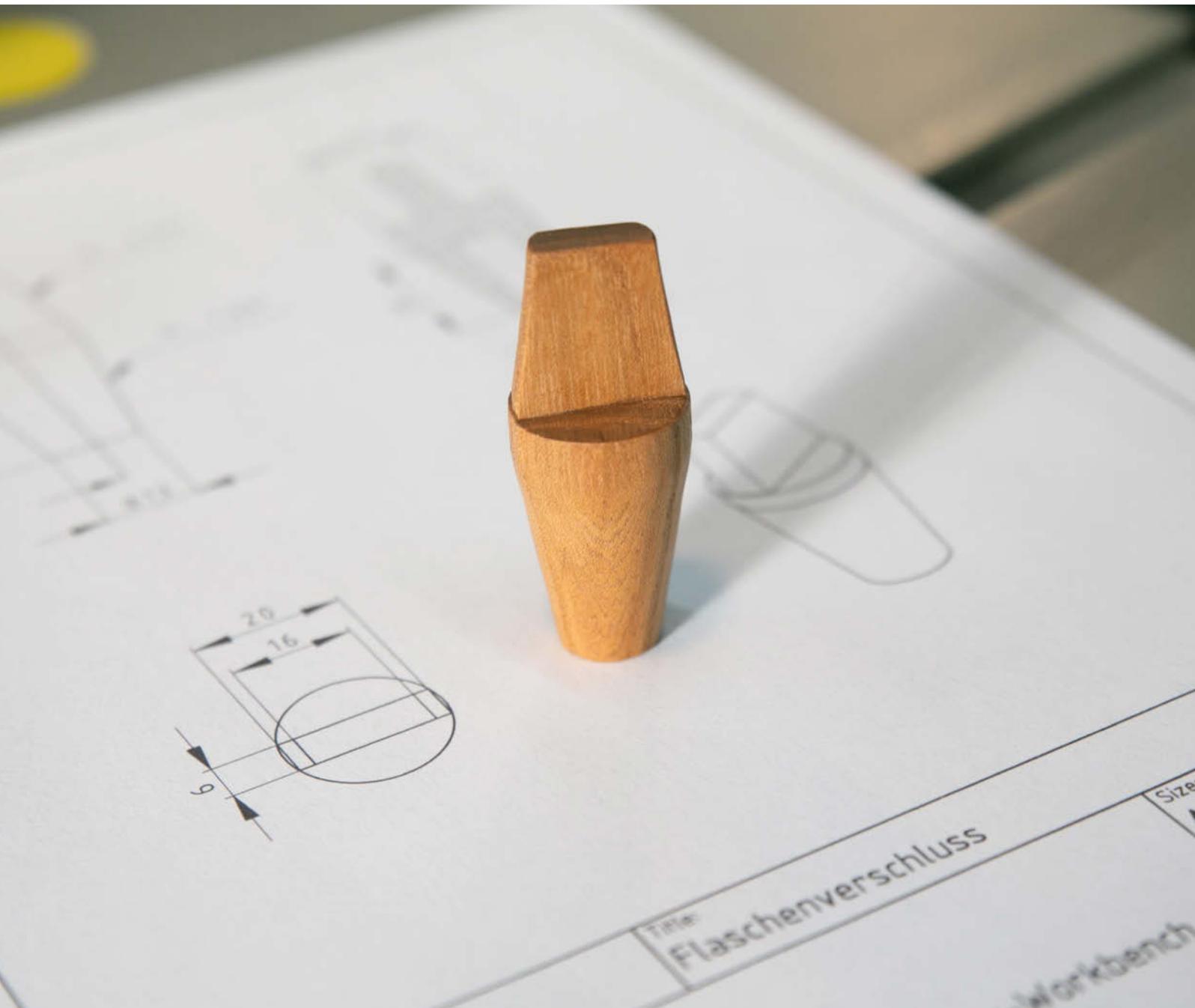
Versilbertes Gewebe im Inneren der Tasche aus recycelter Fallschirmseide bildet nach dem Schließen einen faradayschen Käfig und blockiert so alle Signale.

39,90 €

# Technische Zeichnungen mit FreeCAD, Teil 2

Auch wenn man Objekte in 3D auf dem PC konstruiert, benötigt man manchmal einen klassischen Plan auf Papier, etwa wenn man ein Teil in Auftrag geben will. Wie man den mit der kostenlosen Software FreeCAD erzeugt, zeigen wir in unserer kleinen Artikelserie. In dieser Folge legen wir Ansichten und Schnitte an.

von Matthias Mett



Vielleicht erinnern Sie sich an den ersten Artikel dieser Serie: Darin haben wir einen universellen Flaschenverschluss entworfen, uns Maße überlegt und den mit der Open-Source-Software *FreeCAD* in 3D konstruiert. Außerdem haben wir für die technische Zeichnung, die man braucht, um den Entwurf später etwa aus Holz dreheln zu können, in *FreeCAD* eine passende Zeichnungsvorlage ausgewählt und bereits das Schriftfeld ausgefüllt. Doch der Rest des Blatts ist noch leer – den gilt es jetzt mit nützlichen Ansichten zu füllen.

Wenn man einen dreidimensionalen Gegenstand auf einer technischer Zeichnung zweidimensional abbilden will, wählt man in der Regel die sogenannte *Dreitafelprojektion*. Diese besteht aus den Ansichten *Vorderansicht*, *Seitenansicht* und *Draufsicht*. Zeichnet man noch von Hand, ist das Schöne dabei, dass man Dimensionen und Maße von einer Ansicht auf die anderen Ansichten projizieren kann. Auch wenn das beim Zeichnen mit Software in *FreeCAD* keine Rolle mehr spielt, behält man bei der Darstellung meist die aus der traditionellen Methode resultierende Blatteinteilung bei, weil diese das „Lesen“ der Zeichnung erleichtert.

Beim Zeichnen von Hand teilte man die Zeichenfläche zunächst in vier Bereiche ein. Dann begann man mit der *Vorderansicht* links oben **1**. Dann folgte die *Seitenansicht* von links, die rechts oben auf der Seite Platz fand. Dabei konnte man die Höhen-Dimensionen einfach mit horizontalen Linien von links nach rechts übertragen.

Dann zeichnete man die *Draufsicht*, links unten auf der Seite, unterhalb der *Vorderansicht*. Hier ließen sich wiederum die Breiten-Dimensionen von oben nach unten übernehmen, diesmal mit Senkrechten. Außerdem konnte man noch die Höhen-Dimensionen von der *Seitenansicht* über eine 45-Grad-Hilfslinie, die sogenannte *Spiegelachse*, auf den rechten unteren Bereich der Seite übertragen und von dort aus nach links projizieren. Mit diesen Hilfslinien waren die drei Ansichten recht einfach konstruiert.

### Projektion per Klick

Mit einer technischen Zeichensoftware wie *FreeCAD* ist das Zeichnen der einzelnen Ansichten Linie für Linie und das Projizieren von Dimensionen natürlich nicht mehr notwendig. Stattdessen erzeugt *FreeCAD* eine Ansicht direkt aus einem zuvor konstruierten 3D-Objekt. Dazu benötigt man neben dem 3D-Objekt nur ein virtuelles Zeichenblatt, das wir im vorigen Teil unserer kleinen Artikelserie bereits in der passenden Größe angelegt haben.

Dann dreht man sein 3D-Objekt in der Software in die passende Position, beispielsweise die *Vorderansicht*, indem man auf dem An-

## Kurzinfo

- » Technische Zeichnung mit Ansichten und Schnitten aus einem 3D-Modell erzeugen
- » Einfacher Flaschenverschluss als Beispielprojekt
- » Detaillierte Klick-Anleitung als Video zum Artikel

### Checkliste

- Zeitaufwand:** 2 Stunden
- Kosten:** Konstruktion mit Gratis-Software
- Konstruieren:** CAD, aber keine Vorkenntnisse nötig
- Computer:** Desktop oder Notebook mit Windows, macOS oder Linux und A4-Drucker für den Plan

### Mehr zum Thema

- » Matthias Mett, Technische Zeichnungen mit *FreeCAD*, Teil 1, *Make* 6/22, S. 100
- » Eine verlinkte Liste aller weiteren *FreeCAD*-Artikel aus der *Make* gibt es online unter der Kurz-URL.
- » Video: Technische Zeichnungen mit *FreeCAD*, Teil 2

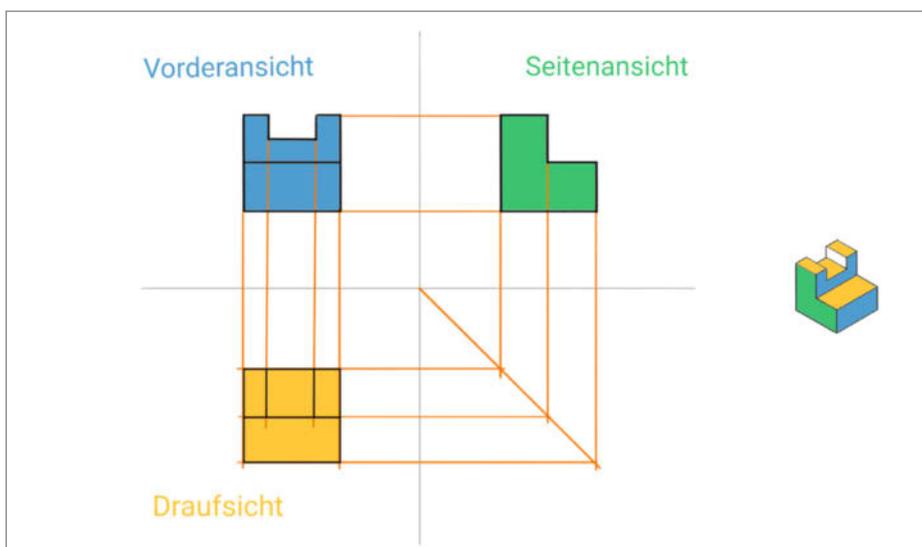


Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x5cc](https://make-magazin.de/x5cc)

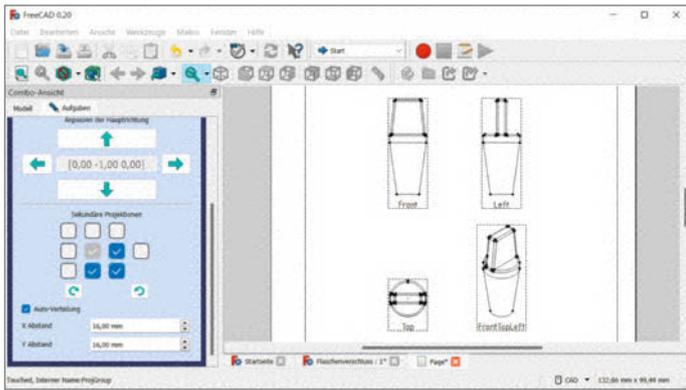
sichten-Würfel im 3D-Fenster von *FreeCAD* die Seite *Front* anklickt. In der *TechDraw-Workbench* lässt sich dann durch einfachen Klick auf den Button *Aktive (3D-)Ansicht einfügen* die komplette *Vorderansicht* erzeugen. Diese ordnet *FreeCAD* im Objektbaum unterhalb des Seiten-Knotens an. Wenn man nun das 3D-Objekt in eine andere Ansicht dreht, etwa die *Draufsicht*, erzeugt der nächste Mausklick eine weitere Ansicht, bis man alle gewünschten Darstellungen im Objektbaum gesammelt hat.

### Ansichtengruppen

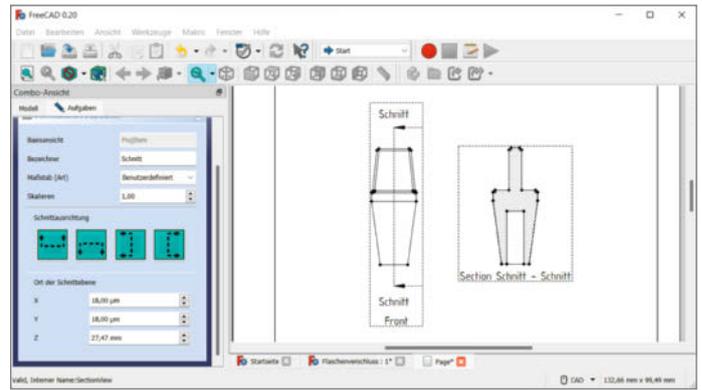
Ein alternativer Weg führt über *Ansichtengruppen*: Hierbei erstellt man mit Hilfe eines Assistenten mehrere Ansichten gleichzeitig, die gleich aufeinander bezogen und aneinander ausgerichtet sind. Damit der Assistent richtig funktioniert, dreht man das 3D-Objekt zuerst in die *Vorderansicht*. Dann ruft man mit dem Button *Ansichtengruppe einfügen* den Assistenten auf.



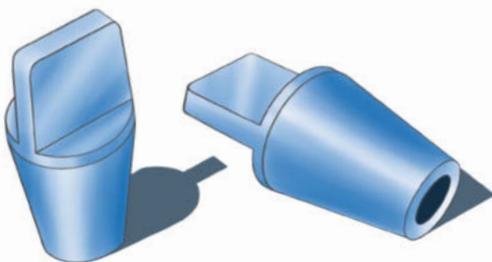
**1** Prinzip der Dreitafelprojektion, die Diagonale rechts unten ist die Spiegelachse.



2 Per Assistent in FreeCAD erzeugte Vorderansicht, Seitenansicht, Draufsicht und ISO-Ansicht unseres Beispiel-Flaschenverschlusses



4 Mit dem FreeCAD-Assistenten erzeugte Schnittansicht rechts, die Lage der Schnittlinie links in der Vorderansicht



3 Die Designzeichnung für den Flaschenverschluss zeigt die Bohrung von unten.

In der unteren Hälfte des Aufgabenfensters unter *Sekundäre Projektionen* finden sich Checkboxes zum Auswählen 2. In der Zeichnung ist dann bereits die Vorderansicht eingefügt und der Haken dafür ist in der Mitte gesetzt und ausgegraut. Wenn man nun dazu die Seitenansicht von links auf der rechten Seite haben möchte, klickt man dafür die Box rechts von der Mitte an, die Seitenansicht erscheint dann direkt rechts neben der Vorderansicht auf dem Zeichenblatt. Die Draufsicht bekommt man, wenn man das Kästchen direkt unter der Mitte anhakt, sie erscheint direkt

unterhalb der Vorderansicht auf dem Zeichenblatt. So kann man eine klassische Dreitafelprojektion mit drei Klicks erzeugen.

Da man die Spiegelachse aus den klassischen technischen Zeichnungen nicht mehr benötigt, bleibt rechts unten noch Platz. Hier macht sich eine isometrische Darstellung gut, die man mit einem Häkchen rechts unten anlegt. Sie zeigt das Objekt von schräg oben, wodurch man es sich oft besser vorstellen kann als über die drei anderen Ansichten. Die ISO-Ansicht erhält von FreeCAD die Bezeichnung *FrontTopLeft*. Anders als die drei anderen Ansichten bekommt sie später keine Bemaßung.

Die Abstände der Ansichten regelt die Funktion *Auto verteilen*. Den X- und Y-Abstand der Ansichten kann man in den entsprechenden Feldern des Aufgabenfensters einstellen – Änderungen wirken sich direkt auf die Ansichten in der Zeichnung aus. Ohne Haken bei *Auto verteilen* kann man die Ansichten einzeln positionieren: Den äußeren Rand einer Ansicht anklicken, dann erscheint dieser grün markiert und die Ansicht lässt sich mit der Maus verschieben. Eine Besonderheit dabei: Die linke obere Ansicht verschiebt alle anderen mit. Was praktisch ist, wenn man die

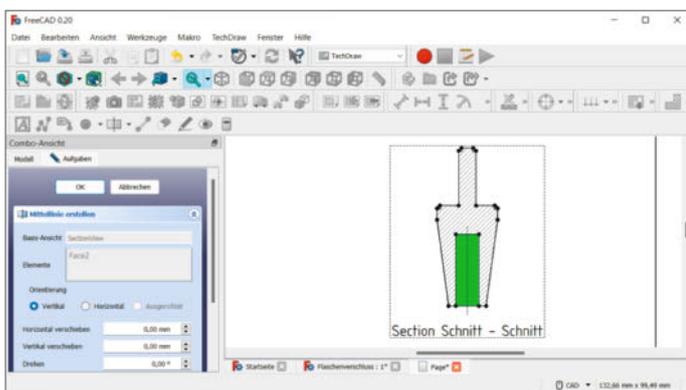
Darstellung als ganzes anders auf dem Blatt positionieren will.

Im oberen Bereich des Assistenten kann man unter *Anpassen der Haupttrichtung* zudem noch die Positionen der Ansichten zueinander ändern. So lässt sich beispielsweise die Draufsicht auf den Platz der Vorderansicht rücken und alle anderen Ansichten verschieben sich in der Position dementsprechend. Wenn man jedoch direkt mit der Vorderansicht beginnt, benötigt man diese Funktion in der Regel selten. Mit *Skalieren* und *Benutzerdefinierter Maßstab* besteht zudem die Möglichkeit, den Maßstab der Darstellung direkt zu ändern.

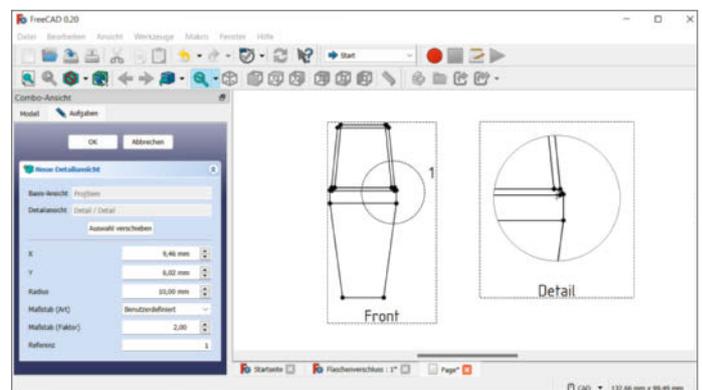
Wenn man alle Ansichten fertig erstellt und positioniert hat, schließt man den Assistenten mit dem Button *OK*. FreeCAD erzeugt ein Ansichtengruppen-Objekt im Objektbaum unterhalb des Seiten-Knotens, wobei es dann die einzelnen Ansichten darunter einordnet.

### Schnittführung

Wie in der Designzeichnung 3 zu sehen, hat unser Beispiel-Flaschenverschluss auf der Unterseite eine Bohrung. Diese ist in den bisher erzeugten Ansichten jedoch nicht sichtbar. Selbst wenn man eine weitere Ansicht erzeugen



5 Markierte Bohrung mit eingefügter Mittellinie und eingblendetem Assistenten



6 Detailansicht mit zweifach vergrößertem Ausschnitt rechts, Kreis mit vergrößertem Bereich links in der Vorderansicht

gen würde, etwa von unten, wäre die Bohrung nicht in ihrer Tiefe erkennbar.

Eine mögliche Abhilfe: Man lässt FreeCAD verdeckte Kanten darstellen, indem man in den Eigenschaften einer Ansicht *Hard Hidden* auf den Wert *True* setzt. Dies macht die Zeichnung jedoch unübersichtlich, eine echte *Schnittansicht* schafft mehr Klarheit, was von der Tech-Draw-Workbench ebenfalls geboten wird. Dabei schneidet man virtuell einmal mittig durch das Werkstück und macht so die Bohrung in einer zweiten Seitenansicht sichtbar.

Dazu wählt man eine Ansicht am Rahmen aus und betätigt den Button *Schnittansicht einfügen*. Hier öffnet sich wieder ein Assistent 4, mit dem man die Blickrichtung, also die Lage des Schnittes in der Zeichnung festlegen kann. FreeCAD legt dann eine Schnittlinie mit zwei Pfeilen für die Blickrichtung in der ausgewählten Ansicht an und erzeugt daneben eine neue Schnittansicht. In der neuen Schnittansicht markiert die Software die Schnittfläche des Körpers mit einer Schraffurierung. Die Schnittlinie lässt sich unter *Ort der Schnittebene* auch noch anders positionieren. Außerdem kann man einen Bezeichner für die Beschriftung angeben sowie auch wieder den Maßstab festlegen.

Symmetrische Objekte wie Bohrungen stellt man in einer Schnittansicht üblicherweise mit einer Mittellinie dar. Diese fügt man der von FreeCAD erzeugten Schnittansicht nachträglich hinzu, indem man die Bohrung in der Schnittansicht mit der Maus markiert, woraufhin sie grün hervorgehoben wird. Ein Klick auf den Button *Mittellinie einfügen* öffnet wieder um einen Assistenten für deren Einstellungen, beispielsweise die Linieneigenschaften 5.

### Unter der Lupe

Je nach gewähltem Maßstab können Details schlecht sichtbar sein. Hier bietet FreeCAD die Möglichkeit, eine vergrößerte Detailansicht eines Ausschnitts der Zeichnung zu erzeugen. Der hierfür zuständige Assistent startet nach Klick auf den Button *Detailansicht erstellen*. In der zuvor ausgewählten Ansicht erzeugt FreeCAD dann einen Kreis, der den zu vergrößern Bereich definiert und den man nach Klick auf den Button *Auswahl verschieben* mit der Maus positionieren kann. Außerdem erscheint eine Detailansicht mit gezoomter Darstellung des Ausschnitts 6. Diese kann man über *Maßstab (Faktor)* noch vergrößern, um die Details besser zu zeigen.

### Alles im Rahmen

Zur besseren Bearbeitung der Ansichten zeigt FreeCAD einen Rahmen um die Ansicht an; außerdem gibt es an den Ecken und Schnittpunkten der Zeichnung Punkte, damit man sie leichter mit der Maus markieren und auswählen kann. Diese Hilfsmittel sind beim Bearbeiten nützlich, stören aber beim Betrachten, deshalb kann man sie mit dem Button *Ansichtsrahmen ein- oder ausschalten* ausblenden, um nur die eigentliche Zeichnung zu sehen. Mit weiteren Tools wie dem Button *Liniendarstellung ändern* steuert man die Eigenschaften zuvor markierter Linien; auch Werkzeuge zu Hilfslinien und Beschriftungen sind im Angebot. Zudem fehlen noch Bemaßungen, ein entscheidendes Element für jede technische Zeichnung – um die geht es aber im nächsten (und abschließenden) Artikel unserer kleinen Serie.

Wie man die Ansichten für den Flaschenverschluss oder auch beliebige eigene 3D-Konstruktionen in FreeCAD im Detail erstellt, sehen Sie wieder Klick für Klick in unserem begleitenden Video zum Artikel – siehe Link in der Kurzinfor. —pek

# building IoT

## Die Konferenz zu (I)IoT

26. und 27. April 2023  
in München

### Software entwickeln für das (I)IoT

Die Fachkonferenz building IoT ist seit 2016 der Treffpunkt für diejenigen, die Softwareanwendungen und digitale Produkte im Internet der Dinge und im Industrial Internet of Things entwickeln.

Das Programm bietet an zwei Tagen in drei Tracks 36 Vorträge unter anderem zu folgenden Themen:

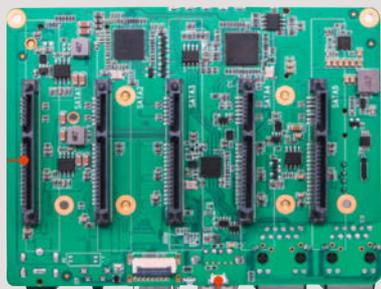
- ✔ Datenanbindung und -analyse für das IIoT
- ✔ Edge-Computing mit Kubernetes
- ✔ Eclipse Sparkplug in Action
- ✔ Zeitreihendatenbanken für das IoT
- ✔ Maschinenbau trifft auf agile Softwareentwicklung
- ✔ Rust auf dem Mikrocontroller
- ✔ IoT Cybersecurity: EU-Normen-Update

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

Jetzt  
Frühbucher-  
rabatt  
sichern!

## Radxa Taco

### NAS-Adapterplatine für Pi CM4



Radxa

Die chinesische Firma *Radxa* bietet die *Taco* genannte Basisplatine mit PCIe-, SATA- und Netzwerkchips an, um ein *Raspberry Pi Compute Module CM4* als Netzwerkspeicher (NAS) zu nutzen. Die Vorderseite ist vollgepackt mit den üblichen Anschlüssen, die Rückseite bietet 5 SATA-Ports und einen M.2-SSD-Steckplatz. Alternativ zum *Raspi CM4* lässt sich ein *Radxa Compute Module CM3* mit *Rockchip RK3566* aufstecken; es ist zum CM4 pinkompatibel.

Beim *Raspberry Pi Compute Module CM4* ist eine PCI-Express-2.0-Lane nutzbar. Daran koppelt das *Taco* über einen PCI-Express-(PCIe-)Switch-Chip, den SATA-Controller, den M.2-Steckplatz für eine NVMe-SSD und einen Netzwerkchip für 2,5-Gigabit/s-Ethernet.

Der PCIe-Switch ist per *Asmedia ASM1806* an den Prozessor angekoppelt, leitet aber maximal 500MByte/s durch, weil nur eine einzige PCIe-Lane am CM4/CM3 bereitsteht. Das reicht für Gigabit-Ethernet aus, aber wie weit sich 2,5-Gigabit-Ethernet ausreizen lässt, werden erst Messungen zeigen, zumal sich die Datenströme von SATA-Adapter, Netzwerkchip und SSD in die Quere kommen könnten.

Zusammen mit einem Compute Module, einem passenden Gehäuse und einem Netzteil dürften über 250 Euro fällig werden, was den Einsatz wohl nur in besonderen Fällen rentabel macht. —*Christof Windeck/ciw@ct.de*

Hersteller	Radxa Limited
URL	<a href="https://wiki.radxa.com/Taco">https://wiki.radxa.com/Taco</a>
Preis	115 €

## Arduino IoT-Bundle

### IoT-Paket mit Dokumentation für den leichten Einstieg

Smarte Geräte mithilfe von IoT (Internet of Things) zu automatisieren, fernzusteuern und im Blick zu behalten, kann richtig Spaß machen. Wer schon öfter mit dem Gedanken gespielt hat, selbst solch ein Gerät zu bauen, könnte sich über das *Arduino IoT Bundle* freuen, das vor Kurzem erschienen ist und sich vor allem an Einsteiger richtet.

Fünf Projekte aus unterschiedlichen Rubriken zeigen, wie leicht sich smarte Projekte selbst umsetzen und in die *Arduino IoT Cloud* einbinden lassen. So lernt man beispielsweise, mit Pflanzen zu kommunizieren, seine Katze mit einem speziellen Futterapparat zu trainieren oder ein Papp-Tamagotchi zu bauen. Angetrieben werden die Projekte von einem *Arduino Nano RP2040 Connect* sowie einer Reihe von Sensoren und weiteren Elektronikkomponenten, die sich später auch für eigene Ideen verwenden lassen. Einzig ein Computer wird benötigt, um den Nano zu programmieren.



Arduino

Die Kurse oder Anleitungen sind liebevoll bebildert und leicht verständlich, aber in Englisch verfasst. Die Anleitungen stellt Arduino kostenfrei auf seiner Website zur Verfügung. So können auch Maker, die bereits die notwendige Hardware besitzen, diese ausprobieren und die Projekte nachbauen. —*akf*

Hersteller	Arduino
URL	<a href="https://heise.de/s/pw3Z">https://heise.de/s/pw3Z</a>
Preis	75 €

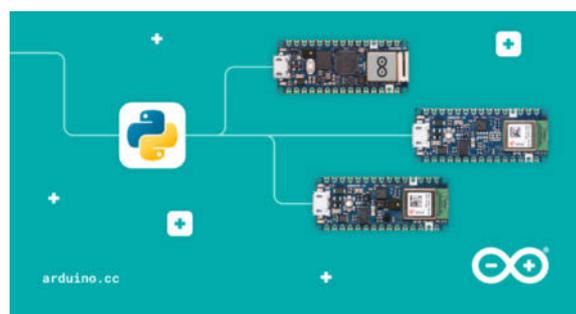
## MicroPython für Arduino-Boards

### Offizielle Unterstützung für die beliebte Programmiersprache

Nach *Raspberry Pi Pico* und ESP-Controllern unterstützen jetzt auch ganz offiziell einige Arduino-Boards die Programmierung in MicroPython. Dies gab Arduino zusammen mit Damien George, dem MicroPython-Entwickler, bekannt.

Entsprechende Firmware zum Download gibt es schon seit einiger Zeit für die Arduino-Boards *Nano BLE Sense*, *RP2040* und *Portenta H7*. Software für die Boards kann danach mit Editoren wie *OpenMV* oder dem Arduino-IDE-ähnlichen, sehr einfachen, aber noch nicht ganz fertigen *Arduino Lab* geschrieben und installiert werden.

MicroPython wird von vielen als gegenüber dem bei Arduino üblichen C++-Dialekt leichter zu erlernende Programmiersprache bezeichnet. Daher wird es oft bei Anfängerkursen eingesetzt. Es ist außerdem auch für viele andere Controller-Boards (u.a. ESP32)



Arduino.cc

verfügbar und unterscheidet sich nicht wesentlich von Python unter Linux, wie es auf *Raspberry Pis* verwendet wird. Daher benutzen viele Multi-Board-User diese Sprache, weil damit später der Umstieg auf das komplette Python einfacher wird. —*hgb*

Hersteller	Arduino
URL	<a href="https://heise.de/s/65NZ">https://heise.de/s/65NZ</a>
Preis	kostenlos

# Raspberry Pi Camera Module 3

## Vier Varianten mit 12-Megapixel-Sensor

Raspberry Pi Limited bringt das neue *Camera Module 3* in vier Varianten auf den Markt. Alle haben den 12-Megapixel-Sensor *Sony IMX708*, der auch 3-Megapixel-Bilder mit HDR-Kontrasten liefert. Das Camera Module 3 gibt es in je einer Version mit Standard- und Weitwinkel-

objektiv (*Wide*) und beide wiederum mit oder ohne Infrarotfilter (*NoIR*). Alle 3er-Modelle haben Autofocus und können mit 75°- oder 120°-Objektiv bestellt werden.

Wie die bisherigen Raspi-Cams werden auch die vier Versionen des Camera Module 3

jeweils über ein 20cm langes Folienkabel mit dem CSI-2-Anschluss (*Camera Serial Interface* nach MIPI CSI-2) eines Raspi verbunden.

Eine neue Version der *Raspberry Pi High-Quality Camera* (2020 vorgestellt), kommt jetzt mit Anschluss für Objektive mit M12-Gewinde, vormals gab es nur C-/CS-Mount. Die High-Quality Camera ist mit dem Sony-Sensor *IMX477* bestückt, der ebenso wie der *IMX708* in manchen Smartphones zum Einsatz kommt und recht lichtstark ist. Der IR-Filter sitzt in der Objektivaufnahme und kann daher relativ leicht entfernt werden.

Für die Standardausführung des Raspberry Pi Camera Module 3 nennt Raspberry Pi Ltd. einen Preis von 25 US-Dollar. Die Wide-Version soll 35 US-Dollar kosten und die High-Quality-Camera mit M12-Anschluss 50 US-Dollar.

—Christof Windeck/ciw@ct.de



Raspberry Pi Ltd.

Hersteller	Raspberry Pi Ltd.
URL	<a href="https://raspberrypi.com/products/camera-module-3/">raspberrypi.com/products/camera-module-3/</a>
Preis	ab 30 €

# Nicla Voice

## Arduino-Spracherkennung im Nicla-Format

Auf der CES präsentierte Arduino das Spracherkennungsmodul *Nicla Voice* für die, laut Hersteller, „24/7-always-on“-Spracherkennung. Dafür spricht die geringe Stromaufnahme, die zwischen 0,46 und 2,4mA liegen soll (Standby/volle Leistung inkl. Bluetooth). Nicla ist ein Formfaktor (nur 22,86mm x 22,86mm), der besonders kleine Boards für KI bietet.

Darauf ist immerhin Platz für einen *nRF52832-SOC*, der mit einem *ARM-Cortex-M4*-Kern arbeitet, den *Syantiant NDP120-KI*-Prozessor, der einen *ARM-Cortex-M0*-Kern sowie einen digitalen Signalprozessor von *Tensilica* für die Audioverarbeitung enthält, ein Mikrofon, einen 6-Achsen-Bewegungssensor und ein Magnetometer. Ein externes Mikrofon kann ebenfalls angeschlossen werden.

Zusätzlich ist Bluetooth BLE 5.0 an Bord. Außerdem stehen zehn digitale I/O-Pins, zwölf PWM-taugliche Anschlüsse, zwei AD-Wandler, ein I<sup>2</sup>C-Bus, eine UART- und eine SPI-Schnittstelle zur Verfügung. Auf dem Board sitzt zusätzlich eine frei ansteuerbare RGB-LED.

Die Stromversorgung des Moduls erfolgt entweder über die USB-Buchse oder über eine direkt anschließbare LiPo-Zelle mittels eines dreipoligen JST-Konnektor für Akkus mit/ohne Thermosensor und zwei Lötanschlüsse. Die Ladeelektronik ist mit auf der Platine integriert.

Wie üblich stellt Arduino online Datenblätter und Schaltpläne zur Verfügung. Das Modul kann mit der Arduino IDE programmiert werden, entsprechende Beispiel-Programme sind nach Installation der Nicla-Erweiterung in der IDE verfügbar. Auch hierzu gibt es ausführliche Online-Anleitungen.

—hgb



Arduino.cc

Hersteller	Arduino
URL	<a href="https://store.arduino.cc/pages/nicla-voice">store.arduino.cc/pages/nicla-voice</a>
Preis	69 €

## Stepcraft OTK-3

### Tangentialmesser- Erweiterung für CNC-Fräsen



Stepcraft

Das Ausschneiden enger Konturen oder Schriften mit rotierenden Fräsern führt meist zu Brüchen der feinen Strukturen. Mit dem Set OTK-3 für Stepcraft-Fräsen soll das nicht auftreten. Das Set besteht aus einem Werkzeugkopf, der in die 43mm-Halterung der Stepcraft-CNC-Portalfräsen passt. Er enthält zwei Motoren, einen für die Schneidbewegung des Messers, der zweite dreht dieses jeweils in Schnittrichtung. Eine gefeder- te Platte drückt das Material nach unten. Auf diese Weise liefert das Tangential- messer selbst bei kleinen Konturen und Schriften äußerst akkurate Ergebnisse. Die Vollhartmetallklingen sind für Schnitttiefen von 6 bis 25mm erhältlich.

Der maximale Hub des Messers be- trägt 3mm. Im Set enthalten sind zahl- reiche weitere Teile wie eine 10mm- Oszillierklinge, mit der beispielsweise Leder, Kork oder Teppichboden ge- schnitten werden können. Fünf Rillen- räder mit Breiten von 0,7mm bis 3mm, die sich besonders für dünnen Karton (bis 300g/mm<sup>2</sup>) und ähnliche Materia- lien eignen, werden ebenfalls mitgelie- fert. Mit diesen Rillrädern können Kon- turen, Knickkanten und Ähnliches in Papier eingearbeitet werden. Außer- dem liegen dem Set die notwendigen Kabel sowie Schmierfett bei. —hgb

**Hersteller** Stepcraft GmbH & Co. KG  
**URL** <https://heise.de/s/Yo5M>  
**Preis** 549 €

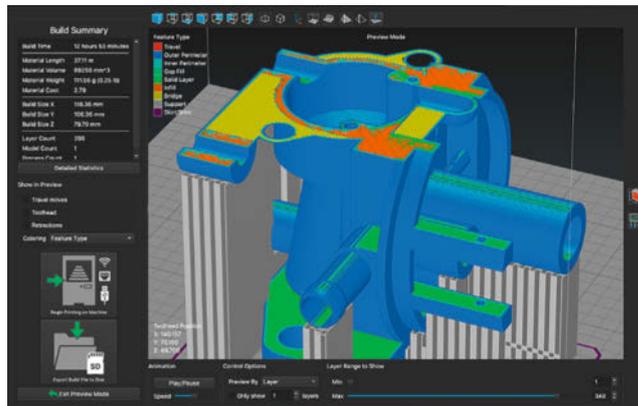
## Simplify3D V5

### Kommerzieller Slicer in neuer Version

Anwender von 3D-Dru- ckern benötigen zwin- gend eine Slicer-Software, um 3D-Vorlagen in die speziellen Maschinen- Codes für den eigenen Drucker umzuwandeln. Die meisten Maker benut- zen dafür kostenlose Soft- ware wie *PrusaSlicer* oder *Cura*. Eine Lizenz für den *Simplify3D* in der neuen Version 5 hingegen kostet 199 US-Dollar. Wohl des- halb begegnet man dieser Software eher im professionellen 3D-Drucker- Umfeld. Anders als sein Name suggeriert, ist das Programm ziemlich komplex, und mit Version 5 sind jetzt weitere Features hinzu- gekommen.

Zu den wichtigsten gehört die adaptive Schichtdicke, die mit reduziertem Vorschub die Stufigkeit flacher Werkstückwinkel redu- ziert oder die dynamische Infill-Generierung, die innenliegende Stützstrukturen (Infills) zu den Rändern hin verdichtet; zudem sind verschiedene Infill-Patterns wählbar.

Weitere Verbesserungen betreffen das automatische Verstecken von Druckansatz- Kanten (Seams) anhand des gegebenen Objektumrisses, einfacheres Erstellen mul- tipler Stützstrukturen mit dem *Bulk Editing* und eine präzisere, einfacher navigierbare Druckvorschau mit exakter Druckzeit-Be- rechnung. Ob der eigene Drucker kompa- tibel ist, lässt sich auf der Drucker-Support- Seite abfragen. —cm



Simplify3D

Hersteller Simplify3D  
URL <https://heise.de/s/IWG2>  
Preis 199 US-\$

## Matter-USB-Stick

### SkyConnect für Home Assistant

*Matter*, der neue Standard für die Vernetzung von Smart-Home-Komponenten, rückt ein Stückchen näher: Auf der Homepage der Smart-Home-Server-Software *Home Assistant* wird seit Kurzem ein Matter-kompatibler USB-Stick angeboten. Das bei mehreren europäischen Händlern erhältliche Matter- und *ZigBee*-kompatible Gateway ist für etwa 40 Euro erhältlich. In diesem Preis ist auch ein kurzes USB-Verlän- gerungskabel enthalten, das ein altes Problem behebt, falls man Home Assistant auf einem Raspberry Pi 4 betreibt. Dessen USB-3-Anschlüsse stören den Betrieb von *ZigBee*-Sticks in unmit- telbarer Nähe.

Der Begriff Matter-Kompatibilität wird bei *SkyConnect* noch recht großzügig ausgelegt: So sind zwar die technischen Voraussetzungen vorhanden, insbesondere das Vorhandensein eines Chips für den neuen Drahtlos-Netzwerk- standard *Thread* – Matter soll aber erst nach einem demnächst anstehenden Software- Update funktionsfähig werden. Dies ähnelt der Vorgehensweise von *Ikea*: Das Möbelhaus

verkauft bereits seit Dezember sein Matter- kompatibles Gateway *Dirigera*, das aber auch nach wie vor auf die passende Firmware wartet ...

Nach dem ausstehenden Update für *Sky- Connect* sollen dann laut Home Assistant *Zig- Bee* und Matter parallel nutzbar sein. —hgb



Home Assistant

**Hersteller** Home Assistant  
**URL** [home-assistant.io/skyconnect/](https://home-assistant.io/skyconnect/)  
**Preis** 40 €

# Elegoo Neptune 3 Plus

## FDM-3D-Drucker mit großem Bauraum

Der überdurchschnittlich große *Elegoo Neptune 3 Plus* ist in nur 15 Minuten betriebsbereit, wirkt von Anfang an sehr hochwertig und bringt seine eigene Slicer-Software mit. Für eine möglichst hohe Druckqualität hat Elegoo den gesamten Druckeraufbau überarbeitet und stabilisiert. Die Kooperation mit den Machern des beliebten Open-Source-Slicers *Cura*, macht sich beim hauseigenen Slicer ebenfalls positiv bemerkbar.

Der Bauraum ist mit 32cm × 32cm × 40cm überdurchschnittlich groß. Details, die die Stabilität und den leichten Lauf verbessern, wurden konsequent von Elegoo verbessert. Es gibt eine doppelte Bauteilekühlung, die Haftung auf der PEI beschichteten Druckplatte ist sehr gut. Die Firmware unterstützt den Filamentsensor und das Weiterdrucken nach Stromausfall.

In ihrem ausführlichen Test (siehe Link in der Tabelle) befanden unsere Kollegen von TechStage schlicht: „Die Druckqualität ist einfach großes Kino.“ Mit allen eingesetzten Filamenten erzielten sie saubere Schichten

mit gleichmäßigem und tollem Druckbild – kein Stringing, dafür scharfe, klare Layer an den Säulen und den Spitzen ihrer Testdrucke.

Die Düse des Druckkopfes erreicht bis zu 260°C, das Heizbett bis 100°C. Selbst Polyamid (*Nylon*) dürfte damit noch funktionieren, für PC (*Poylcarbonat*) liegt die Höchsttemperatur allerdings zu niedrig. Filament mit Holz- oder Steinkomponenten sind hingegen kein Problem. Als Fazit spricht TechStage eine klare Kaufempfehlung für dieses Modell aus, wenn es um Drucker mit großem Bauraum in der Preiskategorie unter 400 Euro geht.

—caw

Hersteller	Elegoo
URL	<a href="https://heise.de/s/J10g">https://heise.de/s/J10g</a>
Preis	380 €

Ausprobiert  
– von tech-stage



# Anycubic Photon Mono X 6K

## Resin-3D-Drucker mit hoher Auflösung und großem Bauraum

Das monochrome Display mit 6K-Auflösung ist das Highlight des *Photon Mono X 6K*. Hiermit sinkt die Voxelgröße (0,034 zu 0,05mm) gegenüber dem Vorgänger *Mono X* deutlich, was eine sichtbare Auflösungssteigerung bringt. Zudem hat das Modell eine stärkere Lichtquellenmatrix eingebaut: Dies ermöglicht kürzere Belichtungszeiten und damit 25 Prozent schnellere Druckzeiten von bis zu 80mm/h in Z-Richtung. Der *Mono X 6K* bietet zudem einen leicht größeren Druckraum von 245mm × 197mm × 122mm. Wie sein Vorgänger besitzt auch der *X 6K* die bewährte doppelte Z-Spindelführung aus zwei CNC-plangefrästen Linearachsen.

Aufgebaut ist der *Photon Mono X 6K* sehr zügig: Auspacken, dann alle Schaumstoffteile entfernen; was weg soll und was nicht, erklären kleine bedruckte Sticker. Dann die Folie über dem Screenprotector abziehen,

aber nicht den Screenprotector selbst. Das war es auch schon; einfacher geht es kaum.

Die Kollegen von *TechStage* haben den Drucker ausführlich getestet (siehe Link in der Tabelle) und kommen zu dem Schluss, dass der *Anycubic Mono X 6K* seine hohe Auflösung auspielen kann, wenn man vor allem *Lithophane*, Reliefkarten oder extrem kleine Modelle etwa für die Schmuckherstellung drucken möchte. Wer bevorzugt solche Werkstücke benötigt, der kann mit dem *Photon Mono X 6K* auf noch höherem Niveau drucken als mit den Vorgängermodellen und das dank der höheren Geschwindigkeit in guter Zeit. Die Druckergebnisse waren mit dem 6K-Modell feiner als bei jedem anderen bei *TechStage* getesteten SLA-Drucker mit 4K-Auflösung.

—caw

Hersteller	Anycubic
URL	<a href="https://heise.de/s/Pr71">https://heise.de/s/Pr71</a>
Preis	449 €

Ausprobiert  
– von tech-stage



Anycubic

# IMPRESSUM

**Make:** Nächste Ausgabe erscheint am 6. April 2023

## Redaktion

**Make: Magazin**  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-300  
Telefax: 05 11/53 52-417  
Internet: [www.make-magazin.de](http://www.make-magazin.de)

**Leserbriefe und Fragen zum Heft:** [info@make-magazin.de](mailto:info@make-magazin.de)

Die E-Mail-Adressen der Redakteure haben die Form [xx@make-magazin.de](mailto:xx@make-magazin.de) oder [xxx@make-magazin.de](mailto:xxx@make-magazin.de). Setzen Sie statt „xx“ oder „xxx“ bitte das Redakteurs-Kürzel ein. Die Kürzel finden Sie am Ende der Artikel und hier im Impressum.

**Chefredakteur:** Daniel Bachfeld (dab)  
(verantwortlich für den Textteil)

**Stellv. Chefredakteur:** Peter König (pek)

**Redaktion:** Heinz Behling (hgb), Johannes Börnsen (jom), Ákos Fodor (akf), Carsten Meyer (cm), Carsten Wartmann (caw)

**Mitarbeiter dieser Ausgabe:** Beetlebum (Comic), Fabian Bräunlein, Guido Burger, Thomas Euler, Michael Gaus, Klaus-Uwe Gollmer, Miguel Köhnlein, David Krywult, Mark Liebrand, Matthias Mett, Stephan Mühl, Werner Niggemann, Klaus Peters, Matthias Rosezky, Jürgen Wickenhäuser, Christof Windeck

**Assistenz:** Susanne Cölle (suc), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

**Leiterin Produktion:** Tine Kreye

**DTP-Produktion:** Martina Bruns, Martin Kreft (Korrektorat)

**Art Direction:** Martina Bruns (Junior Art Director)

**Layout-Konzept:** Martina Bruns

**Layout:** Nicole Wesche

**Fotografie und Titelbild:** Andreas Wodrich

**Digitale Produktion:** Kevin Harte, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

**Hergestellt und produziert mit Xpublisher:**  
[www.xpublisher.com](http://www.xpublisher.com)

## Verlag

**Maker Media GmbH**  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Internet: [www.make-magazin.de](http://www.make-magazin.de)

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise

**Geschäftsführung:** Ansgar Heise, Beate Gerold

**Anzeigenleitung:** Michael Hanke (-167)  
(verantwortlich für den Anzeigenteil),  
[mediadaten.heise.de/produkte/print/das-magazin-fuer-innovation](http://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  
Meßberg 1  
20086 Hamburg  
Telefon: +49 (0)40 3019 1800  
Telefax: +49 (0)40 3019 1815  
E-Mail: [info@dermedienvertrieb.de](mailto:info@dermedienvertrieb.de)  
Internet: [dermedienvertrieb.de](http://dermedienvertrieb.de)

**Einzelpreis:** 13,50 €; Österreich 14,90 €; Schweiz 26.50 CHF;  
Benelux 15,90 €

**Abonnement-Preise:** Das Jahresabo (7 Ausgaben) kostet inkl. Versandkosten: Inland 80,50 €; Österreich 88,90 €; Schweiz 123.90 CHF; Europa: 95,20 €; restl. Ausland 100,80 €

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](mailto:leserservice@make-magazin.de)  
Telefon: 0541/80009-125  
Telefax: 0541/80009-122

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Alle beschriebenen Projekte sind ausschließlich für den privaten, nicht kommerziellen Gebrauch. Maker Media GmbH behält sich alle Nutzungsrechte vor, sofern keine andere Lizenz für Software und Hardware explizit genannt ist.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in Make erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Published and distributed by Maker Media GmbH under license from Make Community LLC, United States of America. The 'Make:' trademark is owned by Make Community LLC. Content originally partly published in Make: Magazine and/or on [www.makezine.com](http://www.makezine.com), ©Make Community LLC 2023 and published under license from Make Community LLC. All rights reserved.

Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten.  
Gedruckt auf Recyclingpapier.

© Copyright 2023 by Maker Media GmbH

ISSN 2364-2548

## Nachgefragt

Welches Maker-Projekt würdest Du gerne mal ins All schicken?



**Mark Liebrand**  
Lünen, spart ab S. 24  
Energie durch Heizkörper-Lüfter

Mich faszinieren das Weltall und seine Physik seit meiner Kindheit. Ein Satellit mit einer eigenen Kamera – möglichst als Livestream – auf den Blauen Planeten wäre faszinierend.



**Fabian Bräunlein**  
Berlin, hackt ab S. 48  
Apples Find-My-Netzwerk

Ein fernsteuerbares und von Makern abfragbares *Software Defined Radio* (SDR), um damit dann unter anderem auf die Suche nach Satelliten-zu-Satelliten-Kommunikation zu gehen.



**Jürgen Wickenhäuser**  
Karlsruhe, funkt ab S. 42  
mit kostengünstiger Satellitenkommunikation

Ich bin äußerst fasziniert von der Technologie, die in Form von Satelliten schon im Weltall ist. Aber ich finde es noch viel spannender, diese von „hier unten aus“ tatsächlich auch zu nutzen.



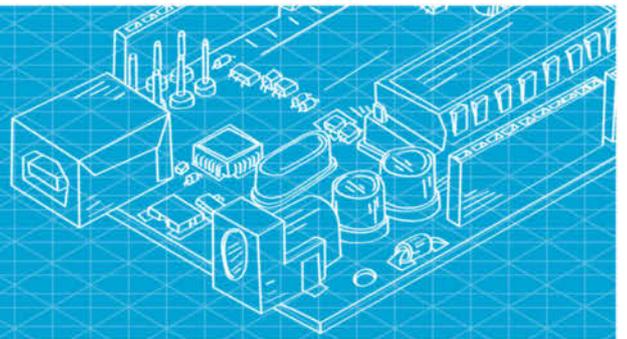
**David Krywult**  
Wien, entwickelt eine  
Hardwaretastatur (S. 64)  
für Smartphones

Am liebsten würde ich an einem Satelliten-rückholssystem mitarbeiten, welches ausgediente Satelliten einfängt und verglühen lässt oder diese im All direkt verwertet und einem neuen Zweck zuführt.

## Inserentenverzeichnis

dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg .....	61	TUXEDO Computers GmbH, Augsburg .....	116
OXON AG, Liebfeld .....	17	<b>Make:markt</b> .....	47
Shaper Tools GmbH, Leinfelden-Echterdingen .....	2		

# Make:



## DAS KANNST DU AUCH!



**GRATIS!**



## 2x Make testen und über 7 € sparen!

### Ihre Vorteile:

- ✓ **GRATIS dazu:** Make: Tasse
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv\*
- ✓ Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

Für nur 19,40 € statt 27 €

Jetzt bestellen:  
[make-magazin.de/miniabo](http://make-magazin.de/miniabo)



\* Für die Laufzeit des Angebotes.



## Energiesparmodus

Temperatur



Lautstärke



Akkulaufzeit



## Powermodus

Gaming



Videobearbeitung



Rendering



# Individuell konfigurierbar TUXEDO Control Center

Mit unserem TUXEDO Control Center haben wir ein umfangreiches Werkzeug für Sie entwickelt, mit dem Sie sämtliche Sicherheits-, Leistungs-, Energie-, Komfort- und Lebensdauerfunktionen Ihres TUXEDO steuern und überwachen können.



100%  
Linux

5

Jahre  
Garantie



Lifetime  
Support



Gefertigt in  
Deutschland



Deutscher  
Datenschutz



Support  
vor Ort

# TUXEDO

[tuxedocomputers.com](https://tuxedocomputers.com)

© Copyright by Maker Media GmbH.