

**WLAN-Radio**  
mit Zwei-Knopf-Bedienung

## Überwacht den Maileingang **Animatronische Posteule**

- ▶ Flattert, schnattert, blinzelt
- ▶ Mit Raspberry Pi, WLAN und Sound
- ▶ Mechanik zum Selberdrucken



## Praktisch

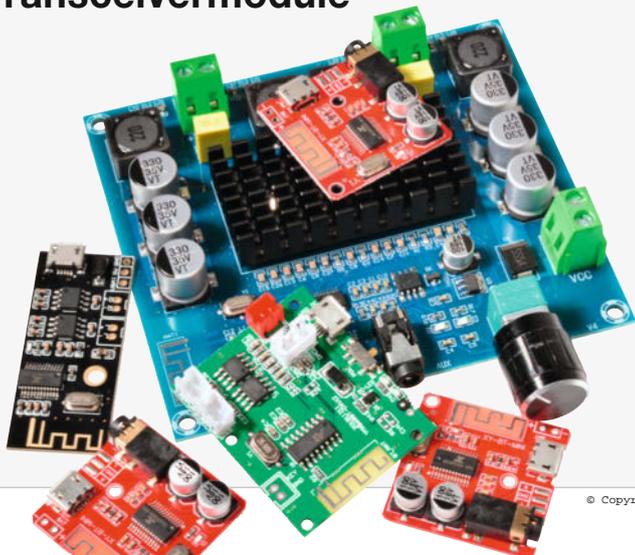
- ▶ Netzwerktester mit LED-Anzeige
- ▶ Günstiger Solarstrom vom Balkon
- ▶ Keller trocknen mit smartem Lüfter

## Werkstatt

- ▶ Akkupacks selber bauen
- ▶ Reflow-Löten im Pizzaofen
- ▶ So einfach geht's: Metalle ätzen

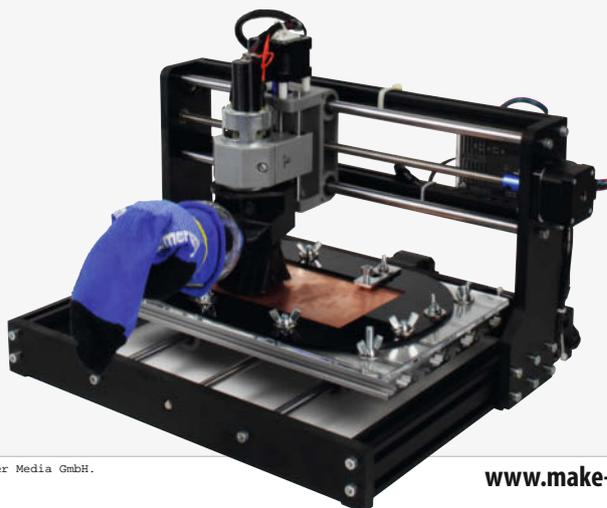
## Radios aufrüsten

- ▶ Musik über Bluetooth
- ▶ Übersicht Empfänger- und Transceivermodule



## Billig-Fräse tunen

- ▶ Genauigkeit steigern
- ▶ Leveling-Assistent nachrüsten
- ▶ Absaugung einbauen



**1/22**  
10.2.2022  
CH CHF 25.80  
AT 14,20  
Benelux 15,20  
**€ 12,90**



# Maker Faire®

everyone  
thinks.

we

*make.*

**Baden-Württemberg**

25. & 26. Juni 2022  
INNOPORT, Reutlingen



**Hannover**

10. & 11. September 2022  
Hannover Congress Centrum



**Entertainmentshow 28. November 2022** Online Format

Bei der Maker Faire sind Sie nicht einfach "nur" Aussteller oder Sponsor. Sie werden Teil einer Idee, eines Formats, einer Atmosphäre und profitieren so von der Begeisterung, die im Raum steht und weit darüber hinaus strahlt.

**Ihr Ansprechpartner**

**Marcel Ossenkop**  
Sales Account Manager  
Tel.: +49 511 5352-133  
maos@maker-media.de

Werden Sie Teil der

**Maker-Bewegung!**

Lernen Sie unsere Business-Pakete kennen:

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



## Kontakt halten!

Zwei Jahre Corona! Als Verlag mit einer gut funktionierenden IT-Infrastruktur hatten wir von Pandemiebeginn an das große Glück, ohne große Probleme ins Home Office wechseln zu können. Wo man einen Artikel schreibt oder redigiert und wo unsere DTP ihn layoutet, spielt für uns keine Rolle. Hauptsache, die Internetverbindung ist stabil. So produzieren wir für Sie fleißig weiter unsere Magazine nebst Sonderheften, Poster und Sticker-Bogen ohne größere Reibungsverluste – zumindest auf technischer und inhaltlicher Ebene.

Sogar die anfänglichen Schließungen von Bahnhofsbuchhandlung im ersten Lockdown haben nur kurzzeitig Verkaufsprobleme verursacht und dank unserer treuen Abonnenten sind wir wieder auf Kurs. Doch zwei Jahre Fernarbeit, Abstandsgebote, Hygiene-Regeln und -Konzepte, Schnelltests und tägliche Video-Meetings haben trotzdem Spuren hinterlassen. Denn die Abstandsregeln sorgen leider auch für Abstand zu unserer Community und unseren Lesern. Auf unseren seit 2013 statt findenden Maker Faires war der nahe und direkte Austausch der Besucher und Aussteller mit der Make-Redaktion ein essentieller Bestandteil. Trends, Themen, Wünsche, Verbesserungsvorschläge, Artikel-Ideen und -Angebote: Vieles nahmen wir von den Maker Faires mit und setzten es direkt im Magazin um.

Da Corona Maker Faires weltweit verhindert, haben wir stattdessen letztes Jahr im Juli eine *Digitale Maker Faire* und Ende November eine *Entertainment-Show* veranstaltet (siehe Bericht auf Seite 29). Das war zwar ganz nett, aber erstens ersetzt sowas keine echte Maker Faire und zweitens greift langsam eine sogenannte *Zoom*

*Fatigue* (oder ein *Zoom Burnout*) um sich: Die Menschen wollen für eine Veranstaltung nicht mehr auf ein Display starren.

Und so hoffen wir nun, dass Omikron bis zum Sommer über uns hinweg geschwappt ist und wir die Maker Faire Baden-Württemberg am **25. und 26. Juni** zusammen mit dem *Innoport* in Reutlingen und natürlich die Maker Faire Hannover am **10. und 11. September** veranstalten können (ja, ich weiß, so ähnlich hab ich das vor einem Jahr schon mal geschrieben).

Zur Überbrückung der Zeit und um den Kontakt zu Ihnen auch ohne Zoom zu halten, starten wir ab dem **9.2.** auf der Webseite [make-magazin.de/Leserumfrage](https://www.make-magazin.de/Leserumfrage) eine Umfrage, um uns ein aktuelles Bild von unserer Community zu verschaffen und unsere Angebote noch besser abzustimmen. Für die Teilnahme winken sogar Gewinne: Eine Fischertechnik-Kugelbahn *Funny Reactions*, ein *Imperialer Suchdroide* von Lego, ein *Maker Kit mit Raspberry Pi 4* sowie je ein Buch *CNC-Fräsen für Maker und Modellbauer* und *Fischertechnik: Roboter mit Arduino*.

Wir sehen, lesen und hören uns!

*Daniel Bachfeld*

Daniel Bachfeld

► [make-magazin.de/xn8g](https://www.make-magazin.de/xn8g)

**Sagen Sie uns Ihre Meinung!**

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

# Inhalt

## Praktisch

Feuchte Keller müssen nicht sein: Unser schlaues Taupunkt-Lüftungssystem steuert den Luftaustausch auf den Punkt und arbeitet nur, wenn es draußen trockener ist als drinnen. Und wer dann noch einen Balkon auf der Sonnenseite besitzt, kann sich über kostenlosen Solarstrom freuen – aus recycelten Solarmodulen.

- 22 Taupunkt-Lüftungssystem
- 38 Photovoltaik auf dem Balkon
- 52 Nano-Axe-Netzwerktester



## Animatronische Posteule

Gestatten: Hedwig, die persönliche Posteule für papierlos kommunizierende Magier und Muggel. Fliegen können muss sie deshalb nicht mehr, aber immerhin kündigt sie aufgeregt E-Mails an und krächzt, blinzelt und flattert, auf Wunsch je nach Wichtigkeit und Absender. Für die zauberhafte Animation sorgt ein Raspberry Pi nebst Servos, Lautsprecher und 3D-selbstgedruckter Mechanik.

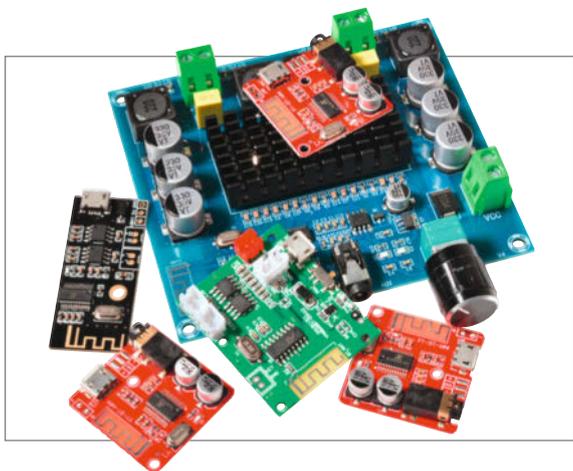
- 8 Die animatronische Posteule, Teil 1

- 3 Editorial
- 6 Leserforum
- 8 **Projekt: Die animatronische Posteule, Teil 1**
- 14 Projekt: RadiOpi – das Senioren-Internetradio
- 22 **Projekt: Das Taupunkt-Lüftungssystem**
- 29 In eigener Sache: Make: & Community
- 30 Werkstattberichte: Neues aus der Szene, Comic
- 32 **Workshop: Bluetooth-Audio-Module**
- 38 **Projekt: Photovoltaik auf dem Balkon**
- 48 Was uns inspiriert: Pyrotechnik auf Papier, T-Shirt-Falter, Seifenblasen-Maschine
- 52 **Projekt: Nano-Axe-Netzwerktester**
- 56 Community-Projekte: Mondphasen-Uhr
- 58 **Community-Projekte: Lampe aus Musik-Kassetten**
- 60 Community-Projekte: Pick'n'Place-Automat
- 62 Make Education: Calliope-Piano mit Knete-Tasten
- 68 Projekt: Flexible Stative im Eigenbau
- 72 Tipps & Tricks

## Radios aufrüsten

Bluetooth-Audio-Empfänger gibt es schon zum Preis eines Klinkenkabels – wozu also noch über Kabel stolpern? Ein paar Fallstricke gibt es dennoch, wenn auch nur im übertragenen Sinne: Sie erfahren hier, wie Audio über Bluetooth funktioniert und wie man alte Radios, Verstärker und Lautsprecherboxen damit aufrüstet.

### 32 Bluetooth-Audio-Module



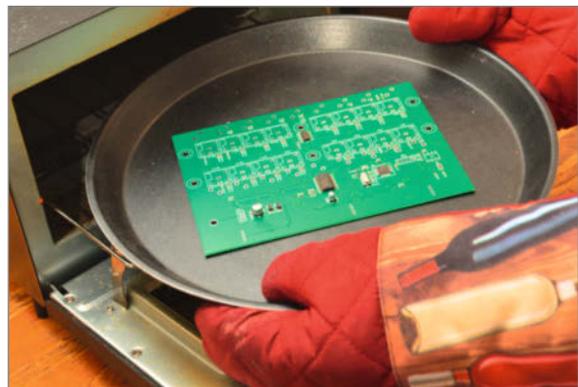
## Werkstatt

Mit Punktschweißgerät, Nickelblechstreifen und Akkuzellen von der Stange können Akkupacks für Elektrogeräte sehr preiswert und nachhaltig repariert werden. Wir zeigen auch, wie man mit einem auf App-Fernsteuerung umgebauten Pizza-Ofen SMD-Platinen lötet und wie einfach das Ätzen von Kleinteilen aus Metall sein kann.

### 86 SMD-Löten mit dem Pizza-Ofen

### 94 Akkupacks selbst reparieren und bauen

### 102 Metallgravuren ätzen – schnell und günstig

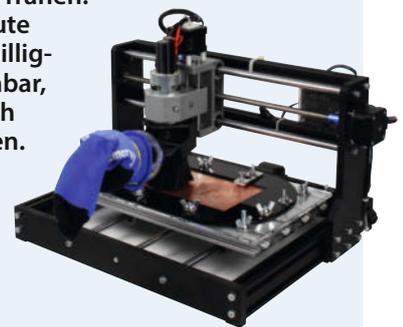


- 74 Workshop: KI für den ESP32, Teil 2
- 80 Workshop: Gehäusebau mit FreeCAD, Teil 3
- 84 Reingeschaut: Speaking Face
- 86 **Projekt: Der Weg zur Platine, Teil 2: SMD-Löten mit dem Pizzaofen**
- 94 Workshop: Akkupacks selbst reparieren und bauen
- 102 **Workshop: Metallgravuren ätzen – schnell und günstig**
- 106 **Know-how: Billigfräse verbessern**
- 112 Projekt: Leder prägen mit 3D-Druck
- 116 Kurzvorstellungen: Wokwi, RasPi Build HAT, 3D-Drucker von Flashforge und Creality, Rock 5 Model B, Lego-Orrery, Millimeterwellen-Radar, Rotationsplotter, CM-IO-Base-Boards
- 120 Medien: Thisa Tech, Handbuch Fab Labs, Siebdruck zu Hause, Mit Hammer und Nagel, Atomspektren selber messen
- 122 Impressum/Nachgefragt

Themen von der Titelseite sind rot gesetzt.

## Billig-Fräse tunen

Mit den Clones kamen die Tränen: Nur selten sind nachgebaute Geräte von chinesischen Billig-Hökern auf Anhieb brauchbar, auf Nacharbeiten muss sich der Käufer immer einstellen. Bei unserer Mini-Fräsmaschine konnten wir die sehr mäßige Performance so verbessern, dass sie sich nun sogar zum Isolationsfräsen von Platinen eignet.



### 106 Billigfräse verbessern

# Leserforum

## Schlangenöl-Ausrutscher

HiRes-Audio mit dem Raspberry Pi, Make 6/21, S. 10

Dieser Artikel erklärt einige Grundlagen gut und verständlich (Musik-Digitalisierung, Lossless- und Lossy-Formate, Lautsprecheraufstellung). Dann aber nimmt er eine Wendung in den „audiophilen“ Bereich, und hier wird regelmäßig vom Wissen zum Glauben gewechselt. Mehr Kilohertz oder mehr Bit bei der Wiedergabe ist eben nicht mehr besser! Ich behaupte, dass die Leserschaft – sofern der eine oder andere nicht ein wirklich geschultes Gehör und einen geeigneten Hörraum hat – keinen Unterschied zwischen einem mit 320kb/s codierten MP3 und einer CD hört. Höhere Sampling- und Bit-Raten als 44,1/16 (CD-Qualität) werden von über 90% der Hörer bei Versuchen nicht erkannt. Warum also sollte man seine MP3-Musiksammlung entsorgen? Dann bitte auch gleich die Vinyl-Sammlung. Deren Qualität ist technisch bedingt schlechter. Weiterhin werden Alternativen zur gewählten Hard- und Software – die es durchaus gibt – nicht einmal erwähnt (außer einen USB-DAC, der aber nichts mehr mit Raspberry zu tun hat).

Leider gibt dann noch einen Ausrutscher in den „Schlangenöl-Bereich“. Empfohlen wird ein Steckernetzteil (5V/3A) für 110 Euro, das angeblich Störgeräusche aus der Stromleitung filtert. Von der Größe kann es nur ein Schaltnetzteil sein. Muss man noch mehr sagen? Die Aufstellung der Lautsprecher ist zwar wichtig,

aber wer im Audio-HiRes-Bereich experimentiert, weiß das bereits. Und fehlt dazwischen nicht etwas auf dem Weg vom DAC zum Lautsprecher?

Ich benutze mehrere Rasperrys mit DAC-HAT und Amp-HAT und finde das Preis/Leistungs-Verhältnis unglaublich gut. Aber ich habe ja auch schon alte Ohren ;-)

Otto Fuercho

*Leider lässt sich das persönliche Klangerlebnis nicht beweisen oder auf jemand anderen übertragen. Wir haben daher die Qualität der Musik anhand technischer Daten verglichen. Daraus ergibt sich, dass HiRes die derzeit präziseste digitale Abbildung von analogen Audiosignalen darstellt, danach CD-Qualität und dann die verfälschende MP3. Ob jemand die Unterschiede hören kann, hängt von vielen Faktoren ab und die Beweiskette endet vermutlich an unseren Ohren oder dem verarbeitenden Organ dahinter. Bezüglich des Netzteils: Laut Hersteller erfolgt die Geräuschunterdrückung mit Hilfe von ANC (Adaptive Noise Cancellation), einer Technik, die selbst in kleine In-Ear-Kopfhörer passt.*

## Toller Artikel

Schon der Artikel zur Selbstbau-HiFi-Box (Make 2/20) hat bei mir großes Interesse ausgelöst und für immer aufwendigere Selbstbauprojekte gesorgt. Nun der gute Artikel zum



**Pappmaché (links) oder „Leberwurst“ aus Wasser, Holzleim und Sägemehl (rechts) – beides lässt sich in Formen aus dem 3D-Drucker verwenden, wie Make-Leser Martin Rutsch ausprobiert hat.**

Thema HiRes-Streaming. Mir gefällt der Umgang mit dem Thema jenseits der audiophilen Esoterik. Jetzt fehlen noch Artikel zum Thema Raumakustik mit Anleitungen für Absorber und Diffusor und ein Artikel zum Thema Verstärker, dann steht dem Sonderheft HiFi nichts mehr im Weg. Ein weiterer Raspi fürs Streaming ist bestellt ... Aber ich habe noch zwei Fragen:

1. Warum ein Raspi mit 4GB RAM? Für das hier vorgestellte Projekt sollte auch einer mit 2GB reichen, oder? Alles darüber ist nämlich derzeit kaum lieferbar.
2. Nebenbei wird empfohlen, Musik per WLAN zu streamen und nicht per Kabel. Hier hätte ich mich über etwas mehr Hintergrund gefreut. Warum ist WLAN aus eurer Sicht *best practise*?

Marten Neubauer

*Sie können auch einen Raspberry Pi mit weniger RAM verwenden. Volumio selbst empfiehlt mindestens 1GB. Bei einem Versuchsaufbau haben wir Störgeräusche mit einer Kabelverbindung festgestellt. Das kann am Kabel oder am Router gelegen haben. Mit der Verwendung von WLAN verschwanden die Störgeräusche. Versuchen Sie es aber gern auch mit einem Netzwerkkabel.*

## Leberwurst aus Sägemehl

**Erstaunlich stabil: Pappmaché, Make 6/21, S. 60**

Ich muss vorausschicken, dass ich mich in etwa als „Teilzeitmodellbahner“ bezeichnen könnte. Gehöre also auch in die Abteilung „Teilzeit-Maker“ ... Als solcher hat mich die Herstellung der Pulpe, die im Artikel angesprochen wird, an etwas erinnert, das ich aus dem Bau von Modellbahn – Landschaften kenne. Wird

## Kontakt zur Redaktion

Leserbriefe bitte an:

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



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



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



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



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



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

## Korrekturen

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

späßeshalber „Leberwurst“ genannt und ist eine Mischung aus Holzleim, Wasser und viel Sägemehl. Natürlich habe ich, nach dem der 3D-Drucker über die Feiertage im Dauerlauf die Formen produziert hat, gleich mal ausprobiert, ob die Masse funktioniert. Das Bild zeigt im Vergleich einmal die Form gefüllt mit Pulpe und einmal mit „Leberwurst“.

Für alle, die es auch probieren wollen, hier das Rezept: ein Teil Holzkaltleim (Ponal o. ä.), ein bis anderthalb Teile Wasser. Dann mit Sägemehl (gibt's beim freundlichen Tischler um die Ecke – kostenlos) auffüllen und unterrühren, bis eine Masse mit leberwurstartiger Konsistenz entsteht (daher auch der Name ...). Diese Masse, wie im Artikel beschrieben, in die Form füllen und ein wenig pressen. Es muss nicht ganz so viel Druck sein wie bei der Pulpe, da noch genügend Leim-Wasser-Gemisch in der Masse bleiben muss. Die Masse kann auch

mit Abtönpaste oder Farbpigment eingefärbt werden. Dies habe ich genutzt, um einen „erdigen“ Untergrund zu simulieren und habe ganze Modellbahngebirge (mit eingelagerten Felsstücken) daraus gebaut – als Alternative zu schwerem und bröckeligem Gips.

Martin Rutsch

## Fehler im Schaltplan

Ikea-Staubsensor mit WLAN aufbohren, Make 5/21, S. 14

Leider hat sich ein Fehler in der Abbildung auf Seite 16 eingeschlichen: Dort ist mit dem grünen Kabel nicht der Pin D2 am Wemos D1 mini angeschlossen, wie im Text erwähnt und auch im Arduino-Code vorgesehen, sondern D3. Wir bitten um Entschuldigung!

## Träger drucken

Vielen Dank für die Publikation zum Ikea-Staubsensor im Make-Magazin. Mir hat allerdings nicht gefallen, dass der Wemos D1 mini nur lose im Gehäuse liegt. Deshalb habe ich unter Verwendung des Wemos D1 mini V3 einen kleinen Träger entworfen. Dieser kann mit einem 3D-Drucker hergestellt werden. Da ich das Gerät noch mit einem Feuchte- und Temperatursensor ergänzt habe, ist die Befestigungsmöglichkeit dafür ebenfalls vorhanden. Diesen Träger habe ich auf Thingiverse zur freien Verwendung eingestellt:

► [thingiverse.com/thing:5202168](https://www.thingiverse.com/thing:5202168)

Wolfgang Hack

Vielen Dank für den Tipp, wir haben den Halter in die Links zum Artikel aufgenommen.

# Make:markt

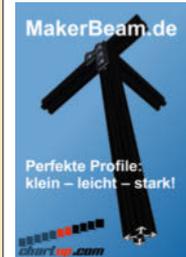
## BÜCHER / ZEITSCHRIFTEN



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

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

## METALLBAU



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



**Was Maker schon alles geschaffen haben!**

Die Antwort und viele Beispiele finden Leser in unseren Zeitschriften „Space – das Weltraum Magazin“, „Wissen 2022“ und dem „Urknull“ vieler Computer- und Make-Enthusiasten – dem „Retro Gamer“.

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

## Make:markt

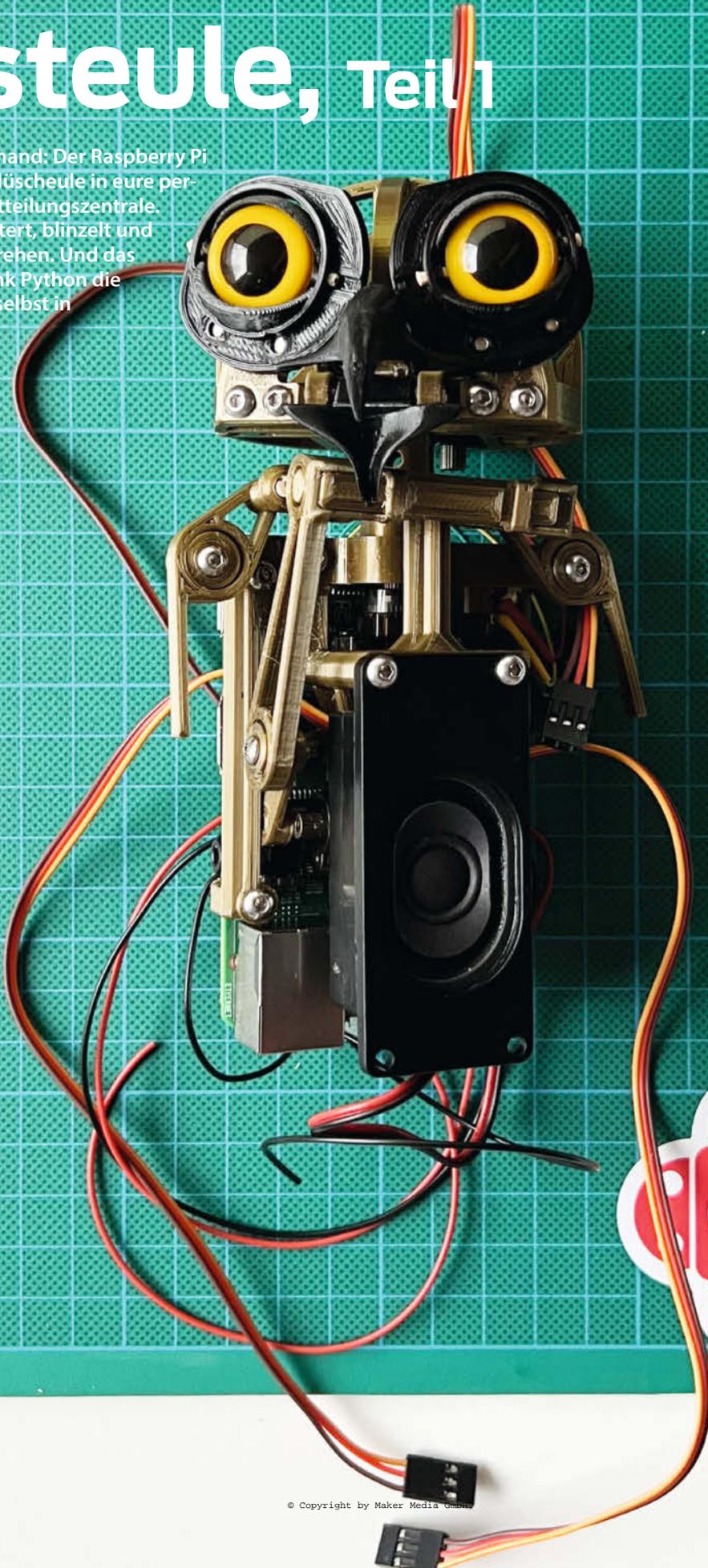
Der **Make:markt**. Nur 150,00 Euro je Ausgabe für eine Basisanzeige.

Weitere Informationen erhalten Sie unter [maos@heise.de](mailto:maos@heise.de)

# Die animatronische Posteule, Teil 1

Wie durch Zauberhand: Der Raspberry Pi verwandelt eine Plüsch-eule in eure persönliche kleine Mitteilungszentrale. Sie flattert, schnattert, blinzelt und kann ihren Kopf drehen. Und das beste: Ihr habt dank Python die Programmierung selbst in der Hand.

von Ákos Fodor



**E**ulen, die Nachrichten überbringen, kennen wir aus Geschichten mit Zauberern und Fabelwesen. Wenn sie in Filmen nicht mit Computern animiert sind, werden häufig Animatronics verwendet, faszinierende Roboter, die eine Mischung aus Animation, Mechanik und Elektronik vereinen. Ihre lebensechten Bewegungsabläufe und Reaktionen sind teilweise oder vollständig programmiert. Ihr habt sie vermutlich auch schon in Freizeitparks gesehen und vielleicht hattet ihr so einen Roboter sogar zu Hause in Form eines *Furby*. Im Projekt „Posteule“ zeige ich euch, wie ihr selbst ein Plüschtier zum Leben erweckt, das euch benachrichtigt, wenn wichtige E-Mails eintreffen. So könnt ihr konzentriert arbeiten oder entspannen, indem ihr den Nicht-Stören-Modus eurer Geräte aktiviert und dennoch nichts Wichtiges verpasst. Vielleicht programmiert ihr in Python sogar, dass sie euch jede Stunde die Zeit angibt oder darauf hinweist, wenn der Postbote etwas in den Briefkasten geworfen hat. Aber fangen wir einmal klein an.

## Was ihr lernt

Durch das Zusammenbauen und Programmieren der Eule erhaltet ihr eine Vorstellung davon, wie Animatronics-Projekte mit einem Raspberry Pi umgesetzt werden können. Der Weg dorthin teilt sich in Hard- und Software: In dem vorliegenden Artikel lernt ihr die Hardware kennen, nehmt ein Plüschtier auseinander und erhaltet Tipps für die Konstruktion und den 3D-Druck von Bauteilen. Da die Elektronik nicht fehlen darf, erkläre ich euch, wie ihr sie mit den gedruckten Teilen verschraubt, ein Audiosignal vom Raspberry Pi verstärkt und es an einen 3W-4Ω-Lautsprecher leitet.

Zum Schluss verbinden wir einen Servo-Controller mit dem Pi, der nicht nur die Servo-Motoren steuert, sondern sie gleichzeitig mit Strom versorgt, damit euer Raspberry unter der Last nicht zusammenbricht. Einige der

## Kurzinfo

- » Animatronics-Projekt mit Raspberry Pi
- » Ein Plüschtier zum Leben erwecken
- » Mechanik und Elektronik verbinden

## Checkliste



**Zeitaufwand:**  
4 Stunden plus 3D-Druck



**Kosten:**  
100 Euro

## Material

- » UNI-TOYS Schnee-Eule
- » Raspberry Pi 3B
- » PCA9685 Servo-Controller
- » PAM8302A Verstärkermodul
- » CQRobot 3W-4Ω-Lautsprecher
- » 4 MG90s Servo-Motoren
- » 5V-20W-Netzteil
- » DeLock-Kupplung 65524
- » Dupont Crimp-Steckverbinder-Set
- » Gewindeschrauben M2 × 6mm (10 Stück), M2 × 10mm (1 Stück), M3 × 6mm (11 Stück), M3 × 10mm (11 Stück), M3 × 14mm (4 Stück)
- » Kabel
- » Zahnstocher und Schaschlikspieße

## Werkzeug

- » 3D-Drucker
- » Seitenschneider
- » Zange
- » Fingernagelschere
- » Skalpell oder Cutter

## Mehr zum Thema

- » Peter König, Report: Animatronic, Make 4/2020, S. 68
- » Florian Schäffer, Servos für jeden Zweck, Make 3/2018, S. 46
- » Florian Schäffer, Dynamixel: Die Profi-Servo-Liga, Make 3/2018, S. 54

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/x7c6](https://www.make-magazin.de/x7c6)

Inhalte könnt ihr euch als Videos anschauen (siehe Link in der Kurzinfo). Sie ergänzen die Anleitung, weil es manchmal helfen kann, einen Handgriff genau zu sehen.

## Die Eule auseinandernehmen

An dieser Stelle möchte ich eines vorwegnehmen: Ich finde es in Ordnung, sich merkwürdig zu fühlen, wenn man ein Plüschtier

auseinanderpflückt, das einen mit freundlichen Glubschaugen anstrahlt. Dennoch kommt ihr um diesen Schritt nicht herum und erhaltet schließlich den Kopf, den Rumpf und die Augen als Einzelteile für das spätere Zusammensetzen. Macht euch keine Sorgen: Nähte, die ihr zu weit öffnet, lassen sich später wieder zunähen.

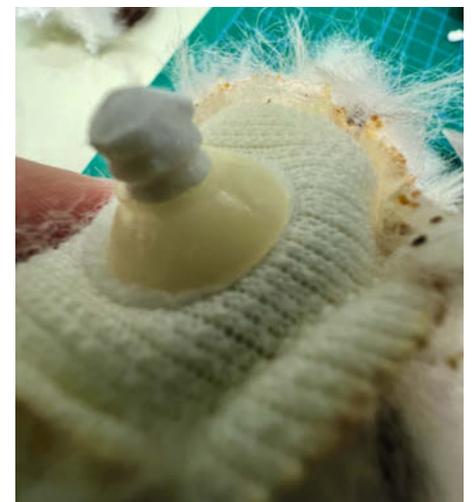
Zum Öffnen der Eule empfehle ich, an dem Etikett anzusetzen. Wenn ihr den Plüsch und



Die kleine Plüsch-eule von UNI-TOYS



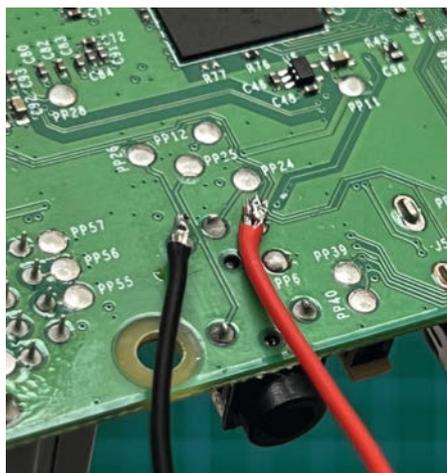
1 Die Eule auf links gedreht



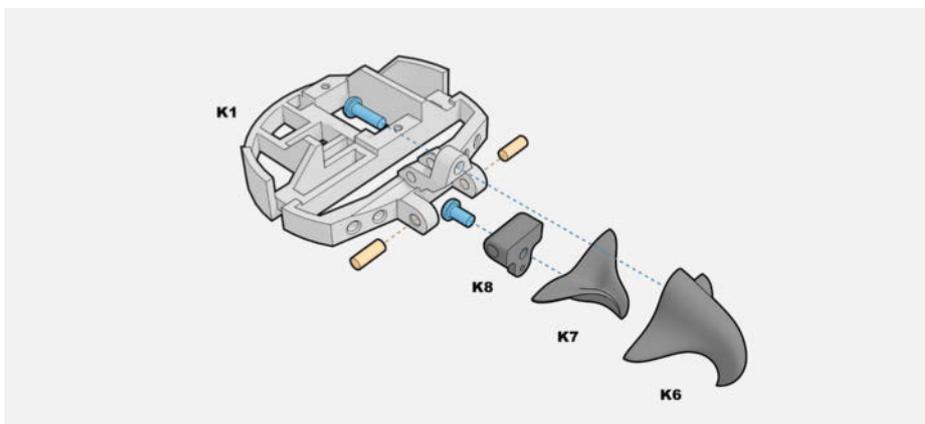
2 Die kegelförmige Kappe hält das Auge im Kopf.



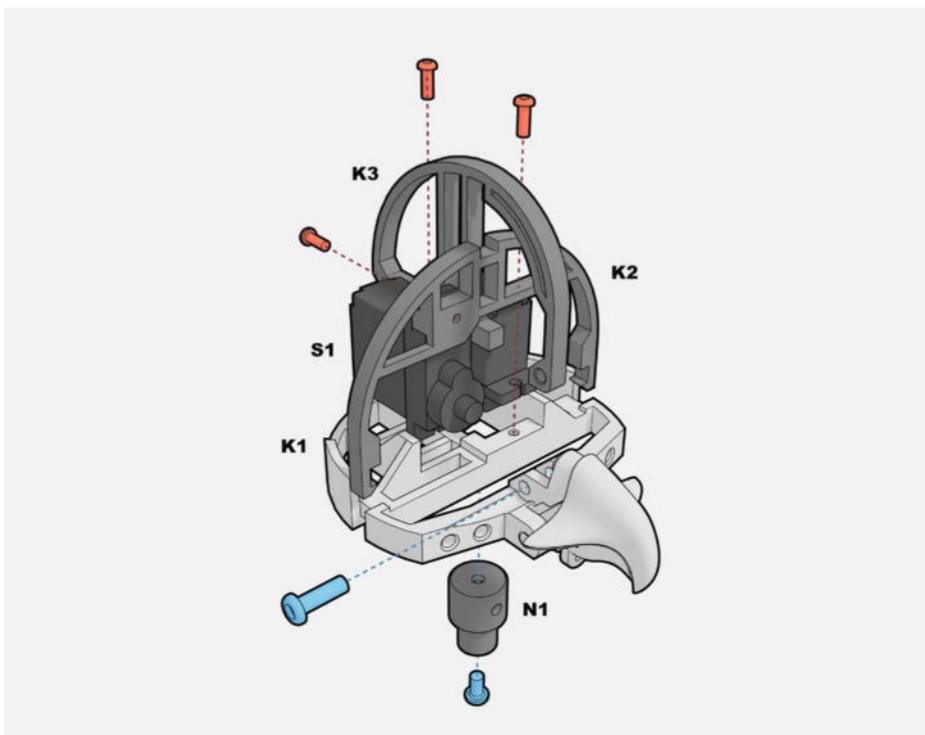
3 Wir müssen den weißen Stiel am Auge auf ca. 4mm kürzen.



4 Auf der Rückseite des Pi löten wir zwei Kabel für die Audioübertragung an.



5 Schnabel



6 Kopf

das Etikett auseinander zieht, seht ihr die feinen weißen Nähte. Einfach mit dem Skalpell oder Cutter zerschneiden und wir haben eine Öffnung. Es reicht, wenn sie ungefähr so groß ist, dass ihr mit drei Fingern an die Füllung kommt (ca. 6cm bei mir). Entfernt als Nächstes die Füllung und stülpt anschließend die Eule durch das Loch auf links 1. Macht das Loch im Zweifelsfall etwas größer, wenn es zu klein ist.

### Die Eule zerteilen

Jetzt können wir die Naht gut erkennen, die Kopf und Rumpf zusammenhält. Da an der Stelle, die wir auftrennen wollen, mehrere Nähte zusammenlaufen, müsst ihr ein bisschen vorsichtig sein. In meinem Fall hat gut funktioniert, nach dem Durchschneiden einzelner Nähte, den Finger dazwischen zu pressen und das Loch aufzustemmen – aber immer mit Gefühl, denn wir wollen das Material nicht beschädigen.

Die Augen sind mit einer Art Widerhaken befestigt. Versucht, mit einem Seitenschneider den weißen Kegel zu zerschneiden 2. Sobald ihr ihn gelöst habt, lassen sich die Augen nach vorne herausnehmen. Später könnt ihr mit einer Fingernagelschere die Löcher vergrößern. Da sich die Plüschküchen vermutlich leicht in ihren Abmessungen unterscheiden werden, empfehle ich, die Augenhöhlen in kleinen Schritten zu weiten, sobald ihr die Augenmechanik ausgedrückt und griffbereit habt. Hebt den abgetrennten Plüsch auf, denn wir können ihn nachher auf die Augenlider und Füße kleben. Abschließend kürzen wir noch den Stiel, der sich an der Rückseite der Eulen-Augen befindet, auf ca. 4mm 3.

Entlang des Schnabels verläuft eine Naht, die ihr von der unteren Kante bis hin zum Schnabel auftrennt – der neue Schnabel benötigt später nämlich etwas Spielraum nach unten. Entfernt den Stoffschnabel. Die Stofffüße werden später durch gedruckte Füße ersetzt. Verfährt hier mit dem Auftrennen genauso wie in den vorherigen Abschnitten.

### Vorbereitungen

Im Durchmesser ist die Eule kaum breiter als unser größtes Bauelement: der Raspberry Pi. Das schränkt uns in der Nutzung der seitlichen Ports ein, z.B. um der Eule Geräusche zu entlocken. Glücklicherweise sind die Pins für die Audioausgabe auch über die Rückseite des Pi erreichbar, sodass wir direkt zwei Kabel anlöten können 4. Bevor wir unsere Eule zusammenbauen, löten wir deshalb zwei 10cm lange Kabel an die Pins, wie auf dem Foto zu sehen.

### Der Aufbau

Für die Übersichtlichkeit habe ich den Aufbau in logische Gruppen unterteilt, die sich aus meiner bisherigen Aufbauenerfahrung ergeben haben. Die Bauteile für den Kopf

sind mit K und einer Ziffer bezeichnet, wie in den Grafiken zu sehen. Dasselbe gilt für den Rumpf, die Flügel, Servos und andere Teile. Vor dem Zusammenbau empfehle ich, die Durchgangslöcher für die M3-Gewindeschrauben anzutesten und ggf. mit einer Fingernagelschere oder dem Skalpell zu weiten. Die Servos werden wir vorerst aufgrund der späteren Kalibrierung nicht mit der Mechanik verbinden.

### 5 Schnabel

- Schraubt das Schnabelteil **K6** mit einer **M3 x 10**-Schraube an **K1**.
- **K7** und **K8** werden mit einer **M3 x 6**-Schraube verschraubt.
- Befestigt diese danach mithilfe eines Schaschlikspießes an **K1**.

### 6 Kopf

- Steckt **K2** in **K1**.
- Die Servomotoren **S1** und **S2** werden mit **M2 x 6**-Schrauben verschraubt. **S2** sollte so bei **S1** angeschraubt werden, dass die Servowelle sich an der hinteren Kante von **K1** befindet, also am Kopfende und nicht mittig.
- Steckt **K3** in **K1** und verschraubt sie in der Nähe des Schnabels mit einer **M3 x 10**-Schraube.
- **N1** wird auf der Unterseite von **K1** mit einer **M3 x 6**-Schraube befestigt.

### 7 Augen

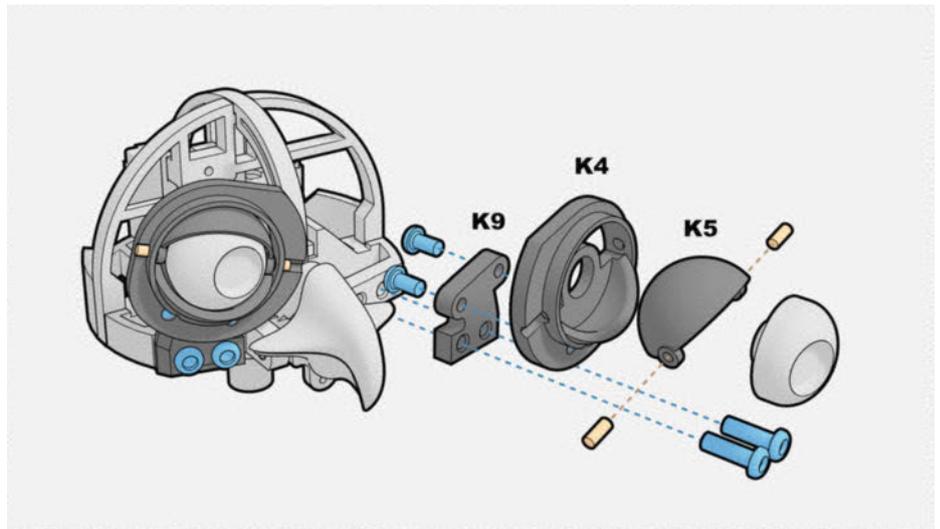
- Verschraubt die Halterungen **K9** und **K4** mit **M3 x 6**-Schrauben und befestigt sie anschließend mit **M3 x 10**-Schrauben an **K1**.
- Steckt dann kurze Zahnstocher-Stücke in **K5** und steckt das Augenlid vorsichtig in **K4**. In meinem Fall sind die Augenlider etwas elastisch. Sollte das bei euch nicht der Fall sein, könnt ihr die Augenlider auch erst in **K4** stecken und danach mit den Zahnstochern befestigen.
- Als letztes drückt ihr die Augen in **K4**.

### 8 Vorderseite

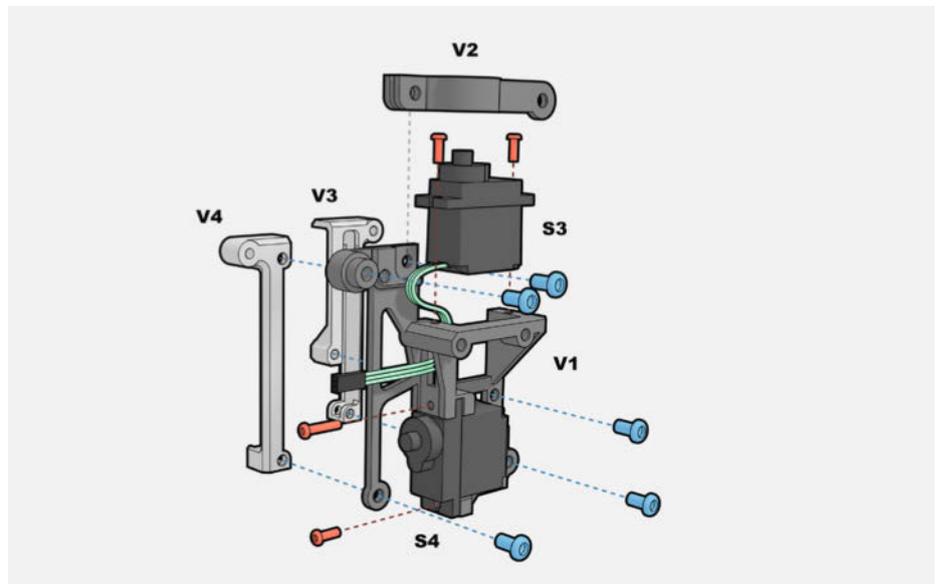
- Führt zunächst den Stecker des Servos **S3** durch das vorgesehene Loch, wie abgebildet.
- Verschraubt danach **S3** mit **M2 x 6**-Schrauben an **V1**. Achtet darauf, nicht zu fest zu drehen, da sonst die Durchgangslöcher aufreißen können.
- Befestigt **S4** mit einer **M2 x 6**- und einer **M2 x 10**-Schraube an **V1**.
- Schraubt **V2**, **V3** und **V4** mit **M3 x 6**-Schrauben an **V1**.

### 9 Rückseite

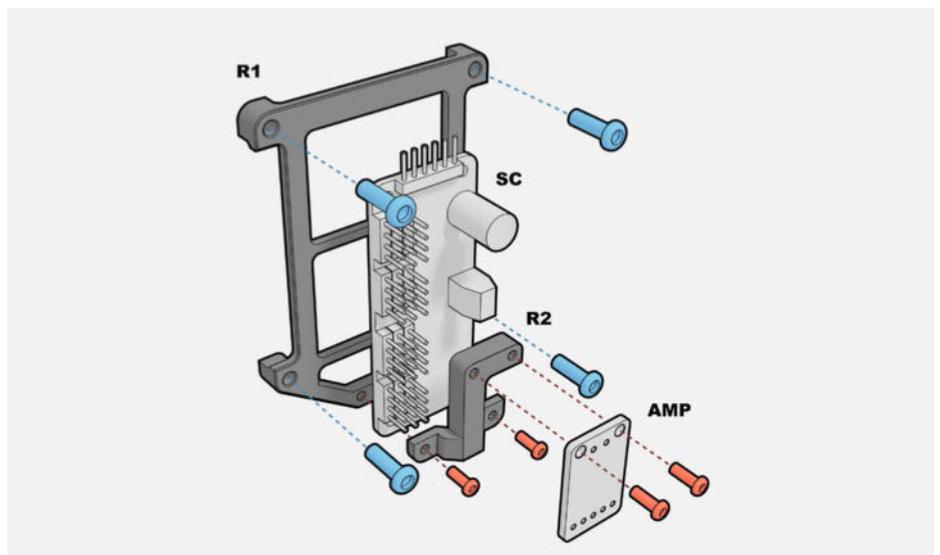
- Befestigt **SC** und **R2** mit **M2 x 6**-Schrauben an **R1**.
- Schraubt anschließend das Verstärkermodul **AMP** mit **M2 x 6**-Schrauben an **R2** fest.
- Dreht an den Ecken von **R1** die **M3 x 6**-Schrauben so weit rein, bis sie ca. 1,5mm aus dem Bauteil ragen.



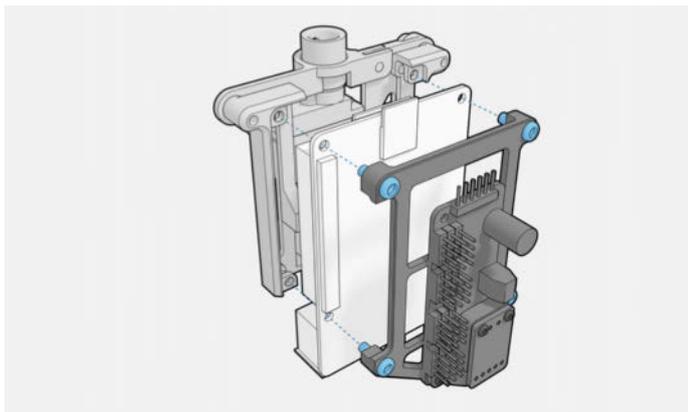
### 7 Augen



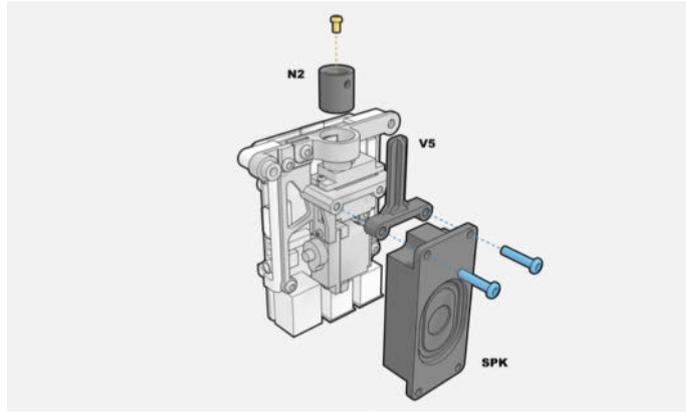
### 8 Vorderseite



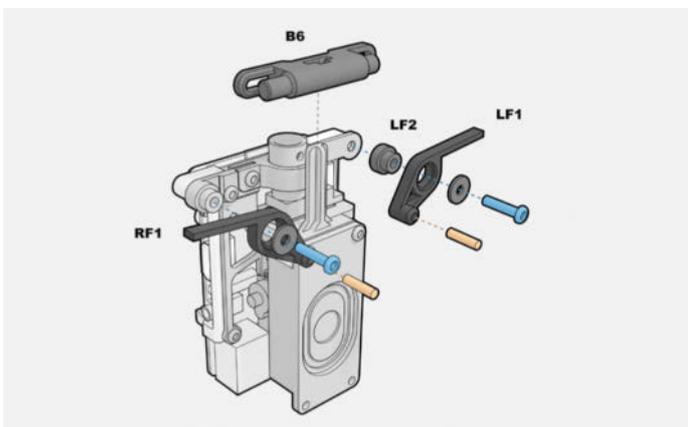
### 9 Rückseite



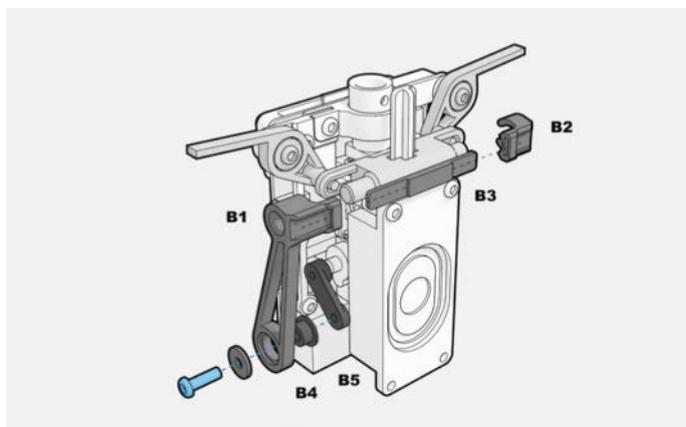
10 Vorder- und Rückseite



11 Lautsprecher und Flügel-Balancier



12 Flügel



13 Flügel-Beweger

**10 Vorder- und Rückseite zusammenfügen**

- Steckt die Rückseite in den Raspberry Pi und haltet die Vorderseite von der anderen Seite dagegen.
- Verschraubt nun die vier Schrauben der Rückseite mit der Vorderseite.

**11 Lautsprecher und Flügel-Balancier**

- Schraubt den Lautsprecher **SPK** und **V5** mit **M3 x 14**-Schrauben an **V1** fest.
- Befestigt **N2** an der Servowelle von **S3** mit der mitgelieferten **M2,5**-Schraube.

**12 Flügel**

- Steckt die Flügelteile **LF1**, **LF2** und eine der gedruckten Scheiben **F1** zusammen.
- Schraubt sie danach mit einer **M3 x 14**-Schraube an die Frontseite.
- Steckt **RF1** mit einer der gedruckten Scheiben **F1** zusammen und schraubt diese mit einer **M3 x 14**-Schraube an die Frontseite.
- Schneidet von dem Schaschlikspieß zwei ca. 13mm lange Stücke ab und steckt sie in die jeweiligen Flügel.
- Schiebt abschließend **B6** auf **V5**. Achtet dabei auf die Ausrichtung.

**13 Flügel-Beweger**

- Steckt **B1** und **B2** mithilfe von **B3** zusammen. Achtet dabei auf die Ausrichtung der Enden. Wenn die Teile nicht fest genug stecken, könnt ihr auch doppelseitiges Klebeband zur Hilfe nehmen.
- Befestigt den Beweger an **B6** und hakt dabei die Flügel mit ein.
- Schraubt **B1**, **B4** und **B5** mit einem der gedruckten Scheiben **F1** zusammen.
- Befestigt **B5** noch *nicht* an **S4**.

**Abschließendes Lötén**

Auch wenn die GPIO-Pins frei liegen, passt ein normaler Crimp-Stecker mit seiner Bauhöhe von 14mm nicht auf das Board. Wir modifizieren also den Stecker mithilfe eines Schrumpfschlauches zu einer rechtwinkligen, gekürzten Version. Dazu benötigen wir lediglich das Metallteil und befestigen ein 10cm langes Kabel daran. Danach isolieren wir die Konstruktion mit einem Schrumpfschlauch und biegen das Metallteil um 90 Grad nach innen, weil es in die andere Richtung leicht bricht. Ich habe dazu den Stecker auf einen GPIO-

Pin gesteckt und anschließend gebogen. Am anderen Ende der Kabel befestigen wir einen 6er Crimp-Stecker, um diesen später mit dem Servo-Controller zu verbinden **14**. Wer richtig mutig ist, kann die Kabel auch direkt über die Rückseite an den Raspberry Pi löten.

Mithilfe des Verstärkermoduls PAM8302A geben wir dem 3W-4Ω-Lautsprecher genug Power, um die Eule Sounds abspielen zu lassen. Die Audiodaten wird der Raspberry Pi mit den Kabeln an das Modul übertragen, die wir bereits an der Rückseite verlötet haben. Wir müssen sie nur noch an das PAM löten, ebenso wie zwei zusätzliche 20cm lange Kabel an die +/- Pins für die spätere externe Stromzufuhr und den Lautsprecher **15**.

Gerade, wenn ihr an Projekten mit mehreren Servos arbeitet, empfiehlt sich ein Servo-Controller wie der PCA9685. Er erzeugt präzisere PWM-Signale für die Servo-Motoren und bezieht den Strom aus einer externen Quelle, sodass der Raspberry Pi nur den auf dem Controller befindlichen Chip mit Strom und Signalen versorgen muss und dadurch entlastet wird. Ihr könnt einzelne Servo-Motoren zum Test auch direkt über einen Pi ansteuern,



# RadiOpi: Das Senioren-Internetradio

RadiOpi (und Omi) ist ein Internetradio speziell für Senioren. Es ist besonders einfach zu bedienen und lässt sich in jede Umgebung integrieren. Für angehende Maker ist es bestens geeignet, da einfache Elektronik, Programmierung von Mini-computern und kreativer Gehäusebau in einem Projekt vereint werden.

von Christian Schweigert



Es ist schon Mitte Dezember und ich habe immer noch kein richtig gutes Weihnachtsgeschenk für meine Großeltern gefunden. Ein paar *Fairtrade*-Gewürze stehen noch im Schrank. Irgendetwas Persönlicheres wäre aber doch irgendwie schöner. Was könnte ihnen denn außerdem noch gefallen? Die beiden sind jetzt über 80 und im Winter auch gerne mal in der warmen Stube. Radio hören sie gern. Nur schalten sie das meistens nach den Nachrichten wieder aus, weil die Musik, mit der sie groß geworden sind, nur noch am Sonntag für eine Stunde gespielt wird. Ein Internetradio, das wär's doch! Damit ließe sich der eine Sender finden, der genau die richtige Musik spielt. Nur müsste es so richtig einfach zu bedienen sein. Mit ihrem Digitalradio kommen sie nämlich auch schon nicht zurecht, und mit ihrem Seniorensmartphone erst recht nicht. Da hilft nur selber basteln!

## Anforderungen an das Radio

Welche Anforderungen muss so ein Seniorenradio nun erfüllen, damit es dann auch tatsächlich verwendet wird? Die Sendersuche im Internet ist für die beiden zu kompliziert. Sie müssen also vorausgewählt sein, und zwar die richtigen. Außerdem ist ein guter Sound wichtig. Opa ist da sehr kritisch, er hat früher selbst gern musiziert und kennt viele Stücke auch live. Oma macht das Radio gern mal etwas lauter, damit es auch in anderen Räumen bei der Hausarbeit noch zu hören ist.

Eine seniorengerechte Bedienung ist, wie oben erwähnt, essenziell. Ich versuche deswegen, mit so wenigen Bedienelementen wie möglich auszukommen und diese so zu gestalten, dass sie auch mit etwas weniger guter Feinmotorik keine Hürde darstellen. Je intuitiver, desto besser. Die einfachen Bedienungsabläufe können sie sich beim gemeinsamen Ausprobieren dann auch direkt merken. Flexibilität spielt für uns keine Rolle, das Radio muss nur für Oma und Opa passen.

## Aufbau und Bedienung

Die Basis meines Radios stellt ein Raspberry Pi 4 Model B dar. Dieser bootet automatisch, sobald er mit Strom versorgt wird. Das spielt uns in Sachen Bedienerfreundlichkeit schon mal in die Karten. Außerdem bootet er um einiges schneller als seine Vorgängermodelle und die Umschaltzeiten zwischen den Sendern sind kurz.

Der Raspi verfügt über einen Audioausgang in Form einer 3,5mm-Klinkenbuchse. An dieser Buchse lässt sich quasi jedes aktive Lautsprechersystem betreiben und somit können wir Preis, Leistung, Optik und Bedienung genau an unsere Bedürfnisse anpassen. Ich habe mich für ein gebrauchtes *Bose SoundDock 2* als Lautsprechersystem entschieden. Dieses bietet auch bei höherer Lautstärke noch einen satten,

### Kurzinfo

- » Raspberry Pi als Internetradio einrichten
- » Taster und LEDs an der GPIO-Schnittstelle
- » Gehäuse aus dem 3D-Drucker oder einer Zigarrenkiste

#### Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
5 Stunden ohne Druckzeit
-  **Kosten:**  
bis zu 150 Euro in der Luxusversion
-  **Programmieren:**  
Quellcode auf Raspi bringen und Stream-URL ändern
-  **Löten:**  
elektronische Bauteile und Drähte miteinander verbinden
-  **3D-Druck:**  
FDM-Druck mit Filamentwechsel (optional)

#### Material

- » Raspberry Pi 4 Model B 1GB
- » Micro-SD-Speicherkarte min. 4GB mit Raspberry Pi OS Lite (32-bit)
- » USB-C-Kabel für die Stromversorgung
- » Drucktaster 12 × 12 × 7,3mm zwei Stück
- » LEDs zwei Stück
- » Widerstände 2 × 330 Ohm, 2 × 10kOhm
- » Jumperkabel 8 × Buchse/Buchse
- » Schrumpfschlauch
- » Lautsprechersystem mit Lautstärkeregelung
- » Würfelsteckdose mit Schalter und USB-Power
- » Audiokabel 3,5mm Klinke zum Lautsprecher
- » 3D-Druck-Filament PLA
- » Sekundenkleber
- » Breadboard, Jumperkabel für Testaufbau

---

#### Mehr zum Thema

- » Roman Radtke, Akos Fodor, HiRes-Audio mit dem Raspberry Pi, *Make* 6/21, S. 10
- » Jan Delgado, Carl: Eine stabile DIY-Musicbox für Kinder, *Make* 4/21, S. 16
- » Christoph Goebel, Internet-Radio mit Pi Zero, *Make* 1/19, S. 38
- » Kurt Diedrich, DIY-Gehäuse schnell gebaut, *Make* 5/21, S. 112

#### Werkzeug

- » 3D-Drucker optional
- » Lötkolben, Lötzinn, Schwamm
- » Abisolierwerkzeug
- » Kombizange
- » Schraubzwingen als Klebehilfe
- » Netzkabel

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

klaren Sound. Außerdem startet es automatisch, sobald es mit Strom versorgt wird und hat eine gut bedienbare Lautstärke-Regulierung. Auch sehr praktisch: Beim Einschalten ertönt eine kurzes akustisches Signal. Die Kabelführung könnte allerdings etwas unauffälliger sein.

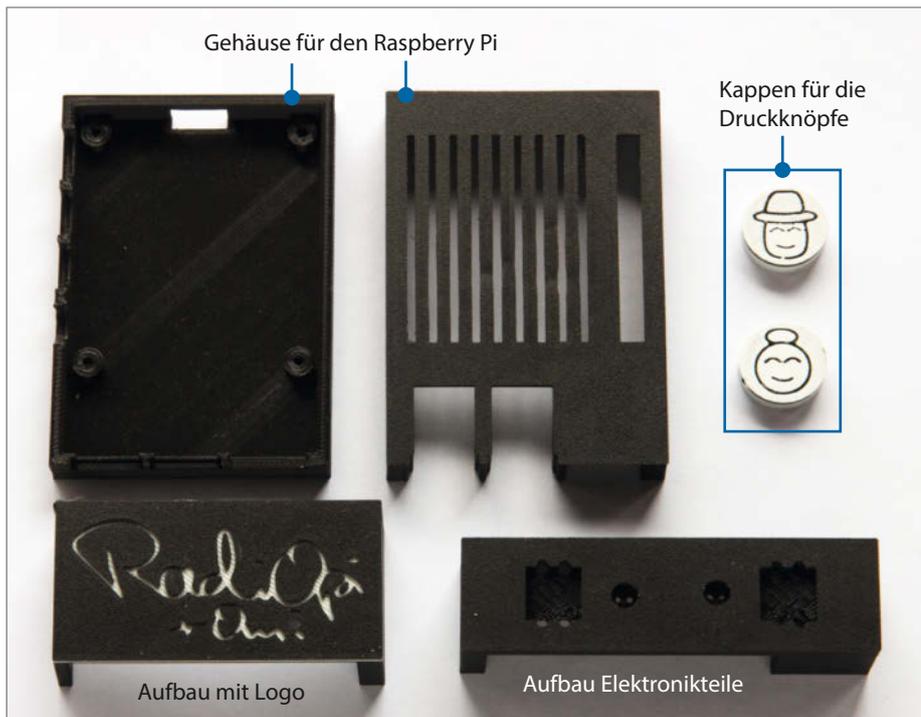
Auf Bluetooth habe ich bewusst verzichtet, damit bei der Bedienung und im Betrieb nichts schiefgehen kann.

Als Stromversorgung dient ein kleiner Steckdosenwürfel (Stückliste im GitHub) mit USB-Ausgang, achten Sie auf genügend Strom

## Raspberry-Pi-Version

Das Projekt lässt sich auch auf einem alten Raspberry Pi 1 installieren, der oft noch irgendwo ungenutzt herumliegt. Hier braucht man aber bei der Einrichtung und auch der Bedienung etwas Geduld. Zu bedenken ist auch, dass Raspberry Pi 1 und 2 kein WLAN haben, hier muss dann ein externer WLAN-Adapter oder ein LAN-Kabel zum Einsatz kommen. Bei der Bedienung

ist ein Raspi 1 recht langsam, einige Sekunden Geduld braucht man schon für einen Senderwechsel. Dies und die lange Bootzeit kann den Einsatz als Radio für Großeltern und Kinder verhindern. Soll aber nur etwas Hintergrundmusik in der Werkstatt dudeln, ohne oft den Sender zu wechseln, ist das ideal, vielleicht sogar in einer ölbeständigen Autowerkstattversion.



Gedruckte Gehäuseteile, teilweise mit Filamentwechsel

von den USB-Buchsen. Den Raspi verbinden wir über ein USB-Kabel, das Lautsprechersystem per Netzstecker. Der Würfel verfügt über einen Ein-/Aus schalter, der unser erstes Bedienelement darstellt. Mit ihm wird unser Radio gestartet und gestoppt, also eigentlich abgewürgt. Wie das die SD-Karte überlebt, zeige ich später.

Das Bedienelement zur Auswahl der Radiosender bauen wir selbst. Es wird dann an die GPIO-Schnittstelle des Raspi angeschlossen. Es besteht aus zwei Tastern und zwei LEDs. Die Taster werden über ein Python-Skript jeweils mit einem Radiosender belegt, einer für Oma

und einer für Opa. Die jeweilige LED zeigt an, welcher Sender gerade aktiv ist.

### Gehäuse

Mein Gehäuse kommt komplett aus dem 3D-Drucker, natürlich kann auch jede andere Gehäuseart verwirklicht werden (siehe auch: *Mehr zum Thema* in der Kurzinfor). Da der Druckvorgang eine längere Zeit dauern wird, sollten wir ihn direkt am Anfang starten. Das Gehäuse besteht aus sechs Teilen: Den zwei Raspberry Pi Gehäuseteilen, dem Aufbau mit Logo zum Verstecken der Drähte, dem Aufbau

für die Elektronikteile und den Kappen für die Druckknöpfe.

Die Druckdaten liegen im STL-Format auf GitHub (Links in Kurzinfor). Für Ihr eigenes Design habe ich bei den entsprechenden Teilen eine Variante ohne Verzierungen beigelegt. Das eigentliche Gehäuse wurde in Blender modelliert und kann über GitHub auch in diesem Format heruntergeladen werden. Die Teile können so im kostenlosen Tinkercad oder Blender selbst personalisiert werden.

Für die Tinkercad Modelle rufen Sie den passenden Link aus der Linkliste auf und können dann, als registrierter User in Tinkercad, eine eigene Variante erstellen und bearbeiten.

Der Elektronikaufbau sollte mit Support (Stützmaterial) gedruckt werden, die un schönen Stellen werden dann von den Bauteilen verdeckt. Die anderen Teile sehen ohne Support besser aus. Bei den Knöpfen und der Abdeckung mit Logo macht sich ein Filamentwechsel auf passender Höhe super. Damit verbessern wir die Lesbarkeit und es sieht auch gut aus!

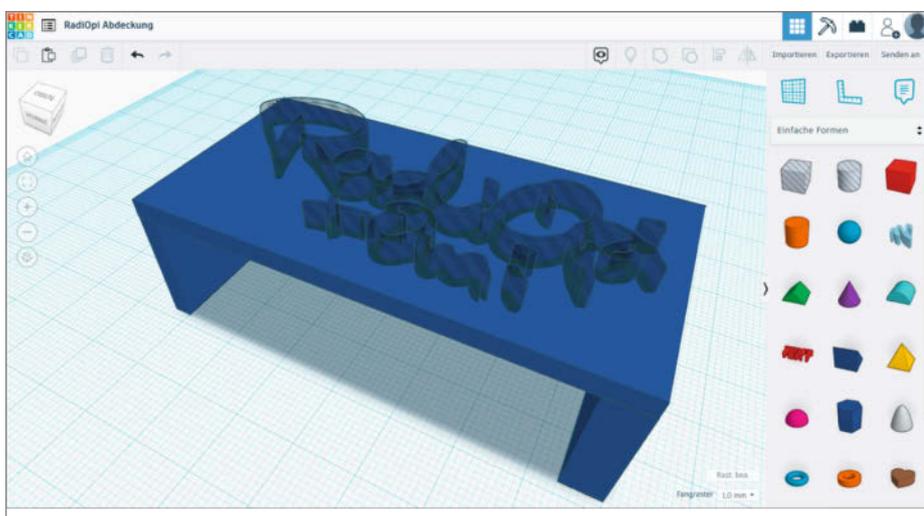
### Raspi vorbereiten

So, nun machen wir uns an die Computerarbeit. Zuerst installieren wir unseren Raspberry Pi 4 Model B. Dazu verwenden wir den *Raspberry Pi Imager* von der Herstellerwebseite (Link in Kurzinfor) und flashen damit das *Raspberry Pi OS Lite (32-bit)* auf unsere MicroSD-Karte. Die Lite-Variante versteckt sich im Imager unter *Raspberry Pi OS(Other)*.

Die verwendete Lite-Version des Betriebssystems hat keine grafische Oberfläche, dadurch verkürzen wir die Bootzeit unseres Radios. Die SD-Karte wird nach einer erfolgreichen Installation automatisch aus dem System entfernt und kann dann herausgenommen werden.

Da wir gleich noch eine Kleinigkeit ändern müssen, stecken wir sie direkt nochmal neu ein, um wieder darauf zugreifen zu können. Damit wir zur Bedienung und Einrichtung des Raspi nicht noch extra einen Bildschirm und eine Tastatur benötigen, bedienen wir ihn *headless*, das heißt per Netzwerk von einem anderen Computer aus. Dazu müssen wir das SSH-Protokoll auf unserem Raspi aktivieren. Das ist fix erledigt. Wir erstellen dafür eine Datei namens *ssh* (ohne Dateiendung!) auf der SD-Karte. Sobald der Raspi bootet, wird er die Datei finden, SSH dauerhaft aktivieren und die Datei wieder löschen.

Nun stecken wir die SD-Karte in den Raspi. Damit wir von einem anderen Computer aus auf ihn zugreifen können, hängen wir ihn per LAN-Kabel an denselben Router wie den PC. Nun schließen wir die Stromversorgung an und der Raspi bootet zum ersten Mal. Das dauert normalerweise gut eine Minute. Dass der Bootvorgang abgeschlossen ist, erkennen wir



Personalisieren der Gehäuseteile in Tinkercad



Auswahl des Systems: Die Lite-Variante versteckt sich unter Raspberry Pi OS (other).

daran, dass wir uns per SSH mit dem Raspi verbinden können. Als Windows-User öffnen wir dazu das Programm *Windows PowerShell*. Am schnellsten finden Sie die PowerShell über die Suche im Startmenü. Linux oder Mac Nutzer benutzen ihr Terminal-Programm.

In der PowerShell können wir Kommandozeilenbefehle eingeben. Der Befehl, um uns per SSH mit dem Raspi zu verbinden, lautet `ssh pi@raspberrypi`.

Wenn wir uns zum ersten Mal mit dem Raspberry verbinden, müssen wir dessen *fingerprint* akzeptieren, dazu tippen wir `yes` in die Kommandozeile und bestätigen mit Enter.

Das Standardpasswort lautet `raspberry`. Nicht wundern, hier wird beim Tippen nichts angezeigt. Sobald wir das Passwort eingetippt haben, bestätigen wir mit Enter.

Jetzt sind wir als Standardbenutzer `pi` über das Terminal angemeldet. Von hier aus können wir den Raspi mit Kommandozeilenbefehlen bedienen.

Nun konfigurieren wir unseren Raspi mit dem WLAN. Dazu rufen wir das Konfigurationsmenü mit dem Befehl `sudo raspi-config` auf und navigieren zum Eintrag *1 System Options* → *S1 Wireless LAN*. Hier wird auch die *SSID* (Kennung/Name des WLAN) und das *Passwort* abgefragt.

Wenn wir alles eingegeben haben, wählen wir *Finish*, um den Prozess abzuschließen. Wir werden gefragt, ob ein Reboot durchgeführt werden soll, was wir mit `yes` beantworten. Um das WLAN gleich zu testen, entfernen wir das LAN-Kabel wieder und verbinden uns nach dem Booten erneut über die PowerShell per SSH. Der Terminal-Befehl für einen Reboot, ohne in `raspi-config` zu gehen, lautet übrigens `sudo reboot`.

Um die vorinstallierten Pakete, Bibliotheken und Programme auf den neuesten Stand zu bringen, führen wir erst `sudo apt-get update` gefolgt von einem `sudo apt-get upgrade` aus. Die Rückfrage *Do you want to continue?* bestätigen wir mit `Y` und der Eingabetaste. Der Vorgang dauert auf einem Raspi 4 etwa fünf Minuten.

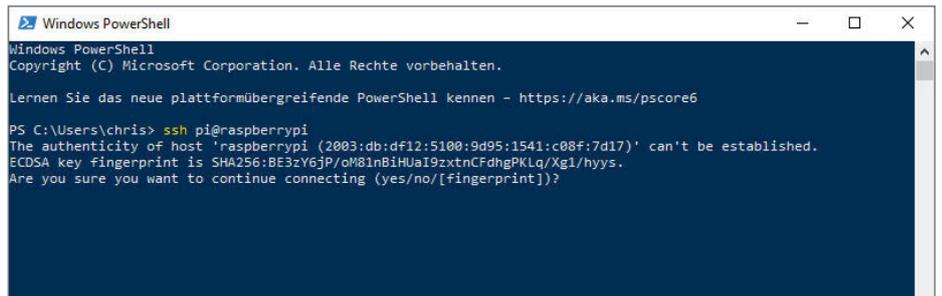


Mit Filamentwechsel gedruckte Abdeckung für einen guten Kontrast

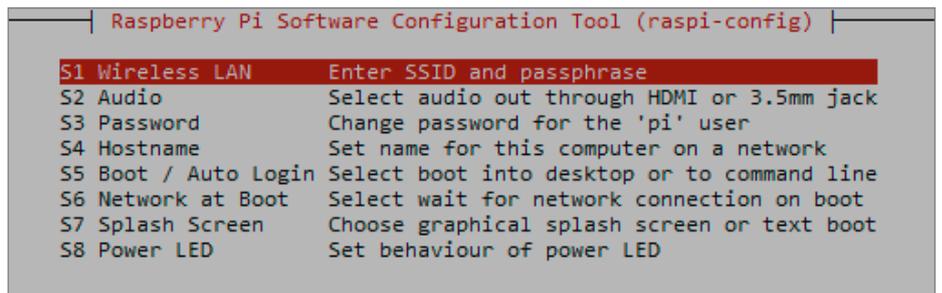
## Monitor und Tastatur

Schließen Sie bitte keinen Monitor und keine Tastatur an. Dies mag zwar erstmal einfacher erscheinen, allerdings kann es dann passieren, dass die Tonausgabe über HDMI an den Monitor geschickt wird, was wir nicht gebrauchen können für unsere Zwecke. Sollte es dennoch nötig sein, müssen wir den Audioaus-

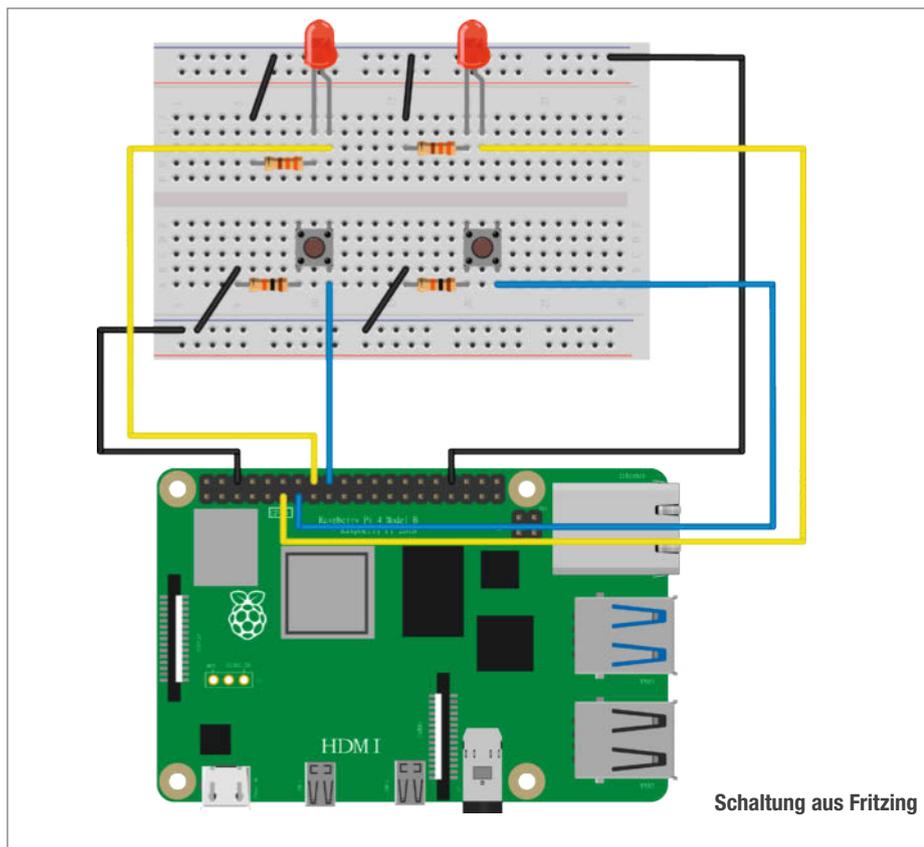
gang auf den Klinkenausgang umstellen, da die Tonausgabe über HDMI standardmäßig eine höhere Priorität hat. Dazu rufen wir das Konfigurationsmenü über `sudo raspi-config` auf. Der entsprechende Eintrag versteckt sich unter *1 System Options* → *S2 Audio*. Hier wählen wir *1 Headphones*.



Verbindung per ssh, die Sicherheitsabfrage kommt nur bei der ersten Verbindung mit dem Raspberry.



WLAN-Einstellungen in raspi-config



Die Radiostreams wollen wir später mit dem *mpv*-Player wiedergeben, diesen müssen wir noch installieren: `sudo apt-get install mpv`, hier werden noch Abhängigkeiten aufgelöst und Sie müssen den Download mit *Y* bestätigen.

Die Ausgabelautstärke des Raspi stellen wir über den Befehl `alsamixer` mittels der Cursor-tasten auf 95%, wir wollen sie später am Lautsprechersystem direkt regulieren.

Glückwunsch, der Raspi ist nun fertig vorbereitet und es fehlt eigentlich nur noch das Python-Skript als steuernde Instanz. Damit wir dieses dann auch testen können, machen wir uns nun an die Verkabelung der elektronischen Bauteile. Dazu fahren wir den Raspi mit dem Befehl `sudo halt` herunter und nehmen ihn sicherheitshalber vom Strom.

## Verkabelung und Testaufbau

Unsere Schaltung ist sehr übersichtlich und wir können sie einfach auf einem Steckbrett testen,

bevor wir alles fest verbauen. Die langen Anschlussdrähte der beiden LEDs (Anode, +) verbinden wir, wie in der Abbildung zu sehen, mit GPIO-Pins des Raspi. Die kurzen Drähte (Kathode, -) teilen sich einen GND-Pin. Zwischen Kathode und GND-Pin stecken wir jeweils noch einen 330-Ohm-Widerstand, um den Stromfluss in den LEDs zu begrenzen und den Raspi zu schützen. Beim Einstecken der Widerstände kann man sich mit einer Zange behelfen, falls es mit den Fingern nicht so gut klappt.

Bei den beiden Tastern gehen wir ähnlich vor. Hier müssen wir aufpassen, dass wir die Taster richtig herum gedreht einstecken, so wie es in den Abbildungen zu sehen ist. Wir verwenden Widerstände mit 10 kOhm. Bei den Widerständen gibt es übrigens keinen Unterschied in den Beinchen (Polarität), sie funktionieren in beiden Anschlussrichtungen.

Sobald alles gesteckt ist, schließen wir auch den Lautsprecher an, versorgen unseren Raspberry wieder mit Strom und melden uns wie gewohnt per *ssh* an.

## Passwort

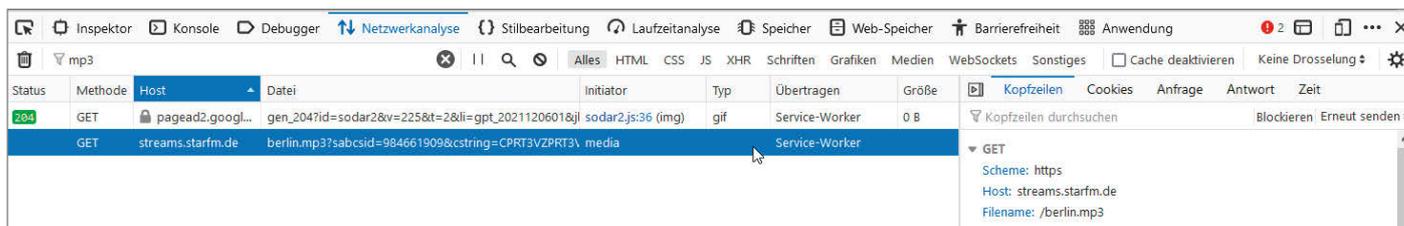
Sie sollten das Standardpasswort sicherheitshalber ändern, auch wenn Sie sicher sind, dass der Raspi nicht in einem von außen erreichbaren Netz hängt. Es tauchen immer wieder Lücken in Routern auf, die dann dafür sorgen könnten, dass Opas Nachmittags mit Rap-Musik versaut wird, oder Ihr Raspi zur Spam-Schleuder verkommt. Geben Sie `passwd` ein, dann auf Nachfrage das aktuelle (*current*) und dann zweimal das neue Passwort. Notieren Sie sich das neue Passwort an einem sicheren Ort. Alternativ können Sie das Passwort auch in *raspi-config* ändern.

Wer die Funktionstüchtigkeit des Lautsprechers kurz testen will, kann dies mit dem Befehl `speaker-test -twave tun`. Es sollte nun eine Frauenstimme abwechselnd aus den zwei Lautsprechern zu hören sein. Beenden können wir den Test mit *Strg-C*.

## Programm anpassen

Nun ist es an der Zeit, dass wir unser Programm auf den Raspi bringen. Laden Sie das Programm *radio.py* von GitHub (Link in der Kurzinfo) und speichern es auf Ihrem Computer. In der Powershell dann in den Ordner mit dem Programm wechseln (z. B. per `cd .\Downloads\`) und dann per `scp radio.py pi@raspberrypi: .` auf den Raspi kopieren. Sie werden nach dem Passwort gefragt, danach wird kopiert. Melden Sie sich nun wieder per *ssh* auf dem Raspi an.

Die wichtigste Aufgabe ist es nun, die für Ihre Familie passenden Radiosender zu finden. Die setzen wir dann an Stelle der Stream-URLs im Beispiel ein. Um an die Stream-URL zu gelangen, rufen wir den gewünschten Sender im Browser *Mozilla Firefox* auf und lassen ihn abspielen. Firefox hat die für derlei Aufgaben sehr nützlichen *Werkzeuge für Web-Entwickler* mit an Bord. Zum Werkzeug zur *Netzwerk-analyse* gelangen wir mit der Tastenkombination *Strg-Shift-E*. Eventuell müssen Sie den Stream neu im Browser starten oder ein *Reload* im Analyse-Fenster machen.



URL eines Radiostreams im Netzwerkanalyse-Fenster von Firefox

Nach wenigen Sekunden sollten Einträge im Fenster erscheinen. Nun gilt es noch die Adresse mit der Netzwerkverbindung zum Radiostream zu finden. Im Such-Slot können Sie nach den Dateiendungen .mp3 oder .aac suchen, dann werden die Einträge schon mal gefiltert. Aus Host und Datei können Sie die Adresse des Streams zusammenbauen oder klicken die Zeile an und erhalten im Teilfenster rechts eine Zusammenfassung. In Chrome gibt es im Kontextmenü einen Punkt *Untersuchen*, der Ähnliches leistet. Per nano radio.py starten Sie den nano-Editor.

Für Änderungen am Programmcode beachten Sie, dass in Python der Code durch Einrückungen strukturiert wird. Ich habe in meinem Beispiel Tabulatoren verwendet, Leerzeichen wären alternativ möglich. Dies gilt es unbedingt zu beachten, eine Mischung bemängelt der Python-Interpreter und verweigert die Ausführung solcher Codes.

Haben wir die eigenen Streams eingetragen, können wir mit *Strg-O* abspeichern. Nun wird es spannend. Wir beenden den Editor mit *Strg-X* und rufen unser Programm aus dem Terminal mit `python3 radio.py` auf. Das Radio sollte nun zu spielen beginnen. Wir testen auch direkt die Funktionalität der Taster und LEDs, es sollten beide Streams entsprechend abgespielt werden und die passenden LEDs leuchten. Test erfolgreich? Sehr gut! Wir beenden das Programm mit *Strg-C*. Sollte Python einen Fehler ausgeben, dann wird es sich meist um einen Tippfehler, Copy&Paste-Fehler oder ein Problem mit der Einrückung handeln, versuchen Sie den Fehler mit den Ausgaben von Python in der Kommandozeile einzugrenzen und zu beheben.

### Automatischer Start

Jetzt gilt es, unser Player-Programm automatisch beim Start des Raspis auszuführen. Hierfür gibt es auf einem Linux-System viele Methoden. Eine sehr niederschwellige und transparente Methode ist die Verwendung des *crontab*-Dienstes, welcher Programme in zeitlichen Abständen, aber auch bei bestimmten Ereignissen, wie einem Reboot startet.

Rufen Sie in der Kommandozeile `crontab -e` auf. Dann *nano* als Editor auswählen und `@reboot /home/pi/radio.py` in die letzte Zeile eintragen, mit *Strg-O* speichern und den Editor mit *Strg-X* beenden. Jetzt wird das Radio-Skript immer beim Booten ausgeführt. Das Python-Programm wird durch Eingabe von `chmod +x radio.py` als ausführbar gekennzeichnet. Damit wird das Radio-Skript immer beim Booten ausgeführt.

### SD-Karte schützen

Das Raspian-Linux auf dem Raspberry Pi schreibt dauernd Informationen und Meldungen auf die SD-Karte. Dies kann die SD-Karte

```
Auswählen pi@raspberrypi: -
GNU nano 5.4                                radio.py *
#!/usr/bin/python3
# Bibliotheken importieren
import os
import subprocess
import RPi.GPIO as GPIO
import time

# Pinbezeichnungen festlegen
GPIO.setmode(GPIO.BCM)

# Format "Stream", LED PIN, Taster PIN
streams = [
    ["https://streams.starfm.de/millennium_rock.mp3",17,27],
    ["https://streamdy.ir-media-tec.com/live/mp3-128/dmhubweb/play.mp3",23,24],
]
streamplay = 0

# Pins initialisieren
for s in streams:
    GPIO.setup(s[1], GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW) # LED Ausgang
    GPIO.setup(s[2], GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP) # Schalter Eingang

# Warten bis System bereit
time.sleep(10)

# Stream starten Funktion
def playstream(stream):
```

Das Programm im nano-Editor. Selektiert ist ein Eintrag, der den Stream und die GPIOs für den entsprechenden Taster und die LEDs definiert.

verschleißten oder das Dateisystem zerstören, wenn während eines Schreibzugriffs der Raspberry ausgeschaltet wird. Um dies zu verhindern, gibt es die Möglichkeit, Schreibzugriffe in den RAM-Speicher umzuleiten. Dann finden keine Schreibzugriffe auf die SD-Karte mehr statt und der Raspberry kann so einfach ausgeschaltet werden. Ideal für unser Projekt.

Dazu `sudo raspi-config` aufrufen und in *4 Performance Options* die Option *P3 Overlay File System* auswählen.

Hier wird dann das *Overlay-Filesystem* (das in eine RAM-Disk schreibt) aktiviert: Achtung, auch wenn es nach dem Reboot so aussieht, als ob alles ganz normal wäre – alle Änderungen, die ab jetzt an dem System durchgeführt werden, sind nach einem Reboot wieder weg. Möchten Sie z. B. einen Sender tauschen, müs-

sen Sie das Overlay-Filesystem ausschalten, neu booten und dann die Änderungen durchführen, testen und das Overlay-Filesystem wieder anschalten.

Als weitere Option kann man in diesem Schritt auch noch einen Schreibschutz der Boot-Partition anschalten, dies ist aber nicht unbedingt nötig.

Damit ist das Radio voll funktionsfähig und wir können uns an den Zusammenbau machen.

### Zusammenbau

Zuerst kümmern wir uns um den Raspberry Pi. Er kommt in das dafür vorgesehene Gehäuse, das wir mit Sekundenkleber zusammenkleben. Zum Zusammenhalten sind kleine Schraubzwingen optimal.

```
pi@raspberrypi:~ $ crontab -e
no crontab for pi - using an empty one

Select an editor. To change later, run 'select-editor'.
 1. /bin/nano          <---- easiest
 2. /usr/bin/vim.tiny
 3. /bin/ed

Choose 1-3 [1]:
```

Crontab erstellen zum automatischen Start

Raspberry Pi Software Configuration Tool (raspi-config)	
P1 Overclock	Configure CPU overclocking
P2 GPU Memory	Change the amount of memory made available to the GPU
P3 Overlay File System	Enable/disable read-only file system
P4 Fan	Set behaviour of GPIO fan

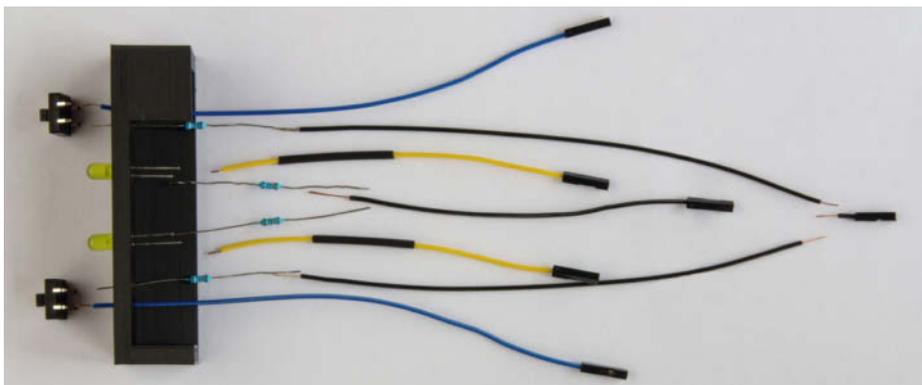
### Aktivieren des Overlay-Filesystems



Das Gehäuse wird zusammengeklebt.

Während der Kleber am Gehäuse aushärtet, können wir uns um den Aufbau für die Elektronik kümmern. Dazu benötigen wir das entsprechende, gedruckte Gehäuseteil und die Bauteile des Testaufbaus.

Als Drähte trennen wir einfach Jumperkabel auf und lassen die Pin-Anschlüsse auf einer Seite dran, bei ausreichend langen Kabeln kann man so auch zwei Kabel gewinnen. So können wir das Bedienelement dann leicht mit der GPIO-Leiste des Raspis verbinden.



Bauteile für das Bedienelement

den. Auf der anderen Seite kürzen wir die Kabel eventuell. Sie dürfen aber ruhig eine angenehme Länge zum Arbeiten behalten, wir können den Überschuss am Ende gut unter der dafür vorgesehenen Abdeckung verstecken. Wie im Testaufbau auch teilen sich je zwei GND-Anschlüsse wieder einen Pin. Beim Abisolieren der Jumperkabel sollte man sehr vorsichtig vorgehen, da sie sehr dünn sind und man ansonsten leicht die Litze beschädigt.

Die Schrumpfschläuche bringt man, wenn möglich, schon vor dem Löteten in Position, da sie nachher evtl. nicht mehr über die Buchsen passen. Mit ihnen ummanteln wir einfach alle Stellen, an denen wir noch Drähte sehen, damit sie sich nicht direkt berühren können. Ein Gasfeuerzeug reicht zum Schrumpfen aus, wenn man keine Heißluftpistole hat.

Beim Verlöten der Schalter tut man sich leichter, wenn man das Kabel von unten durch das Gehäuseteil steckt und auf der Oberseite lötet, der Widerstand sollte komplett durch die Bohrungen passen. Anschlussdrähte der Bauteile können nach Bedarf gekürzt werden.

Nun stecken wir die Kabelenden wieder an die entsprechenden Pins auf dem Raspi und kleben alles schön zusammen. Ein kurzer Test vor dem Zusammenkleben stellt sicher, dass wir alles korrekt ausgeführt haben. Dann ist unser Radio-Modul fertig!

## Besserer WLAN Empfang

Meine Großeltern haben selbst kein Internet, aber meine Tante ein Stockwerk höher. Das im Raspi integrierte WLAN-Modul reichte leider für einen störungsfreien Empfang nicht ganz aus, und ich musste noch etwas nachbessern. Ein günstiger WLAN-Stick reicht vollkommen aus, allerdings sollte man vorher eine Recherche in der Suchmaschine seines Vertrauens machen, ob dieser

von *Raspian* auf dem Pi unterstützt wird. Einen guten Startpunkt bietet die in den Links aufgeführte Tabelle.

Für den von mir verwendeten Stick von TP-Link hat das Betriebssystem leider keinen passenden Treiber an Bord, im Netz fand sich allerdings Abhilfe. Die Vorgehensweise finden Sie in einem Dokument im GitHub.

## Sparpotential

Ein großer Vorteil unseres Radios ist der modulare Aufbau. Wir können also viele Komponenten je nach unseren Bedürfnissen durch andere ersetzen. Auch die Verwendung von Hardware, die in der Bastelkiste auf neuen Einsatz wartet, ist mit etwas Maker-Geschick möglich. Im GitHub sind noch andere Programmvarianten und Hardwarelösungen für mehr Sender abgelegt. Ich möchte hier beispielhaft eine Variante mit einem anderen Lautsprecherpaar zeigen.

Neben dem günstigeren Preis (etwa 10 Euro) hat dieser Lautsprecher den Vorteil, dass er über USB mit Strom versorgt wird, wodurch der Steckdosenwürfel ebenfalls überflüssig wird, allerdings dann auch der Ausschalter fehlt. Außerdem wirkt die Kabelführung deutlich aufgeräumter. Ein Audiokabel muss hier ebenfalls nicht gekauft werden, weil es schon mit dabei ist. Nachteil ist natürlich ein weniger hochwertiger Sound. Je nach Inhalt der eigenen Bastelkiste und persönlicher Kreativität, kann man vielleicht ein solches Radio sogar zum Nulltarif zusammenbauen. —caw



Die günstigere Variante

Life is  
what you  
Make:  
it



Endlich  
wieder  
in Präsenz

Baden-Württemberg

**Maker Faire®**



**INNOPORT**

*Zukunft. Zusammen. Machen.*

**25.–26. Juni 2022**

**Sei dabei!** Melde dich jetzt als Maker für einen kostenfreien Stand an und zeig dein neustes Projekt!

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

# Das Taupunkt-Lüftungssystem

Lüften ist die beste und billigste Maßnahme gegen feuchte Keller – jedenfalls, wenn man es richtig macht und sich nicht von außen zusätzliche Nässe ins Gewölbe holt. Bei unserem Projekt behält ein Arduino Nano die aktuellen Taupunkte drinnen und draußen rund um die Uhr im Auge und legt durch gezieltes Lüften den Keller trocken.

von Ulrich Schmerold



Vorher: Dem Schimmel in den feuchten Ecken im Keller ist kaum beizukommen.



Nachher: Die Arduino-gesteuerte Taupunkt-Lüftung legt energiesparend den Keller trocken!

**W**er kennt das nicht? Feuchte muffige Kellerräume, an den Wänden ekliger und vor allem oft auch gesundheitsschädlicher Schimmel. Ein Besprühen mit Anti-Schimmelspray löst das Problem nur sehr kurzfristig, aber nicht auf Dauer. Eine professionelle Kelleranierung wirkt zwar, sofern sie gut ausgeführt wird und überhaupt möglich ist, ist aber sehr kostspielig – und kann je nach beauftragter „Fachfirma“ auch ohne Erfolg bleiben. Ebenfalls nicht billig ist auf Dauer der Einsatz elektrischer Luftentfeuchter, die viel Energie verbrauchen.

Dabei geht es auch anders. Das Zauberwort dabei lautet: Lüften!

Dies ist jedoch gar nicht so einfach, wie es zunächst klingt. Die meisten Menschen lüften einfach nach Gefühl oder Zeitplan. Dabei werden aber oft gravierende Fehler gemacht, die die Feuchtigkeit im Haus nur noch weiter ansteigen lassen. Richtiges Lüften ist eine Wissenschaft für sich, die aber glücklicherweise einem Arduino beigebracht werden kann.

## Das Prinzip

Der Grundsatz ist noch ganz einfach: Die nasse Luft muss raus, die trockene Luft muss rein. Jetzt könnte man meinen, das ist doch ganz einfach: Wenn die *relative Luftfeuchtigkeit* im Keller höher ist als die draußen, so reißen wir die Fenster auf. Dies führt aber leider nicht immer zum Erfolg, denn die *Lufttemperatur* spielt dabei eine ebenso bedeutende Rolle. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Feuchtigkeit kann sie nämlich auch enthalten oder aufnehmen. Warme Sommerluft mit einer empfundenen niedrigen *relativen Luftfeuchte* enthält absolut gesehen dann doch viel Wasser, was sich auf Kellertemperatur heruntergekühlt auf einmal in höherer relativer Luftfeuchte niederschlägt, auch wenn das der Intuition widerspricht.

Viel besser ist es daher, bei der Entscheidung über den Lüftzeitpunkt auf den *Taupunkt* zu schauen, denn der spiegelt den absoluten Wassergehalt einer Luftmasse wider.

Die *Taupunkttemperatur* ist die Temperatur einer Oberfläche, bei der sich bei gegebener Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte Tau bildet, also Wasser niederschlägt (wie auf dem Fenster zu sehen ist ❶). Das bedeutet in der Praxis: Wenn etwa die Kellerwand diese Temperatur aufweist, so kondensiert Luftfeuchtigkeit an ihr. Dadurch wird die Wand feucht und es bildet sich ein schimmelfreundliches Milieu.

Zum direkten Messen des Taupunktes wird eine Metalloberfläche langsam heruntergekühlt und dabei beobachtet, bei welcher Temperatur sich Wassertröpfchen bilden. Dies ist dann die Taupunkttemperatur. Das ist das genaueste Verfahren, aber für die Automation des Lüftungsvorgangs mit Maker-Mitteln nicht

## Kurzinfo

- » Zusammenhang zwischen Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und Taupunkt
- » Arduino erkennt günstige Zeitpunkte zum Lüften
- » Idee für rückbaubaren Lüftereinbau im Kellerfenster

### Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
ein bis zwei Wochenenden
-  **Kosten:**  
ab 100 Euro
-  **Programmieren:**  
Umgang mit der Arduino-IDE
-  **Elektronik:**  
Löten von bedrahteten Bauteilen
-  **Handwerk:**  
ggf. Fensterscheibe auswechseln

### Material

- » Gehäuse z. B. 200mm × 120mm × 55mm
- » Arduino Nano mit aktuellem Bootloader!
- » I<sup>2</sup>C-LC-Display mit 4 Zeilen
- » Ein-Kanal-Relaismodul 5V
- » 2 Sensoren DHT 22 sowie Kabel für deren Anschluss
- » 2 Widerstände 4,7kΩ
- » 2 Widerstände 10kΩ
- » Elko 1000µF oder größer
- » Kondensator 10nF
- » Lochrasterplatine, für den Testaufbau auch Breadboard und diverse Drahtbrücken
- » Schaltnetzteil 5V
- » Lüfter 220V
- » mehrere Anschlussklemmen
- » 1 oder 2 Acrylglascheiben je nach Fenster, ggf. Kunststoffprofile und Silikon
- » diverses Befestigungsmaterial etwa Schrauben und Dübel

### Werkzeug

- » Lötcolben samt Lötzinn
- » Stichsäge oder anderes Werkzeug, je nach Art der Lüftungsöffnung
- » Bohrmaschine und Bohrer
- » übliches Handwerkzeug

### Mehr zum Thema

- » Vladimir Poliakov, Luftentfeuchter mit Raspi steuern, Make 6/21, S. 18

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x2yt](https://make-magazin.de/x2yt)

praktikabel. Wir wollen mit Sensoren für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit auskommen.

## Taupunkt-Formeln

Glücklicherweise gibt es einige Formeln, die aus diesen beiden Messwerten den Taupunkt näherungsweise berechnen – exakt geht das allerdings nicht, da noch andere variable Größen mitspielen, etwa der aktuelle Luftdruck. Wir verwenden hier eine Taupunktformel ❷, deren Ergebnisse für unsere Zwecke hinreichend genau sind, die mit Messwerten für Temperatur und Luftfeuchte als Input auskommt und die sich gut in einzelne Teile zerlegen lässt, um daraus eine übersichtliche Arduino-Funktion zu erzeugen.

Mit dieser Funktion wird laufend aus einer Temperatur und einer relativen Luftfeuchtigkeit die näherungsweise Taupunkttemperatur berechnet. Dieser Vorgang findet mit zwei Sensoren einmal im Keller und einmal draußen

statt. Die beiden Taupunkttemperaturen werden dann miteinander verglichen. Hat die Luft in unserem Keller den niedrigeren Taupunkt, wird sie mit einem Lüfter nach draußen befördert und Außenluft mit dem niedrigeren Taupunkt strömt nach. Der Effekt: Der Keller wird nach und nach getrocknet.



## 2 Taupunkt näherungsweise berechnen

Die Physik hinter dem Taupunkt ist zu kompliziert, um sie hier kurz zu erklären, aber das Lüftungssystem funktioniert glücklicherweise auch ohne tieferes Verständnis des Nutzers. Zur groben Orientierung: Im Kern besteht die hier verwendete Formel aus der sogenannten *Magnus-Formel*, die aus der Temperatur  $t$  (in °C) näherungsweise den *Sättigungsdampfdruck* in Hektopascal (hPa) errechnet. Multipliziert man diesen mit der relativen Luftfeuchtigkeit  $\vartheta$  (in %), erhält man den *Dampfdruck*. Der wird jetzt sowohl im Nenner als auch im Zähler des großen Bruchs logarithmiert und durch die Konstante 6,1078 geteilt und anschließend einmal mit  $b$  multipliziert (im Zähler) und einmal von  $a$  subtrahiert (im Nenner), um die *Taupunkttemperatur*  $t_\vartheta$  (in °C) zu bekommen. Diese Schritte sind im Arduino-Code in der Funktion `float taupunkt(float t, float r)` praktisch eins zu eins umgesetzt.

Bei den beiden Parametern  $a$  und  $b$  gibt es eine Fallunterscheidung: Für Temperaturen über null Grad Celsius gilt:

$$a = 7,5; b = 237,3$$

$$t_\vartheta = \frac{b \cdot \log_{10} \left( \frac{6,1078 \cdot 10^{\frac{(a \cdot t)}{(b+t)}} \cdot \frac{\vartheta}{100\%}}{6,1078} \right)}{a - \log_{10} \left( \frac{6,1078 \cdot 10^{\frac{(a \cdot t)}{(b+t)}} \cdot \frac{\vartheta}{100\%}}{6,1078} \right)}$$

Sättigungsdampfdruck (Magnus-Formel) Dampfdruck

Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt rechnet man stattdessen mit:

$$a = 7,6; b = 240,7$$

Etwas mehr Hintergrund zur Formel findet man online über den Link in der Kurzinfo.

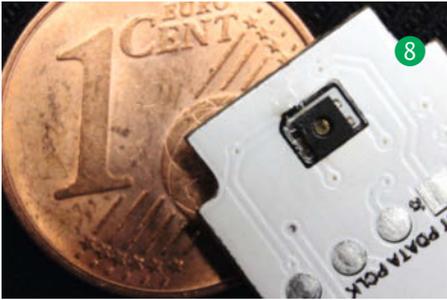
Alternativ lässt sich der Taupunkt mit hinreichender Genauigkeit auch aus einer Tabelle **3** herauslesen. Wer also keine Automatisierung des Lüftungsvorgangs umsetzen kann oder möchte, kann den richtigen Zeitpunkt für das Lüften auch wie folgt herausfinden: Mit Thermometer und Hygrometer Temperatur und relative Luftfeuchte innen und außen

messen und jeweils mit der Tabelle den Taupunkt ermitteln. Dann vom inneren Taupunkt den äußeren Taupunkt abziehen. Ist das Ergebnis positiv, kann gelüftet werden; je positiver, desto besser. Für die Tabelle wurde übrigens nicht die Formel **2** verwendet, ich habe sie vor Jahren Wert für Wert mit Hilfe eines Online-Rechners erstellt.

An der Tabelle sieht man auch leicht, dass man sich beim Lüften nur schlecht auf seine Intuition verlassen kann. Angenommen, drinnen misst man bei 20°C eine relative Luftfeuchte von 60%, dann ergibt sich eine Taupunkttemperatur von 12°C. Sind es draußen 15°C mit 75% Luftfeuchtigkeit, ergibt sich als Taupunkttemperatur 10,6°C – wer jetzt lüftet, bringt

## 3 Taupunktstabelle

Temperatur	relative Luftfeuchte													
	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
30°C	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29°C	9,7	12	14	15,9	17,5	19	20,4	21,7	23	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28°C	8,8	11,1	13,1	15	16,6	18,1	19,5	20,8	22	23,2	24,2	25,2	26,2	27,1
27°C	8	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
26°C	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25°C	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24°C	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23°C	4,5	6,7	8,7	10,4	12	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22°C	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2
21°C	2,8	5	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20°C	1,9	4,1	6	7,7	9,3	10,7	12	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19°C	1	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
18°C	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	16,4	16,3	17,2
17°C	-0,6	1,4	3,3	5	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	15,5	15,3	16,2
16°C	-1,4	-0,5	2,4	4,1	5,6	7	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	14,5	14,4	15,2
15°C	-2,2	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	13,5	13,4	14,2
14°C	-2,9	-1	0,6	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	12,5	12,4	13,2
13°C	-3,7	-1,9	0,1	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12°C	-4,5	-2,6	1	0,4	1,9	3,2	4,5	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11°C	-5,2	-3,4	1,8	-0,4	1	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10°C	-6	-4,2	2,6	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2



trockenere Luft nach drinnen. Im Sommer hingegen, etwa bei 25°C und 50% Luftfeuchtigkeit im Freien, liegt der Taupunkt dort tatsächlich bei 13,9°C. Wenn man jetzt lüftet, weil sich die Luft so schön warm anfühlt, holt man sich tatsächlich zusätzliche Feuchtigkeit in den Keller ...

### Die Sensoren

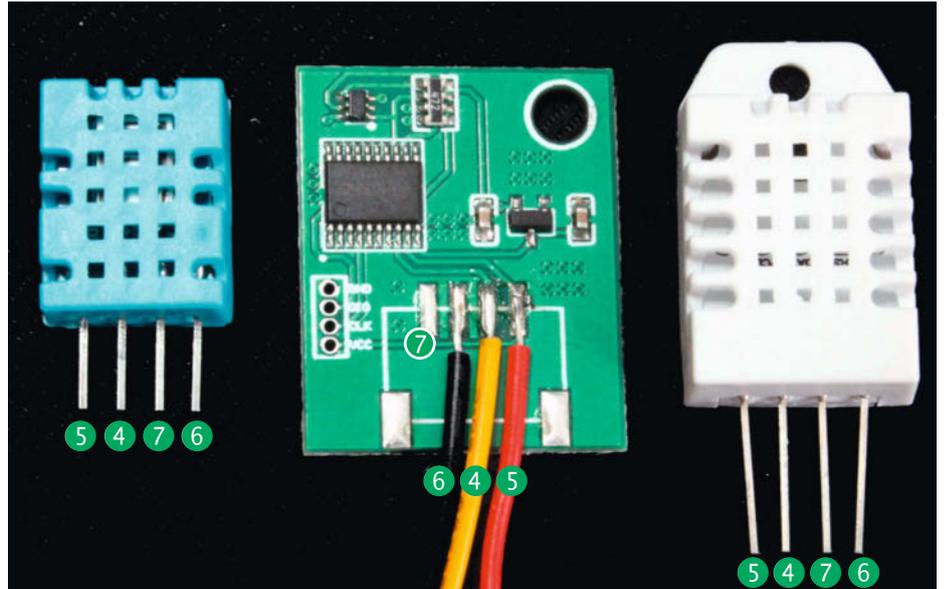
Zum Messen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit gibt es viele Kombisensoren auf dem Markt. Nach dem Testen mehrerer verschiedener Sensoren fiel die Wahl auf den Sensor *DHT22*. Er arbeitet sehr stabil, die Messwerte sind hinreichend exakt, er ist günstig in der Anschaffung und es gibt eine Arduino-Bibliothek für ihn.

Die DHT-Sensoren verschicken ihre Daten seriell über einen *One-Wire-Bus*, der – wie der Name schon sagt – mit einer Datenleitung auskommt ④. Weiter benötigt der Sensor eine Versorgungsspannung (VCC) von 3,3V – 6V ⑤ und einen Masseanschluss (GND) ⑥. Der verbleibende vierte Anschluss ⑦ ist ungenutzt.

Wie klein der eigentliche Temperatur- und Feuchtigkeitssensor ist, lässt sich an einem zerlegten DHT22-Modell (gut im Vergleich zu einem Cent erkennen ⑧).

Als Außensensor hatten wir anfangs einen DHT21 im passenden Außengehäuse erworben. Leider gab der Sensor jedoch schon nach kurzer Zeit den Geist auf. Aus diesem Grund montierten wir ganz im Sinne des *Upcyclings* in das funktionale Gehäuse des DHT21 einen DHT22-Sensor, der nun störungsfrei arbeitet ⑨. Für den Fall, dass wir den Sensor erneut austauschen müssen, erfolgte die Montage gleich mit einer 4-poligen Schraubklemme. Bisher war dies aber nicht nötig.

Die maximale Kabellänge für den DHT22 ist aus dem Datenblatt nicht herauszulesen – die hängt nicht nur vom Sensor, sondern auch vom Board ab. Nach der Auswertung vieler verschiedener Quellen gehen wir aber davon aus, dass 10 Meter problemlos möglich sind. Allerdings sollte dann das Kabel etwas hochwertiger sein (z. B. *Twisted-Pair*-Kabel mit Schirm oder CAT6-Kabel) und die beiden Pull-up-Widerstände der Sensoren sollten verkleinert werden (1,2k bis 4,7k). Andere berichten jedoch auch, dass ein 50-Meter-Kabel mit

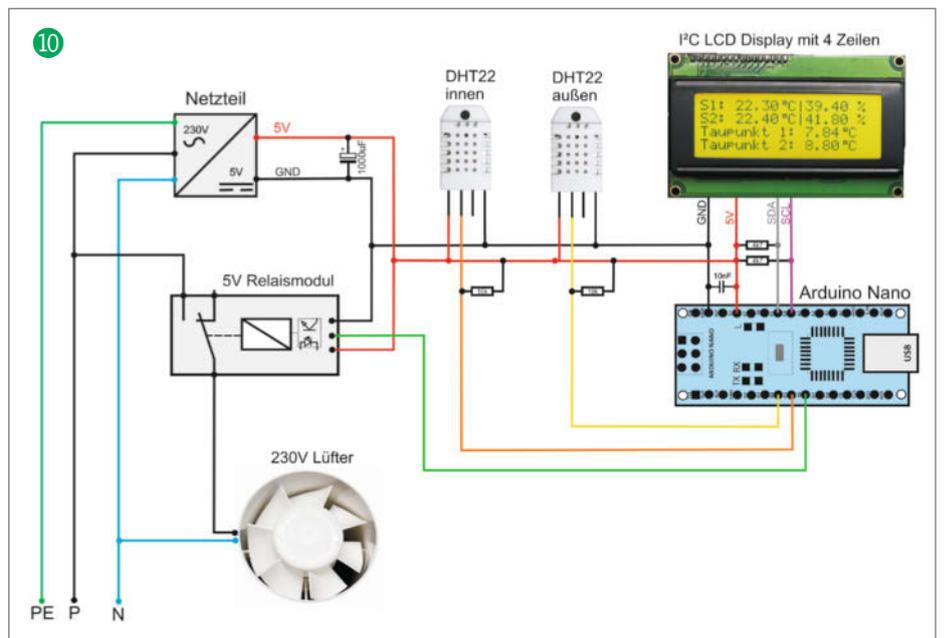


Verschiedene DHT-Sensoren von links nach rechts: DHT11, DHT21, DHT22.

einem DHT22 funktioniert. Getestet haben wir das allerdings nicht.

### Die Schaltung

Wie sich aus dem Schaltplan ⑩ gut erkennen lässt, hält sich der Schaltungsaufwand bei diesem Projekt in Grenzen. Die beiden 4,7k-Widerstände sind als Pull-up-Widerstände für das LCD-Display verbaut. Die beiden 10k-Widerstände sind Pull-ups für die Datenleitungen der DHT-Sensoren. Bei unseren Tests funktionierten die Sensoren zwar auch ohne diese, vollständig halber haben wir sie jedoch – wie im Datenblatt empfohlen – eingebaut. Der Arduino hat auch interne Pull-ups, das macht sich im Test bemerkbar. Bei längeren





Testbetriebs zeigten sich nämlich unregelmäßig Systemabstürze, jedenfalls solange der Lüfter angeschlossen war – ohne ihn blieben die Abstürze aus. Es sieht somit danach aus, dass der Lüfter unregelmäßig Störungen zum Arduino sendet, obwohl durch das Relaismodul eine galvanische Trennung besteht.

Um sicherzugehen, zerlegten wir den Lüfter und untersuchten ihn **11**. Entstörglieder enthielt dieser ebenso wenig wie einen Anschluss für ein Schutzkontaktkabel (aber klar, das Gehäuse ist ja auch aus Kunststoff). Neben den Kondensatoren fängt am Ende auch die Software Störungen ab, dazu gleich mehr.

Zum schnellen Testen lässt sich die Schaltung problemlos auf einem Breadboard aufbauen **12**. Hier können dann auch noch Korrekturwerte für die Sensoren ermittelt und

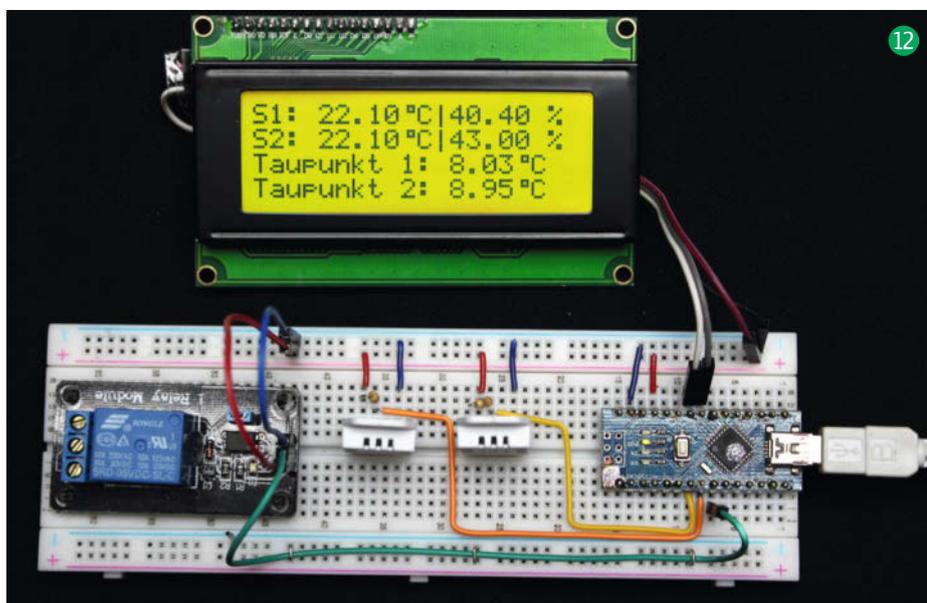
Leitungen und auch Störungen sind externe Widerstände aber robuster.

Die beiden Kondensatoren (1000µf und 10nf) dienen zur Spannungsstabilisation und zum Filtern von EMV-Störungen. Während des

in die Software eingetragen werden. Dazu habe ich beim Testaufbau die angezeigten Messwerte der Sensoren mit einem genauen Thermometer und Hygrometer verglichen. Wichtiger als möglichst korrekte absolute Sensormesswerte ist allerdings, dass beide Sensoren in der gleichen Umgebung auch identische Werte anzeigen, da das Lüftungssystem später nur auf das Verhältnis zwischen drinnen und draußen schaut.

In der Endversion finden alle Komponenten in einem Gehäuse mit den Maßen 200mm x 120mm x 57mm Platz **13**. Auf der Lochrasterplatine lassen sich hauptsächlich viele Anschlussklemmen erkennen (für 230V Netzanschluss, 230V Lüfteranschluss, je eine Leiste für die Sensoren und eine Steckerleiste für das LCD-Display). Darunter ist ein Ferritkern zu erkennen, um den wir die Leitungen des Lüfters zur weiteren EMV-Entstörung geführt haben.

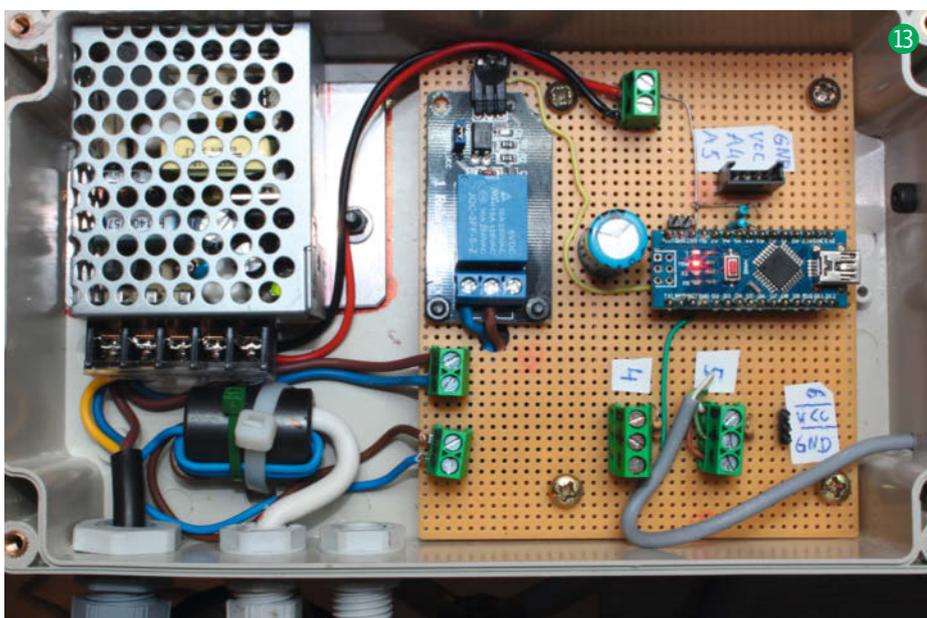
Links oberhalb des Arduino ist eine 2-polige Steckerleiste für einen (optionalen) Reset-Taster zu erkennen (nicht im Schaltplan eingezeichnet). Rechts unten befindet sich eine 3-polige Steckerleiste für einen (ebenfalls optionalen) Schalter mit drei Stellungen: *Ein*, *Auto* und *Aus*. Die Beschaltung kann man auf dem Bild ablesen. Die Außenseite des Gehäuses zeigt Bild **14**.



### Die Software

Im Programm werden folgende Bibliotheken verwendet: *DHT sensor library* von Adafruit, *LiquidCrystal I2C* von Marco Schwartz und *Sodaq\_wdt*. Falls nicht schon für andere Projekte geschehen, müssen diese Bibliotheken in der Arduino IDE unter *Werkzeuge/Bibliotheken verwalten* hinzugefügt werden; wie das geht, beschreibt ein Online-Artikel (siehe Link in der Kurzinfor).

Zu Beginn des Quelltextes werden viele Konstanten deklariert **15**. Hier werden z. B. die Ports eingestellt, an denen sich die Sensoren befinden und welche Sensortypen verbaut wurden. Dann werden die Korrekturwerte der Sensoren festgelegt, falls diese nicht von Haus aus exakte Werte ausgeben. Darauf folgen Parameter zum Schaltverhalten der Steuerung, z.B. ab welchem Taupunktunterschied



der Lüfter angesteuert wird oder wie groß der Abstand von Ein- und Ausschaltzeitpunkt sein soll, damit der Lüfter nicht dauernd an- und gleich wieder abgeschaltet wird.

Im eigentlichen Programm fällt nun in Zeile 40 ein Aufruf der Watchdog-Funktion auf:

```
wdt_enable(WDTO_8S);
```

Diesen Watchdog haben wir eingeführt, da sich auch mit erhöhten EMV-Maßnahmen für den Lüfter die Systemhänger nicht komplett auf null reduzieren ließen – so alle ein bis vier Tage stürzt die Steuerung ab, wenn der Lüfter dranhängt (ohne Lüfter allerdings überhaupt nicht, am Code liegt es also nicht). Die Watchdog-Funktion aus der Bibliothek *avr/wdt.h* startet deshalb den Arduino neu, falls nicht spätestens nach 8 Sekunden ein Reset-Signal gesendet wurde, was in der Zeile 161 passiert:

```
wdt_reset();
```

**Achtung!** Für die Watchdog-Funktion benötigt der Arduino **zwingend** die neue Bootloader-Version *optiboot*. In die ältere Version (*ATmegaBOOT*) hatte sich ein Fehler eingeschlichen, der beim Auslösen des Watchdogs den Arduino in eine Endlosschleife schickte. Es folgten endlose Starts und Neustarts, die sich nur schwer in den Griff kriegen ließen. Bei den China-Klonen des Arduino Nano haben wir bisher nur den alten Bootloader gefunden. Den neuen Bootloader bringen meist nur originale Arduino Nanos mit, die mit rund 17 Euro aber mehr kosten als die Klone. Dennoch können Sie auch so ein Board für dieses Projekt einsetzen; Sie müssen nur den neuen Bootloader aufspielen. Dafür finden Sie eine Anleitung bei den Links zum Artikel (URL in der Kurzinfor). Dort lesen Sie auch, wie Sie im Zweifelsfall vorab herausbekommen, ob ein Board bereits den neuen Bootloader enthält.

Der Quelltext der Arduino-Steuerung ist bisher absichtlich einfach gehalten. Jedoch kann es durchaus sinnvoll sein, etwa eine Funktion für Datenlogging hinzuzufügen. Die Temperaturen, Luftfechtigkeiten und Taupunkte könnten dann auf einer SD-Speicherkarte gespeichert werden. Auch die Laufzeiten des Lüfters wären sicher bei einer Auswertung interessant.



## 15 Konstanten im Code

```
#define RELAIPIIN 6 // Anschluss des Lüfter-Relais
#define DHTPIN_1 5 // Datenleitung für den DHT-Sensor 1 (innen)
#define DHTPIN_2 4 // Datenleitung für den DHT-Sensor 2 (außen)

#define RELAIS_EIN LOW
#define RELAIS_AUS HIGH
bool rel;

#define DHTTYPE_1 DHT22 // DHT 22
#define DHTTYPE_2 DHT22 // DHT 22

// ***** Korrekturwerte der einzelnen Sensorwerte *****
#define Korrektur_t_1 -3 // Korrekturwert Innensensor Temperatur
#define Korrektur_t_2 -4 // Korrekturwert Außensensor Temperatur
#define Korrektur_h_1 0 // Korrekturwert Innensensor Luftfeuchtigkeit
#define Korrektur_h_2 0 // Korrekturwert Außensensor Luftfeuchtigkeit
//*****

#define SCHALTmin 5.0 // minimaler Taupunktunterschied, bei dem das
// Relais schaltet
#define HYSTERESE 1.0 // Abstand von Ein- und Ausschaltzeitpunkt
#define TEMP1_min 10.0 // Minimale Innentemperatur, bei der die Lüftung
// aktiviert wird
#define TEMP2_min -10.0 // Minimale Außentemperatur, bei der die Lüftung
// aktiviert wird

DHT dht1(DHTPIN_1, DHTTYPE_1); //Der Innensensor wird ab jetzt mit dht1
// angesprochen
DHT dht2(DHTPIN_2, DHTTYPE_2); //Der Außensensor wird ab jetzt mit dht2
// angesprochen
```

## Der Ausweg

Nun bleibt noch das Problem: Wie bekommen wir die Luft nach draußen? Einen Mauerdurchbruch traut sich nicht jeder zu und in einer Mietwohnung kann das auch richtig Ärger geben. Da auch wir nicht unsere Vollwärmeschutzfassade beschädigen wollten, haben wir einen anderen Ausweg gesucht – und gefunden.

Warum nicht in eine Glasscheibe des Kellerfensters ein Loch schneiden? Da aber auch dies nicht reversibel ist, haben wir kurzerhand die originale Scheibe gegen eine selbst angefertigte Acrylglascheibe ausgetauscht. Solche Scheiben kann man etwa im Internet kaufen und oft auch gleich in den passenden Maßen zuschneiden lassen. In das Acrylglas lässt sich nun problemlos mit der Stichsäge eine Öffnung für den Lüfter sägen **16**.

Wird statt einer Einfachverglasung eine Isolierglasscheibe ersetzt, verwendet man ein-

fach zwei Acrylglascheiben **17**, die mit Kunststoffprofilen auf den passenden Abstand gebracht werden. Diese Konstruktion wird mit transparentem Silikon zusammengeklebt **18**. Beim Zusammenkleben sollte allerdings peinlich auf Sauberkeit geachtet werden – sind die Scheiben erst einmal verklebt, können Verunreinigungen oder Kunststoffspäne aus dem Zwischenraum nicht mehr entfernt werden ...

Zur Aufnahme des Rohrlüfters haben wir ein Lüftungsrohr passend abgesägt, durch die Öffnungen in den Acrylglascheiben geführt und mit Silikon eingeklebt **19**. Vorsicht: Platzieren Sie das Rohr nicht zu nahe an der Außenkante! Anderenfalls lässt sich später das Fenster nicht mehr vollständig öffnen, da das Rohr stört.

Bild **20** zeigt eine fertige „Isolierglas“-Scheibe mit Lüfterdurchbruch und Lüftungsgitter. Die Isolationswirkung ist übrigens nicht einmal schlecht: Bei Messungen mit dem



19



## Wichtig: Schornsteinfeger fragen

Vor Einbau eines elektrischen Lüfters/Entlüfters sollte man unbedingt den Schornsteinfeger fragen, ob das im konkreten Fall zulässig ist. Falls etwa eine Gasheizung im Keller ist, kann der Lüfter deren Abgasstrom stören, insbesondere, falls er

die Luft aktiv nach draußen befördert und die Außenluft passiv einströmt. Dann erhält man nämlich einen Unterdruck im Keller und die Luft kann auch durch den Schornstein der Gasheizung (inklusive deren Abgase) einströmen ...



20

Infrarotthermometer war die Acrylglascheibe nur um durchschnittlich 1,4C° kälter als die echte Isolierglasscheibe.

Wer den Eigenbau scheut: Klimaanlagebauer haben zum Teil unter dem Stichwort „Abluftscheibe“ ähnliche Konstruktionen halbfertig im Angebot oder fertigen sie auf Maß. Das kann dann aber schnell mehr kosten als der Rest des Systems ...

Die Art und Weise, wie Ihre bisherigen Scheiben entfernt werden, hängt natürlich davon ab, welche Art von Fenstern Sie besitzen. Einen Weg sie auszubauen gibt es auf jeden Fall – irgendwie muss die Scheibe ja auch mal hineingekommen sein. Hier zeigen wir, wie die verbreiteten Fenster mit Gashalteleisten zerlegt werden. Zum Auswechseln der Scheibe werden alle vier Profileisten auf der Innenseite mit einem Spachtel vorsichtig herausgehoben (21 22) (bei Holzfenstern sind sie oft mit Nägeln fixiert).

Anschließend kann schon die Originalscheibe entfernt und die Acrylscheibe eingesetzt werden. Nun noch die vorher entfernten Profile wieder einsetzen und mit einem Kunststoffhammer vorsichtig festklopfen (23). Fertig!

Die fertige Steuerung haben wir direkt neben einem Kellerfenster montiert (24). Der Innensensor befindet sich rechts am Gehäuse. Der Außensensor hängt draußen regengeschützt unter der Abschlussleiste des Vollwärmeschutzes (25). Der Rohrlüfter wurde so montiert, dass er die Luft von innen nach außen fördert.

Besitzt man ein recht dichtes Haus oder Keller, kann es nötig sein, an der gegenüberliegenden Kellerseite einen Luftzugang zu installieren. Der Lüfter kann natürlich nur richtig arbeiten, wenn irgendwo Luft nachströmt. Im Zweifelsfall dafür wieder eine Acrylglas-

scheibe mit Öffnung anfertigen – dieses Mal dann ohne Lüfter, nur mit Lüftungsgitter.

## Die Erfahrungen

In den ersten Tagen nach Inbetriebnahme der Taupunkt-Lüftungssteuerung lief unser Lüfter pausenlos. Sobald die Feuchtigkeit im Raum abgenommen hatte, gingen die Laufzeiten nach und nach zurück. Die schon bestehenden Schimmelflecken müssen selbstverständlich noch einmal konventionell bekämpft werden, z. B. mit einem chlorhaltigen Schimmelspray und warmen Spülwasser und einer Bürste. Durch die sinkende Luftfeuchtigkeit und die abnehmende Feuchtigkeit im Mauerwerk sollten in Zukunft jedoch keine Flecken mehr auftreten.

In meinem Siedlerhaus von 1948 war schon nach wenigen Tagen eine Verringerung der Luftfeuchtigkeit deutlich messbar. Der Trocknungseffekt beschränkt sich aber nicht nur auf den Keller. Ich merke ihn auch noch deutlich im Erdgeschoss und im ersten Stock. In allen Räumen sank die relative Luftfeuchtigkeit bis in einen gesunden Bereich (40% – 60%) ab. Der Erfolg der Taupunkt-Lüftungssteuerung ist also durchdringend.

Wenn Sie die Lüftungssteuerung nachbauen: Bitte seien Sie nicht frustriert, wenn die Feuchtigkeit im Raum auch mal ansteigt. Wird der Lüfter aufgrund der Datenlage nicht eingeschaltet (etwa, weil die Luft draußen feuchter ist als drinnen), so diffundiert dennoch Feuchtigkeit aus den Wänden in den Raum und die relative Luftfeuchtigkeit dort steigt wieder an. Sobald der äußere Taupunkt erneut tief genug sinkt, wird der Lüfter seiner Aufgabe aber wieder nachkommen. Und Sie müssen sich keine Gedanken mehr um den richtigen Zeitpunkt zum Lüften machen. —pek



21



22



23



24



25

# Make: & Community

Ende November haben wir live unsere Make-Entertainment-Show auf Youtube und Twitch gestreamt. Und Abonnenten bekamen exklusiv einen coolen Sticker-Bogen.

von Daniel Bachfeld

Um die dunkle Zeit der kalten Herbsttage unterhaltsamer zu gestalten, haben wir am *Cyber Monday* im vergangenen November die Make-Entertainment-Show kostenlos und frei zugänglich für alle auf YouTube und Twitch gestreamt. Wer will, kann sie sich in unserem YouTube-Kanal nachträglich ansehen.

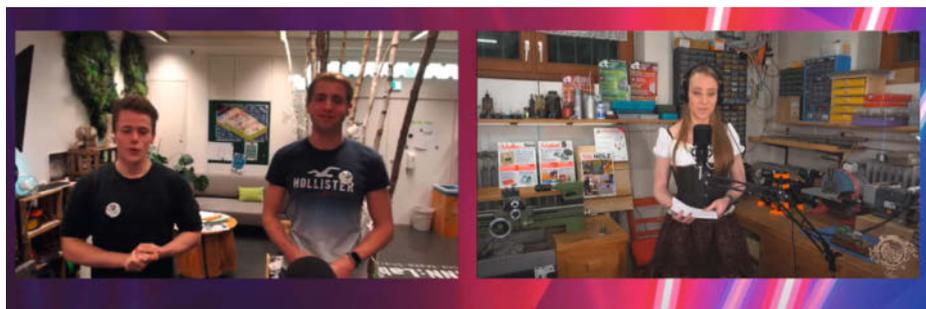
Aus der Maker-Community waren unter anderem YouTuber Frank von *Franks Shed* sowie Influencer Benni von *Tinker.Fun* dabei. Das *ViNN:Lab* der TH Wildau zeigte die vielseitigen Möglichkeiten der kreativen Entfaltung in einem Makerspace. Softwareentwickler Daniel Jäger führte in einem Live-Rundgang durch sein Haus sein eigens entwickeltes Smart-Home *Luna* vor, mit dem er auch zu den Gewinnern unseres Smart-Home-Wettbewerbs zählte.

In einer Live-Umfrage zu gewünschten Themen während der Show war LoRaWAN eines der am häufigsten genannten. Da passte es gut, dass Make-Autor Tim Riemann in einem Slot praktische Beispiele zur Nutzung sowie die Vor- und Nachteile der Technik demonstrierte.

Abwechselnd zu den Maker-Slots zeigte die Redaktion der Make diverse Projekte, erklärte die Entstehungsgeschichte des Metall-Sonderhefts und gab Einblicke in die Planungen für 2022. So stellen wir 2022 mehr Video-Inhalte bereit, die unsere Artikel im Heft ergänzen, beispielsweise Screencasts zur Konstruktion, Installation und Programmierung, Anleitungen zum Aufbau, Projekte im Betrieb und Produktvorstellungen.

Exklusiv für unsere Abonnenten gab es außerdem die Möglichkeit mit Chefredakteur Daniel Bachfeld ganz persönlich über einen Zoom-Call ins Gespräch zu kommen. Über 200 Leser nahmen die Chance wahr und registrierten sich dafür. Die Fülle an Themenwünschen, Anregungen, Vorschlägen nahm die Redaktion in ihre Themenplanung gerne auf. Wegen der positiven Resonanz wollen wir dieses Jahr noch weitere solcher Zoom-Calls veranstalten.

Exklusiv war auch der Sticker-Bogen in der Make-Ausgabe 6/21, der nur der Abonnentenaufgabe beilag. Viele Sticker zieren schon Gehäuse, Laptops und Platinen, wie das



Durch das Programm der Entertainment-Show führte unsere c't-Kollegin Pina Merkert.

Feedback auf unseren Social-Media-Kanälen ergab. Mailen Sie uns gerne, welche Projekte oder Gegenstände Sie damit verschönert haben.

Exklusiv soll es auch dieses Jahr für unsere Abonnenten weitergehen. Wir planen weitere Angebote; unter anderem wollen wir Artikel aus der Make vorab online zur Verfügung stellen, bevor das Heft am Kiosk erscheint. Darüber soll künftig ein Newsletter informieren, nebst weiteren Informationen aus der Redaktion. Es lohnt sich also, Make-Abonnent zu werden. —dab

Der Sticker-Bogen aus Make 6/21:  
Aufkleber für jeden Anlass und jeden Ort



## Umzug in Karlsruhe

Das Fablab Karlsruhe ist im Alten Schlachthof in größere Räume gezogen und nun in der Nummer 25 zu Hause.

[fablab-karlsruhe.de](http://fablab-karlsruhe.de)

## Maker-Termine

### Tufting-Workshop

15. Februar  
Fablab Zürich  
[zurich.fablab.ch](http://zurich.fablab.ch)

### Chemnitzer Linux-Tage

12. – 13. März  
online  
[chemnitzer.linux-tage.de](http://chemnitzer.linux-tage.de)

### Coding Da Vinci Ost<sup>3</sup>

19. März – 30. April  
SLUB Dresden, online  
[codingdavinci.de](http://codingdavinci.de)

### Informatiktage

28. März – 1. April  
Zürich  
[informatiktage.ch](http://informatiktage.ch)

### Intermodellbau

7. – 10. April  
Messe Dortmund  
[intermodellbau.de](http://intermodellbau.de)

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

## Veranstalten Sie selbst?

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

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



Bild: Makerspace Reinach

## Neuer Makerspace in der Schweiz

### Projekt für Projekt geht es in Reinach voran

In Reinach hat ein neuer Makerspace geöffnet und freut sich über Interessierte, die mitbasteln wollen. Seit dem Sommer wird die Werkstatt im alten Industriegebäude im Kägenhofweg 7 eingerichtet, als Zwischennutzung. Bereits vorhanden sind die „Lebensgrundlagen“ Kaffeemaschine und Internetanschluss. Darauf aufbauend geht es mit verschiedenen Projekten Stück für Stück weiter: Eine Recycling-Station und ein Holzwagen bringen Ordnung in den Space, ein Regal zur Unterbringung von Elektronikprojekten soll noch folgen.

Einsatzbereit sind außerdem die 3D-Drucker, von denen einer im Space wieder zum Laufen gebracht wurde. Als weitere Anschaffungen sind ein Lasercutter, eine CNC-Maschine und ein LoRaWAN-Gateway in der Planung. Für kreative Aufgaben ist schließlich noch ein Wandplotter in Arbeit, der bis zu 8 × 3 Meter große Leinwände abdecken soll. Jeden Mittwoch und Freitag Abend wird weiter an der Ausstattung und den Projekten gearbeitet, wobei der Fokus auf Spaß und der gemeinsamen Zeit liegt.

—hch

► [makerspace-reinach.ch](http://makerspace-reinach.ch)

## RoboLab Veroza eröffnet

### An der Uni Vechta sind die Roboter los

Gerade eröffnet, dann wieder geschlossen – dieses pandemiebedingte Schicksal hat auch das neue *RoboLab Moin Veroza!* erwischt, das erst Ende November feierlich eröffnet wurde. Die Einrichtung der Uni Vechta soll in der Region einen einfachen und verständlichen Zugang zu Robotern und Veränderungen durch die Digitalisierung bieten. *Veroza* steht dabei für Vechtaer Roboter zum Anfassen. Zu entdecken gibt es programmierbare Roboter, die eher auf den Schreibtisch, als in die Fabrikhalle gehören: die Roboterarme *Panda*, die gerade einmal 119 Zentimeter Höhe aber sieben Achsen vorweisen, und elf Exemplare der kugeligen Lernroboter *Dash & Dot*. Dazu kommt noch ein 3D-Drucker.

Zur Eröffnung waren neben dem Initiator des Labs, Prof. Dr. Nick Lin-Hi, und der Leiterin Marlene Reimer der Landrat Tobias Gerdesmeyer und Bürgermeister Kristian Kater erschienen, die die Roboter gleich einmal testeten. Gleich Anfang Dezember musste das Lab aller-



Bild: Uni Vechta / Friedrich Schmidt

dings aufgrund der aktuellen Pandemie-Entwicklung wieder schließen. Künftig soll es wieder möglich sein, Einzeltermine zum Besichtigen des Labs zu buchen und auch Workshops für unterschiedliche Gruppen, wie etwa Schulklassen, sollen stattfinden.

—hch

► [moin-veroza.de](http://moin-veroza.de)

# Reparieren, erhalten, erfinden

## Die Lausitzer Tüftelseminare starten mit Online-Workshops

Seit Anfang des Jahres wird in der Lausitz online gelernt, wie 3D-Druck und -Modellierung, CNC-Fräsen und Lasercutting funktionieren: Das *Netzwerk der Offenen Werkstätten* vermittelt in den *Lausitzer Tüftelseminaren* einen Einblick in die Welt der Maker. Zu den Inhalten gehören die Konstruktion von Ersatzteilen und Adaptern für Spielzeug und andere Kleinteile. Im März werden auch einmal Osterhasen modelliert und 3D-gedruckt. Bei Interesse können die Teilnehmenden später die Technischule Lübbenau besuchen.

Die Lausitzer Tüftelseminare werden im Rahmen des Projekts *Mobile Fablabs* (MoFab) in Kooperation mit der AWO Südbrandenburg und dem Fablab Cottbus angeboten. Neben einem Einblick in die Werkstätten der Lausitz bieten sie die Möglichkeit, gemeinsam zu werkeln und Neues zu erfinden. Für die Teilnahme wird um Anmeldung per E-Mail an [mofab@fablab-cottbus.de](mailto:mofab@fablab-cottbus.de) gebeten. Die Termine und weitere Informationen gibt es online. —hch

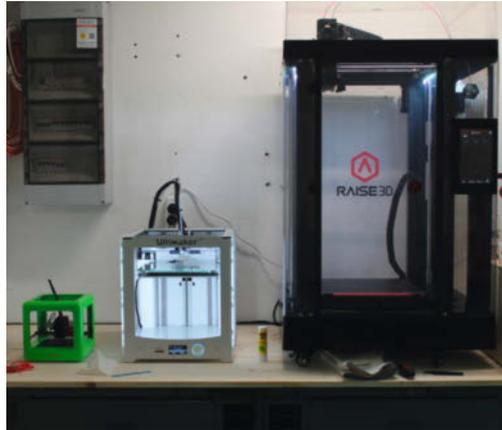


Bild: Netzwerk Offene Werkstätten Brandenburg / Maximilian Voigt

► [fablab-cottbus.de/blog/lausitzer-tueftelseminare](https://fablab-cottbus.de/blog/lausitzer-tueftelseminare)

## Makerspace in Niebüll

In der Friedrich-Paulsen-Schule gibt es seit dem Herbst einen Makerspace, der für alle Interessierten offen ist.

[friedrich-paulsen-schule.de](https://friedrich-paulsen-schule.de)

## Umzug in Saarbrücken

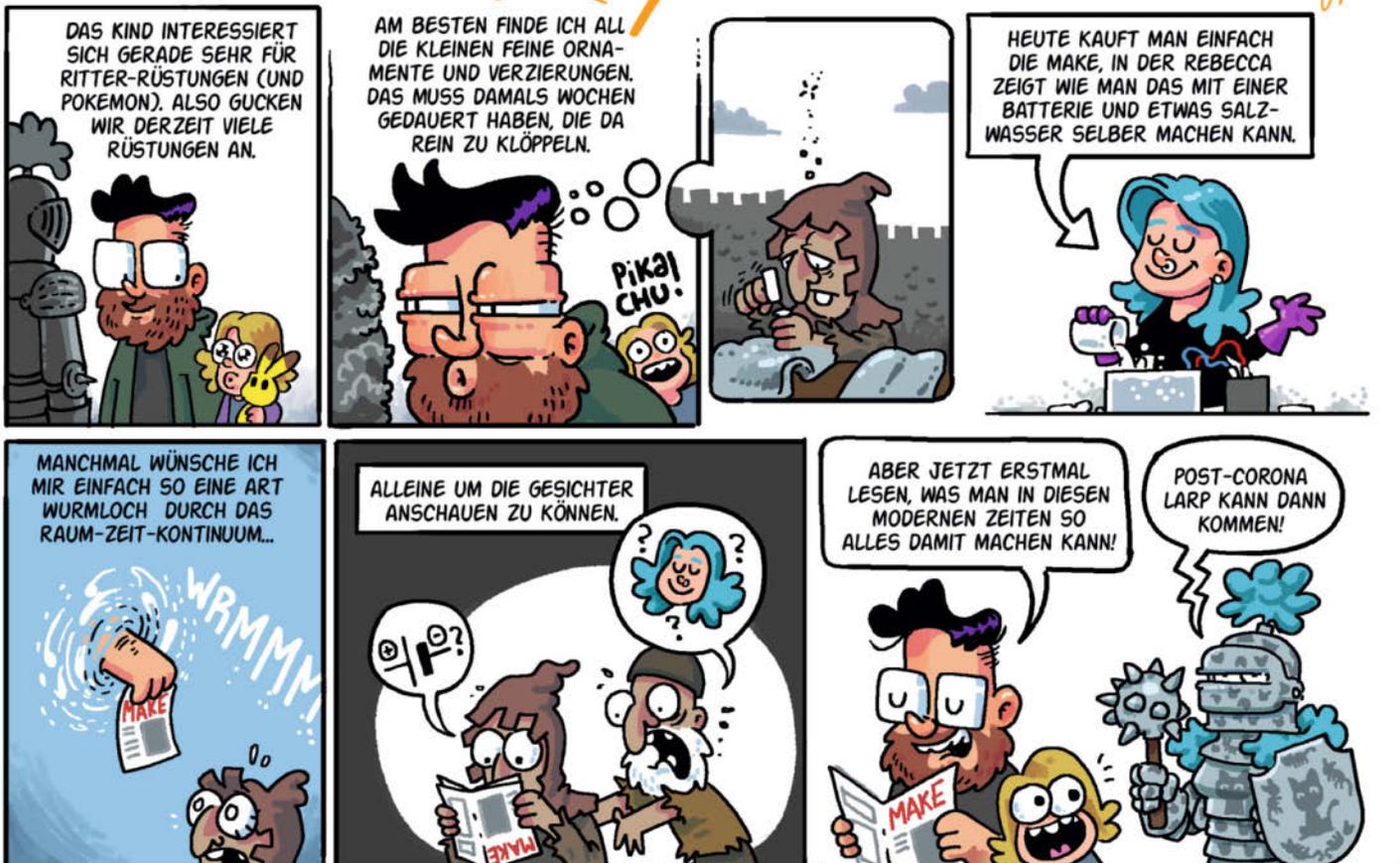
In Saarbrücken zieht der Hacksaar um – ins *h'eck* in der Rathausstr. 18, das seit Dezember renoviert wird.

[hacksaar.de](https://hacksaar.de)

### 47 Ätz-Ornamente

# Kolophonium

von und mit [@beetlebum](https://beetlebum)



# Bluetooth-Audio-Module

Mit preiswerten Bluetooth-Platinen lassen sich ältere Verstärker und Radios auf einfache Weise Wireless-fähig machen. vielerorts lassen sich die Empfänger auch unauffällig in das Gerät integrieren. Wir zeigen an drei Beispielen, wie das funktioniert.

von Carsten Meyer



Eines der Hauptanwendungsgebiete von Bluetooth ist die drahtlose Audio-Übertragung – das kennt man vom Smartphone-Headset, aber auch von drahtlos betriebenen „Brüllwürfeln“ für den PC. Voraussetzung ist lediglich, dass das sendende Gerät (etwa ein PC, Tablet oder Smartphone) das Bluetooth-Profil A2DP beherrscht. Das dürften inzwischen alle sein: In Windows wurde es mit Version 8 eingeführt, bei Android mit Version 1.5 und auf dem Mac mit OS X Leopard (10.5). In iOS ist es seit Version 3.0 enthalten.

Die Übertragung der Audio-Daten geschieht im A2DP-Profil über den Codec SBC, den alle A2DP-fähigen Geräte unterstützen müssen. Der „Low Complexity Subband Codec“ SBC verlangt nur wenig Rechenleistung und kann daher auch auf kleineren Controllern laufen, wie sie etwa auf den hier vorgestellten Modulen zum Einsatz kommen. Andere, aufwendigere oder verlustfreie Codecs sind zulässig, werden aber nicht von allen Geräten unterstützt. Welcher Codec verwendet wird, ist vom Empfänger abhängig: Beim Verbindungsaufbau einigen sich die Geräte auf den von beiden Seiten unterstützten.

Mit einer Datenrate von bis zu 345kBit/s bei einer Abtastrate von 48kHz ist der verlustbehaftete SBC aber keinesfalls „schlecht“ – für den Hausgebrauch reicht er allemal, solange man nicht eine High-End-Anlage für 100.000 Euro damit ausstatten will. Trotzdem haben wir uns einige Bluetooth-Übertragungsstrecken einmal am Audio-Messplatz angesehen, zumal über die Audio-Eigenschaften der am Markt verfügbaren Module keinerlei Werte (Frequenzgang, Klirrfaktor, Störabstand und Latenz) vorliegen.

### Gemessen und bewertet

Die DIN-Norm 45500 (und später die EN 61305) definierte einst den guten Klang anhand von Pegelabweichungen im Frequenzbereich 40 bis 12.500Hz, die zwischen 250 und 6300Hz 5dB betragen durfte; in diesem Bereich reagiert das Ohr besonders empfindlich auf Klangverfärbungen. Heutzutage müsste man sich schon besondere Mühe geben, eine Audio-Schaltung so schlecht zu entwerfen, dass sie diese Vorgaben nicht erfüllt.

Neben diesen *linearen* Verzerrungen sind für eine saubere Wiedergabe vor allem die *nichtlinearen* Verzerrungen maßgeblich: Der sogenannte Klirrfaktor sollte deutlich unter einem Prozent liegen. Geübte Ohren werden auch noch Werte im Bereich um 0,2 Prozent stören, alles unter 0,1 Prozent gehört unserer Meinung nach in die Esoterik-Schublade.

Der Störabstand (oft als *Signal-to-Noise Ratio*, kurz: SNR bezeichnet) gibt an, wie weit das Nutzsignal über einem Störsignal (Rauschen, Brummen) liegt. Ein Wert von 80dB beispielsweise bedeutet, dass das Nutzsignal 10.000

mal größer ist als unerwünschte Störungen. Das war in den 1980er-Jahren noch ein hervorragender Wert, moderne Verstärker erreichen aber durchaus mehr als 100dB Störabstand: Hier ist das Störsignal nur noch 1/100.000 des Nutzsignals.

### Verzögert

Bei der digitalen Übertragung mit vielen Rechenprozessen ist die Latenz ein mindestens ebenso wichtiger Wert: Sie gibt an, wie lange ein Signal benötigt, um die gesamte Übertragungskette zu passieren. Bei rein analoger Übertragung ist sie nahezu Null, während bei einem digitalen Signalweg oft einige (oft auch hunderte) Millisekunden zusammenkommen. Das ist nicht tragisch, solange die Latenzen für alle Übertragungskanäle exakt gleich sind und die Übertragung nicht „lippensynchron“ zu einem Fernsehbild sein muss. Kritisch wird die Sache dann, wenn die Kanäle einer Stereo- oder Surround-Übertragung unterschiedliche Latenzen aufweisen: Das Ohr interpretiert schon einen Laufzeitunterschied von nur 50 Mikrosekunden (!) als deutliche Richtungsinformation.

Leider weist insbesondere SBC systemimmanente Latenzen von 150ms und mehr auf; in der Praxis haben wir bis zu 320ms gemessen. Das entspricht der Laufzeit zu einer 100m entfernten Schallquelle. So hohe Latenzen sind schon beim Fernsehen unzumutbar, erst recht beim Gaming oder beim Spielen eines Musikinstruments. Wer seine Bluetooth-Übertragungsstrecke für derlei Tätigkeiten verwenden will, sollte darauf achten, dass Sender und Empfänger den *AptX-Low-Latency-Codec (LL)* unterstützen.

Das ist bei den billigen Modellen nicht der Fall. Für einen LL-fähigen Sender muss man in der Regel 50 Euro und mehr anlegen. AptX-LL-Strecken kommen auf eine Latenz von unter 40ms. Das ist zum Musizieren immer noch arg viel (die Schmerzgrenze liegt hier bei 10 bis 20ms), aber zum Gamen und Fernsehen reicht es. Für den reinen Musikgenuss ist die Latenz dagegen nebensächlich, solange nicht gleichzeitig über einen „direkteren“ Weg (z. B. analoge Kabelverbindung) abgehört wird und dann störende Echos entstehen.

### Zwei Empfänger?

Ein erheblicher Nachteil von Bluetooth-Audio ist die fehlende Möglichkeit, zwei oder mehr Empfänger mit einem Sender zu koppeln. Was bei Audio-Kabeln ein einfacher Y-Adapter erledigt, verlangt bei Bluetooth-Übertragungen schon etwas Trickserei: Die uns bekannten Bluetooth-Transmitter, die zwei Empfänger unterstützen, arbeiten vereinfacht gesagt intern mit zwei gleichzeitig betriebenen Sendern. Zum Test unserer Empfänger-Platinen

### Kurzinfo

- » Bluetooth für Audio-Verbindungen nutzen
- » Übersicht Empfänger- und Transceiver-Module
- » Radios, Verstärker und Lautsprecherboxen aufrüsten

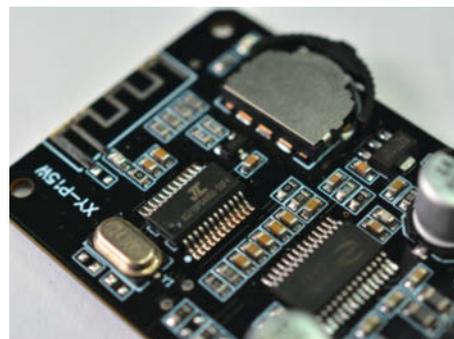
### Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
1 bis 4 Stunden
-  **Kosten:**  
5 bis 50 Euro (ohne Netzteil)
-  **Messen:**  
Multimeter
-  **Feinwerkzeug:**  
Schraubendreher-Satz
-  **Löten:**  
Einfache Verdrahtungsarbeiten

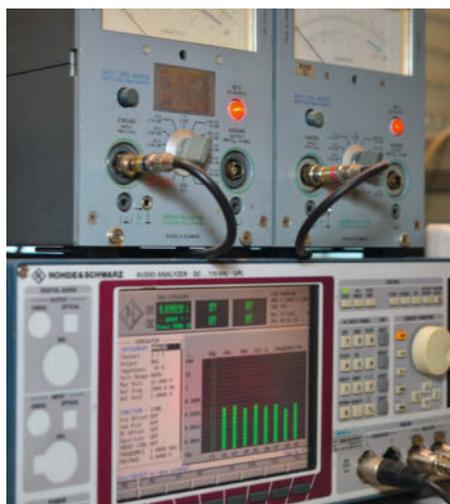
↓ Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xmcp](https://make-magazin.de/xmcp)



Der „Audikast Plus“-Transmitter von Avantree unterstützt auch Low-Latency-Codecs.



Auf den meisten Bluetooth-Empfangsmodulen ist ein Custom-Chip von ZhuHai Jieli zu finden. Mangels Dokumentation gibt es daran kaum etwas zu basteln.



Unser klassischer Audio-Analysator R&S UPL, der Frequenzgang und Klirrfaktor der Module ermitteln kann.

haben wir den *Avantree Audikast aptX Low Latency Dual-Link Transmitter* beschafft, der nicht nur gute technische Daten aufweist, sondern auch AptX-LL und zwei Empfänger gleichzeitig unterstützt.

Die Beschränkung auf nur eine gleichzeitig zulässige Verbindung führt ansonsten schon dann zum Problem, wenn man zwei getrennte Lautsprecherboxen drahtlos betreiben will: Da es nur einen Empfänger geben kann, muss man (zumindest eine von beiden) doch wieder per Kabel anbinden. Ein kabelloser Stereo-Betrieb ist nur dann möglich, wenn man einen Dual-Link-Transmitter verwendet und der einzelnen Box dann den passenden Stereo-Kanal (links oder rechts) des Empfängers zuführt. In der Praxis kann das dann aber trotzdem wegen geringer Laufzeitunterschiede zu Verfälschungen in der Richtungswahrnehmung führen – siehe oben.

Bluetooth-Transmitter, die ein Audio-Signal entgegennehmen und es an Kopfhörer, modere AV-Receiver oder eben Bluetooth-Empfängermodule senden, gibt es ab etwa 15 Euro; selbst in dieser Preisklasse fanden wir Module, die umschaltbar senden oder empfangen können, wie etwa das abgebildete Transceiver-Modul von *Baotwo* (Amazon), der allerdings nur SBC unterstützt. Für AptX-LL-fähige Transmitter (wie den oben erwähnten *Avantree Audikast*) muss man dagegen rund 50 Euro anlegen.

### Paarungsverhalten

Während man bei Smartphones, Tablets und PCs bequem auswählen kann, mit welchem Gerät man sich über Bluetooth verbinden möchte, findet man diese Möglichkeit bei den Transmitter-Boxen nicht. Hier gibt es nur einen Taster, der eine Verbindung zu dem Gerät eta-

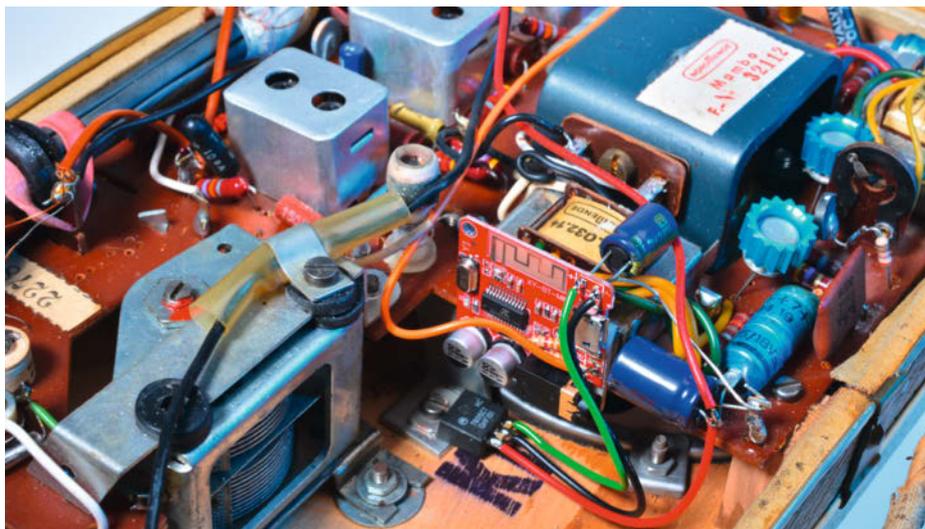
## Bluetooth-Empfangsmodule

Modell	XH-A105	ZK-502M	XY-P15W	XY-AP50L
				
Ausgang	Lautsprecher	Lautsprecher, Line Out	Lautsprecher	Lautsprecher, Line Out
Audio-Anschluss	Schraubklemmen	Schraubklemmen, Klinkenbuchse	Schraubklemmen	Schraubklemmen
Codec	SBC	SBC	SBC	SBC
Betriebsspannung	24V/6A (ab 12V*)	24V/3A (ab 9V*)	24V/3A (ab 9V*)	24V/3A (ab 5V*)
Versorgungs-Anschluss	Schraubklemmen	DC-Buchse 5,5/2,1mm, Schraubklemmen-Adapter mitgeliefert	Schraubklemmen	DC-Buchse 5,5/2,1mm, Schraubklemmen-Adapter mitgeliefert
zus. Ausstattung	Lautstärkereglер, MP3-Player (Micro-SD-Karte), Aux-Eingang	Lautstärkereglер, MP3-Player (USB-A), Aux-Eingang, Ein-/Ausschalter	Lautstärke-Wippe	Dreh-Encoder für Lautstärke und Start/Stopp, Frontplatte
<b>Messwerte</b>				
Ausgangsleistung/-spannung	2 x 42W bei 24V an 4 Ohm	2 x 20W bei 24V an 8 Ohm	2 x 20W bei 24V an 8 Ohm	2 x 20W bei 24V an 8 Ohm
Frequ.Bereich (-3dB)	25Hz...10kHz	16Hz...10kHz	30Hz...12kHz	30Hz...10kHz
Klirrfaktor (1W)	0,2%	0,6%	2,6%	2,6%
Latenz**	290ms	290ms	300ms	300ms
Bemerkungen	Gute Ausgangsfilter	Kühlkörper für IC mitgeliefert, nur minimale Ausgangsfilter	Ab 5W/Kanal Kühlkörper für IC nötig, nur minimale Ausgangsfilter	Ab 5W/Kanal Kühlkörper für IC nötig, nur minimale Ausgangsfilter
Abmessungen	96mm x 85mm x 20mm	60mm x 60mm x 20mm	50mm x 33,5mm x 15mm	53mm x 53mm x 25mm
Preis ca.	7€ bis 20€	6€ bis 15€	3€ bis 12€	6€ bis 20 €
* bei geringerer Ausgangsleistung    ** gemessen an Avantree Audikast				

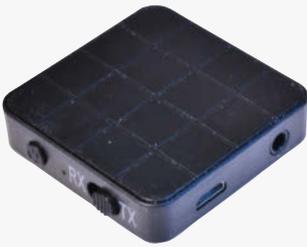
bliert, dessen Empfangsfeldstärke am größten ist – es muss sich also in unmittelbarer Nähe befinden, ansonsten kommt es zu ungewollten Kopplungen mit weiteren Geräten, die sich innerhalb der Reichweite befinden.

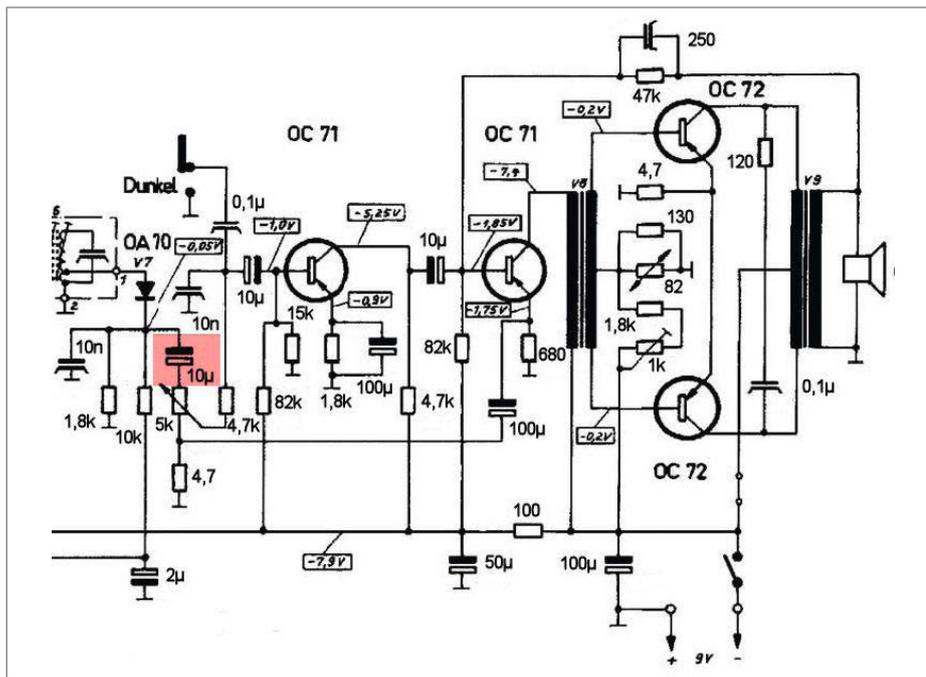
Sehr beliebt bei den Herstellern derartiger Module sind Chips von *ZhuHai Jieli Technology* (mit einem „JL“-Logo, das einem Pi ähnlich sieht). Über diese SoCs (System on a Chip) gibt es so gut wie keine Unterlagen, weil sie als typische OEM-Produkte meist nur kurz und für einen bestimmten Verwendungszweck produziert werden. Das Hacking-Potential ist somit eher mäßig.

Oft findet man diverse Zusatzfunktionen, etwa das Abspielen von MP3-Dateien auf SD-Karte, IR-Fernbedienungsfunktionen oder auch einen internen PWM-Modulator für eine kleine Class-D-Endstufe, die dann nur noch aus zwei Power-MOSFET-Brücken besteht. Den JL-Chips ist gemein, dass sie (wohl aus patentrechtlichen Gründen) nur SBC unterstützen



Irgendwo findet sich in einem Kofferradio bestimmt ein Plätzchen für das Bluetooth-Modul. Hier haben wir es mit doppelseitigem Schaumstoff-Klebeband einfach an den Ausgangsübertrager geheftet.

YMX-868BT	XY-BT-Mini	M38	KN321
			
Lautsprecher	Line Out	Lautsprecher	Line In/Out
JST-Steckverbinder	Klinkenbuchse, Löt pads	JST-Steckverbinder	Klinkenbuchse
SBC	SBC	SBC	SBC
5V/1,5A (ab 3,7V*)	5V/30mA	5V/1,5A, 3,7V*	5V/30mA
JST-Steckverbinder, Micro-USB	Micro-USB, Löt pads	Micro-USB, Löt pads	Micro-USB
Ein-/Ausschalter		Anschluss für Lilo-Akku	Akku, Gehäuse, Ein-/Austaster
2 x 2W bei 5V an 4 Ohm	750mV	2 x 2W bei 5V an 4 Ohm	500mV
100Hz...11kHz	18Hz...15kHz	80Hz...11kHz	18Hz...15kHz
0,5%	0,08%	1%	0,1%
330ms	320ms	320ms	165ms
		als USB-Soundkarte verwendbar (nur Ausgang)	umschaltbar als Transmitter
41mm x 34mm x 15mm	31mm x 31mm x 10mm	45mm x 20mm x 5mm	44mm x 44mm x 12mm
5€ bis 9€	1,50€ bis 5€	5€ bis 9€	8€ bis 12€



Schaltbild-Ausschnitt unseres Kofferradios: Der 10µ-Kondensator am Lautstärke-Poti wird entfernt, so dass hier ein NF-Signal eingespeist werden kann.

und den D/A-Wandler gleich integriert haben. Wunder an Latenz und Übertragungsqualität darf man also nicht erwarten. Bessere Geräte arbeiten mit getrennten Chips, vor allem für die für den Klirrfaktor und Störabstand kritischen A/D- und D/A-Wandlerfunktionen; die findet man allerdings erst in der 50-Euro-Klasse.

### Am Audio-Analysator

Messungen am Audio-Analysator, unserem altgedienten Rohde & Schwarz UPL, förderten abgesehen von der erheblichen Latenz der Prüflinge durchaus Überraschendes zutage: Der Frequenzgang war nur bei wenigen Modulen tadellos, ein Übertragungsbereich von 100Hz bis 11kHz reicht nur für „Brüllwürfel“. Erwartungsgemäß liegt der Klirrfaktor bei den Modulen mit Class-D-Endstufe bei niedriger

Ausgangsleistung (1W) zwischen 0,2 und 2,5 Prozent, bei höherer Leistung verringert er sich etwas (siehe Tabelle).

Der Störabstand hängt deutlich von der Spannungsversorgung ab: Bei stark verrauschten 5V aus dem USB-Anschluss eines PCs schlagen die Störungen mitunter auch auf das Audio-Signal durch. Man ist also gut beraten, zur Stromversorgung (auch der Sender!) ein separates, gutes Steckernetzteil zu verwenden. Zum Test der Empfänger verwendeten wir den oben erwähnten Avantree-Transmitter, der den vom Empfänger unterstützten Codec über LEDs anzeigt.

### Einbau-Tipps

Die Empfänger-Module ohne Lautsprecher-Endstufe sind so klein, dass man damit praktisch jedes Audio-Gerät aufrüsten kann. Die integrierte Antenne setzt allerdings Kunststoff- oder Holzgehäuse voraus, denn ein geschlossenes Metallgehäuse würde das Empfangssignal nicht durchlassen. Dann muss man das Modul so montieren, dass zumindest die Antenne eine „freie Sicht“ nach draußen bekommt. Dünne Kunststoffgehäuse stören den Empfang nicht; wir haben aber festgestellt, dass 5mm dickes Plexiglas (wohl wegen seiner dielektrischen „Dichte“ bei hohen Frequenzen) den Empfang schon merklich verschlechtern kann.

Die beschafften Platinen ohne eingebaute Endstufe werden durchweg mit 5V versorgt, entweder über eine USB-Buchse (meist ohne sonstige Funktion, siehe Tabelle) oder zwei Löt pads. Die Versorgungsspannung kann auch

einem batteriebetriebenen Gerät (z. B. Kofferradio) entnommen werden, solange die Batteriespannung 6V oder mehr beträgt. Dann genügt ein simpler Low-Drop-Spannungsregler (etwa der LM2931 AT), der daraus die benötigten 5V macht. Der Stromverbrauch der Module ist zwar mit 10 bis 25mA gering, macht sich aber bei batteriebetriebenen Geräten trotzdem durch eine verkürzte Betriebsdauer bemerkbar.

### Dampf- und Kofferradio

Alte Kofferradios aus den 1960er- und frühen 1970er-Jahren liefern bei überraschend geringem Stromverbrauch einen guten Klang. Besonders einfach wird die Bluetooth-Nachrüstung, wenn das Gerät einen Anschluss für Plattenspieler oder Tonbandgeräte besitzt: Ein solcher Eingang kann direkt vom Modul gespeist werden.

Zum Betrieb an der Gerätebatterie ist, wie oben erwähnt, ein kleiner Spannungsregler mit 5V Ausgangsspannung erforderlich, bei Batteriespannungen unter 9V sollte ein Low-Drop-Typ (LDO) wie der L4950 verwendet werden, ansonsten tut es jedes 7805-Derivat. Wegen der impulsförmigen Stromaufnahme ist ein Abblockkondensator 1000µF/10V direkt an den Betriebsspannungsanschlüssen des Empfangsmoduls ratsam (Polung beachten), sonst können Störungen auf die NF-Endstufe des Radios durchschlagen.

Der Spannungsregler samt versorgter Schaltung wird natürlich *hinter* dem Ein-/Aus-Schalter des Radios angeschlossen. Beachten Sie, dass sehr alte Kofferradios mit Germaniumtransistoren meist mit „Pluspol an Masse“ versorgt werden. Für den Betrieb unserer Schaltung ist das in erster Näherung nicht allzu relevant, führt aber oft zur Verwirrung bei der Bestimmung geeigneter Anschlusspunkte für die Betriebsspannung.

Bei Radios mit Pluspol an Masse ist auf jeden Fall ein dicker Elko mit 1000 bis 2200µF nötig, der zwischen dem Masseanschluss der Bluetooth-Platine (Minuspole) zur Masse des Radios (Pluspol) gelegt wird. Er minimiert Störungen, die durch die Stromaufnahme des Moduls verursacht werden, weil er für Frequenzen im Hörbereich praktisch einen Kurzschluss darstellt.

Die NF-Stereoausgänge des Bluetooth-Moduls werden bei Mono-Radios über zwei Widerstände 4,7kOhm zu einem Mono-Signal zusammengemischt und über einen 1µF-Koppelkondensator (Folie oder Keramik, kein Elko) dem NF-Eingang zugeführt.

Unser altes Nordmende Mambo (übrigens mit dem gleichen Baujahr wie der Autor) stand bislang nutzlos herum, weil es nur Mittel- und Langwellenbereiche aufweist – dort tut sich ja seit Jahren nichts mehr. Dank Bluetooth-Modul ist das Schmuckstück nun wieder verwendbar. Da der Radio-Empfangsteil nun



DIN-Buchsen („Diodenbuchsen“) an einem alten Röhrenradio: Am Tonabnehmer-Eingang kann – gegebenenfalls mit einem Adapter – das Signal des Bluetooth-Moduls zugeführt werden.

nicht mehr benötigt wird, kann man ihn komplett lahmlegen – ein Blick ins Schaltbild zeigt, wo man die Versorgung der HF-Stufen auf-trennen kann, was den Batterieverbrauch etwas verringert.

Weil beim Mambo kein separater NF-Eingang vorhanden ist, speist man das NF-Signal vom Bluetooth-Modul einfach am Lautstärkepoti ein. Der Koppelkondensator zum Demodulator wird entfernt (siehe Bild). Apropos: Schaltpläne für alle gängigen Radios findet man nach kurzer Suche im Internet, ohne einen lötet man sozusagen im Blindflug.

Bei Röhrenradios, wie sie bis Ende der 1960er-Jahre gebaut wurden, liegt zwar der Minuspol an Masse, aber es steht keine geeignete Spannung zur Verfügung – diese Geräte arbeiten mit einer Anodenspannung von 250 bis 300V, so dass man hier in jedem Fall ein separates Netzteil benötigt. Immerhin ist meistens (außer bei sehr kleinen Geräten) ein Eingang für Plattenspieler-Tonabnehmer vorhanden, der das Audio-Signal eines BT-Moduls entgegennehmen kann.

Ganz luxuriöse Geräte wie unser *Saba Freudenstadt* besitzen sogar eine Stereo-Endstufe für die Plattenspieler-Wiedergabe, man erspart sich dann natürlich das Zusammenmischen der Audio-Signale. Hier ist dann auch eine klassische 3- oder 5-polige DIN-Buchse („Diodenbuchse“) als Eingang vorhanden. Der mittlere Pin 2 ist immer Masse, das Stereo-Signal wird bei einer 5-poligen Buchse auf den Pins 3 (außen, rechter Kanal) und 5 (linker Kanal) zugeführt, bei einer 3-poligen „Plattenspieler“-Buchse (siehe Bild) auf den äußeren Pins 1 (links) und 3 (rechts).

Adapterkabel für 3-polige DIN-Buchsen sind rar, gegebenenfalls muss man hier zum Löt-kolben greifen. Bei Mono-Radios kann man dann auch gleich die zwei Widerstände zum Zusammenmischen des Signals im Stecker unterbringen. Die etwas verwirrend durchnummerierten Pins sind zum Glück stecker- und buchsen-seitig beschriftet. Nebenbei gesagt: Diodenbuchse heißt sie übrigens deshalb, weil am Tonbandgeräte-Anschluss auf Pin 1 das NF-Signal des Dioden-Demodulators für die Aufnahme liegt.

## HiFi-Verstärker

Ein externer Empfänger im Gehäuse ist die einfachste Möglichkeit, einen Verstärker oder Receiver mit Bluetooth nachzurüsten; derartige Kästchen erhält man für weniger als 10 Euro, muss dann aber ein USB-Steckernetzteil zur Stromversorgung beisteuern. Der Empfänger KN321 aus dem Amazon-China-Sortiment besitzt sogar einen eingebauten Akku, der das Gerät einige Stunden mit Strom versorgt. Wie die anderen Billig-Empfänger auch unterstützt er lediglich den SBC-Codec, was bei TV-Betrieb unangenehme Latenzen verursacht.

Sollten Sie eine Möglichkeit sehen, die Empfangsplatine so im Gerät unterzubringen, dass die Antenne freie Sicht nach draußen hat, spricht natürlich nichts gegen einen festen Einbau. Der Audio-Ausgang der Platine wird dann einfach mit den Buchsen eines unbenutzten Audio-Eingangs verbunden. Den fertig aufgebauten Modulen im Gehäuse liegt üblicherweise ein Adapterkabel mit Cinch-Steckern bei (rot = rechter Kanal).

Gegebenenfalls muss man hier aber ein separates 5V-Netzteil für den Empfänger einbauen: Bei älteren Geräten gibt es oft keine geeignete Spannung zum „Abgreifen“, weil die Vorstufen über die Endstufe mitversorgt werden – und deren Versorgungsspannung (bei großen Endstufen 35 bis 50V) ist für den Eingang üblicher Linearregler zu hoch. Im Zweifel hilft ein Blick in den Schaltplan des Verstärkers (so vorhanden), sicherer ist aber in jedem Fall ein separates (Schalt-)Netzteil-Modul mit 230V-Eingang.

## Lautsprecherbox

Bluetooth-Module mit eingebauter Class-D-Endstufe eignen sich bestens zum Aufrüsten passiver Lautsprecherboxen. Neben dem Empfänger/Verstärker-Modul benötigt man nur noch eine passende Stromversorgung, etwa ein ausgedientes Schaltnetzteil. Da die leistungsfähigeren Module mit einer Endstufe in H-Brückenschaltung arbeiten, kommt man mit einer einzigen Betriebsspannung aus.

Die Brückenschaltung bedingt allerdings, dass die Lautsprecherausgänge keinen Massebezug haben, sie liegen im Ruhezustand auf etwa halber Betriebsspannung (bezogen auf Masse): Am Minus-Anschluss des Lautsprechers liegt bei Aussteuerung ein zum Plus-Anschluss gegenphasiges Signal an.

Die Stromversorgung bestimmt unmittelbar die Ausgangsleistung; je höher die Spannung des Netzteils, desto mehr Ausgangsleistung kann die Endstufe liefern. Die angegebene Versorgungsspannung darf allerdings niemals überschritten werden. Dies ist insbesondere bei unregelmäßigen Netzteilen (konventioneller Trafo mit Gleichrichter und Glättungskondensator) kritisch: Im unbelasteten Zustand liegt die Versorgungsspannung um einige Volt höher als bei Nennlast.

## Schaltnetzteil

Moderne PA-Endstufen aus dem Profi-Bereich sind heute fast durchweg mit Schaltnetzteilen ausgerüstet – das kommt dem Rücken der Roadies entgegen, da sich damit etliche Kilogramm Gewicht einsparen lassen, die vor allem auf das Konto des Netztrafos gehen. Wenn Sie nicht gerade noch einen geeigneten Netztrafo herumliegen haben, empfehlen wir auf jeden Fall ein Schaltnetzteil-Modul; Sie



Mit einem Schaltnetzteil erreicht man einen sehr kompakten Aufbau, der sogar in Regalboxen passt. Bedenken Sie, dass ein zweiter Lautsprecher aus genannten Gründen über Kabel an den Verstärker der ersten Box angeschlossen werden muss.

ersparen sich damit auch potenziell gefährliche 230V-Verdrahtungsarbeiten.

Die Leistung des Schaltnetzteils sollte nicht zu knapp bemessen sein: Bei Überlast reagieren Schaltnetzteile nicht mit einem Einbruch der Spannung, sondern oft mit einem kompletten Abschalten und anschließendem Neustart-Versuch. Dann bleibt die Musik einige Sekunden stumm, und möglicherweise wird sogar die Bluetooth-Verbindung unterbrochen – was natürlich viel störender ist als eine kurzzeitige Verzerrung durch eine leicht einbrechende Versorgungsspannung. Soll die Endstufe 2 × 50W an 4 Ohm liefern, ist ein Netzteil mit 125W oder besser 150W und 24V Ausgangsspannung angebracht.

Die optimale Ausgangsleistung erreicht man natürlich nur, wenn das Verstärkermodul nahe seiner maximalen Betriebsspannung betrieben wird; im Falle des erwähnten XH-A105 wären das 30V. Bessere Schaltnetzteile, etwa die von *Meanwell*, besitzen oft ein kleines Trimpotentiometer zur Einstellung der Ausgangsspannung, so dass man selbst ein 24V-Netzteil auf 26 oder gar 28V „heraufzbiebeln“ kann. Eine höhere Betriebsspannung ist insbesondere dann von Vorteil, wenn Lautsprecher mit 8 Ohm Impedanz betrieben werden sollen.

Die rechnerische Leistung der Brücken-Endstufen beträgt dann  $(U_b/\sqrt{2})^2/R$  mit  $U_b$  = Betriebsspannung und  $R$  = Lautsprecher-Impedanz (4 oder 8 Ohm). Die Strombegrenzung der Endstufe und möglicherweise auch eine Temperaturbegrenzung können der Ausgangsleistung allerdings ein früheres Ende setzen. In der Formel ist zur Vereinfachung der Spannungsabfall an den Endstufen-Transistoren nicht berücksichtigt; für eine „stimmigere“ Rechnung (vor allem bei geringeren Betriebsspannungen) darf man von  $U_b$  durchaus 1 bis 2V abziehen. —cm

# Photovoltaik auf dem Balkon

Wir zeigen wie aus alten Solarmodulen nach 20 Jahren Nutzung  
neue Balkonsolargeräte werden.

von Sebastian Müller



**D**ieser Artikel entstand aus drei Workshops, die ich und Rolf Behringer vom Verein *Solare Zukunft e. V.* organisiert vom *FESA e. V.* in Freiburg, im Herbst 2021 durchgeführt haben. Wir wollten sehen, ob es möglich ist, aus alten Solarmodulen, die bereits 20 Jahre auf dem Dach einer Schule lagen, neue Balkonsolargeräte zu bauen. Dabei wollten wir nicht nur wissen: Geht das? Sondern: Wie geht das technisch? Aber auch und viel wichtiger: Interessiert das die Leute? Funktioniert so ein Workshop, oder wird es frustrierend? Kann man das einfach so machen oder ist es zu gefährlich?

Nach drei Workshops können wir darauf einige Antworten geben und wollen hier unser Wissen teilen, damit viele alte Solarmodule noch ein langes zweites Leben haben und CO<sub>2</sub>-freien Strom erzeugen.

## Die Entwicklung von Balkonsolar

Die Vorstellung aus dem Licht der Sonne Strom zu erzeugen ist faszinierend. Was wir als modern und neu erleben, ist dabei schon recht alt: Die erste Solarzelle aus Silizium wurde in den *Bell Laboratories* 1953 gefertigt. Den Wirkungsgrad gab man mit etwa 5% an (Links und Quellen in der Kurzinfor). Seitdem gab es viel Fortschritt und so erzielen aktuelle Module Wirkungsgrade von über 20%.

1979 installierte Markus Real, ein schweizer Ingenieur des *Eidgenössischen Instituts für Reaktorforschung*, auf einen Schuppen im Kanton Argau einige Solarpaneele – damals eher aus der Weltraumforschung bekannt – und verband sie über einen selbstgebauten Wechselrichter mit dem Stromnetz. Den Wechselrichter hatte Real selbst entwickelt, die Solarpaneele aus den USA importiert. Er hatte dem Elektrizitätswerk nicht mitgeteilt, dass er Strom in sein Heimnetz einspeist und vermutlich bei möglicher Überproduktion auch in das allgemeine Stromnetz abgab. Er war sozusagen der erste Solar-Guerilla und auch heute betreiben viele Menschen ihre

## Kurzinfor

- » Alte Solarmodule upcyclen
- » Testen, verkabeln und betreiben
- » Rechtliche Bedingungen

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
8 Stunden



**Kosten:**  
200 Euro



**Hochspannung:**  
Arbeiten am 230V Netz! Fragen Sie ihren Elektriker

### Werkzeug

- » **Reinigungsmaterial** Wasser, Spülmittel, Schwämme
- » **Multimeter** Messbereich >200V DC, 10A Strom
- » **Elektrowerkzeug** Schraubendreher, Seitenschneider, Abisolierer
- » **Crimpzange** für MC4-System
- » **Bohrmaschine** je nach Befestigungsart

### Material

- » **Gebrauchte Solarmodule** etwa 300Wp
- » **Wechselrichter** z.B. Hoymiles HM-300
- » **Solarkabel** 4mm<sup>2</sup>
- » **MC4-Stecksysteme** oder Federkraftklemmen
- » **MC4-Y-Adapter zur Parallelschaltung** bei mehreren Modulen
- » **Solarhook** oder äquivalente Befestigung

### Mehr zum Thema

- » Uwe Rohne, Photovoltaik an der E-Auto-Wallbox, *Make* 5/21, S. 20
- » Paul Srna, Elektrorenner mit Solarantrieb, *Make* 6/19, S. 62
- » Alexander Moser, Reif für die Solar-Insel? *Make* 1/17, S. 24

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

Solaranlage, ohne den Netzbetreiber zu informieren. Die Idee, Solarstrom vom Balkon über die Steckdose mit einem Netzentlastungsgerät (heute Wechselrichter) einzuspeisen, lässt sich bis ins Jahr 1988 zurückverfolgen.

Die erste Anlage, die dann auch mit dem Wissen des E-Werks gebaut wurde, folgte 1982 im Tessin und hatte zehn Kilowatt Peak (10kWp) Spitzenleistung. Die Anlage wurde nach 35 Jahren Betriebszeit abgebaut und

untersucht. Ein großer Teil der Solarzellen hatte sich gut gehalten. 58% der 288 Solarmodule hatten nach 35 Betriebsjahren noch eine Leistung von 80% oder mehr. Auch in unseren Workshops hatten wir beim Durchmessen der Module nur wenige Ausfälle, solange das Modul unbeschädigt war oder sich nicht verfärbt hatte.

Üblicherweise geben Hersteller von Solarmodulen heute eine Garantie von mindestens

## Danksagung

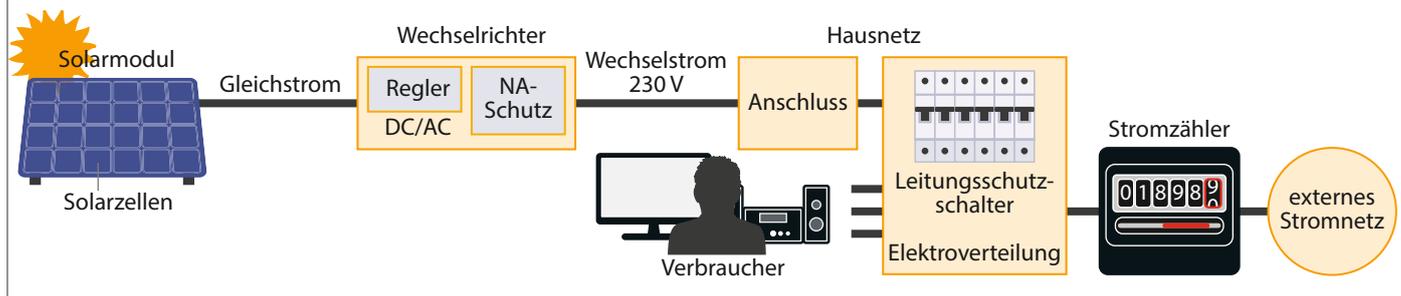
- » FESA e. V. für die Organisation der Bastelworkshops
- » Norbert Pfanner, Messtechnik
- » Rolf Behringer vom Verein *Solare Zukunft e. V.* für die Organisationsarbeit beim Basteln
- » Michael Werner für viele Fotos
- » Den Mitgliedern Arbeitsgemeinschaft *PVplug* der *Deutschen Gesellschaft für Solarenergie*, die sich immer wieder gegen große Netzbetreiber und Stromversorger durchsetzen mussten.



Balkonsolar in Betrieb

## Blockschaltbild PV-Anlage

Die eigentlichen Solarzellen sitzen im PV-Modul. Der Wechselrichter verwandelt Gleichstrom in netzkompatiblen Wechselstrom, überwacht aber auch viele Betriebsparameter.



80% Leistung nach 20 Jahren. Man sieht also, alte Solarpaneele haben durchaus das Potenzial, noch weiter genutzt zu werden und Strom zu produzieren. Man muss sie nicht aussortieren, dann teuer entsorgen und recyceln, wenn man upcyclen kann.

## Die EEG-Förderung endet – und nun?

Ab dem Jahr 2000 gab es durch das *Erneuerbare-Energien-Gesetz* (EEG) den ersten Solarboom in Deutschland. Wer sich noch im Jahr

2001 eine Solaranlage aufs Dach bauen ließ, bekam mindestens 50,6 Cent pro Kilowattstunde Einspeisevergütung für die nächsten 20 Jahre garantiert. Diese garantierte Einspeisevergütung sank dann für Neuanlagen jedes Jahr um 5%. Nach Ablauf der Förderung bekommt man heute vom Stromnetzbetreiber weniger als 5 Cent/kWh für den von der Altanlage eingespeisten Strom.

Nimmt man heute im Jahr 2021 eine Solaranlage mit weniger als 10kW Spitzenleistung in Betrieb, erhält man für den Strom noch 8,16 Cent pro Kilowattstunde. Ob sich derzeit etwa eine Dachanlage rechnet oder nicht, hängt im Wesentlichen von der Größe der Anlage, vom erwarteten Kapitalzinssatz und der akzeptierten *Kapitalrentabilität* (ROI, *Return of Invest*) ab. Kapitalrenditen von 3,5 % lassen sich z. B. für Anlagen mit 10kWp durchaus immer noch erzielen. Besonders lohnend ist eine Anlage dann, wenn man viel solar erzeugten Strom selbst nutzt oder ihn an Mieter weiter verkauft. Hier gilt es gut durchzurechnen und auch mit dem Elektriker zu sprechen, was man selbst an Arbeiten ausführen kann. Natürlich sei die Frage erlaubt, ob die Solaranlage immer finanziell gewinnbringend sein muss, denn die Umwelt profitiert auf jeden Fall, die Stromrechnung sinkt dauerhaft und die Lebensqualität steigt.

Diese Vergütung, die sogenannte *EEG-Umlage*, wurde auf den Strompreis umgeschlagen. Allerdings nur auf den Strompreis der privaten Haushalte und kleinen Betriebe. Für tausende Unternehmen oder auch Verkehrsbetriebe gab es Ausnahmen. Die sehr teuren Solaranlagen aus den Jahren 2001 und 2002 fallen derzeit aus der Vergütung und deshalb sinkt die Umlage nächstes Jahr deutlich. Leider steigen derzeit aber die Preise für Erdgas und Kohle, wodurch der Strom eher nicht billiger werden wird. Durch die Einspeisevergütung gab es erstmals eine große Nachfrage nach Solarmodulen, während die Kosten für Solaranlagen durch Massenproduktion und ständige Innovation sanken. Heutzutage sind viele große Solaranlagen so effektiv, dass sie auch ohne Umlage rentabel sind.

## Stromverbrauch im Haushalt?

Problemlos lassen sich kleine Solargeräte mit bis zu 600Wp potenzieller Leistung anschließen. Aber für was reicht die Energie in der Praxis aus, die ein solches Gerät in etwa liefern kann?

Unser Haushalt hat in der Regel einen gewissen Dauerverbrauch: Router, Kühlschrank, Gefriertruhe, aber eben auch *Standby*-Geräte. Während wir Router und Kühlschränke schlecht abschalten können, empfiehlt es sich bei Geräten mit *Standby*-Funktion (oder eigentlich bei allen Elektrogeräten) zu prüfen, ob sie vielleicht auch im „ausgeschalteten“ Zustand Strom verbrauchen. Man nennt diesen Zustand dann *Schein-Aus*. Im Gegensatz zum *Standby*, bei dem noch Energie für echte Funktionen genutzt wird, ist dieses *Schein-Aus* eine besondere Verschwendung ohne direkten Nutzen.

Generell lohnt es sich, im Haushalt einen Energiecheck zu machen und die Leistungsaufnahme der elektrischen Geräte zu messen. Geeignete Messgeräte gibt es für wenig Geld im Elektrofachgeschäft oder im Baumarkt, teilweise auch bei der Energieberatung zum Ausleihen. Es wird sich so der eine oder andere Stromfresser finden, den man gar nicht auf dem Schirm hatte. So können wir nebenbei unnötigen Energieverbrauch stoppen und Geld sparen.



Michael Werner

**Energiekostenmessgerät; viele Geräte können auch eingespeiste Energie messen.**

Vom alten Radiowecker bis hin zu den gerne von Makern verbauten LED-Streifen: Nicht alles, was LEDs nutzt, ist automatisch sparsam. Gerade die populären RGB-LED Streifen sind wenig effizient, sie bringen zwischen 40 und 50 Lumen pro Watt. Weiße LED-Lampen liegen bei mehr als 100 Lumen pro Watt.

Auch die zahlreichen kleinen Gadgets im Haushalt, von der *Alexa* über die CO<sub>2</sub>-Ampel bis hin zum Springbrunnen im Garten sind es, die aufsummiert über 24 Stunden an sieben Tagen dann doch einen gewissen Stromverbrauch haben. Daher empfiehlt es sich, vor dem Basteln unseres Balkonsolargerätes erstmal den Verbrauch im Haushalt zu senken. Das geht häufig ohne Komfortverlust und auch ohne große Verhaltensänderung.



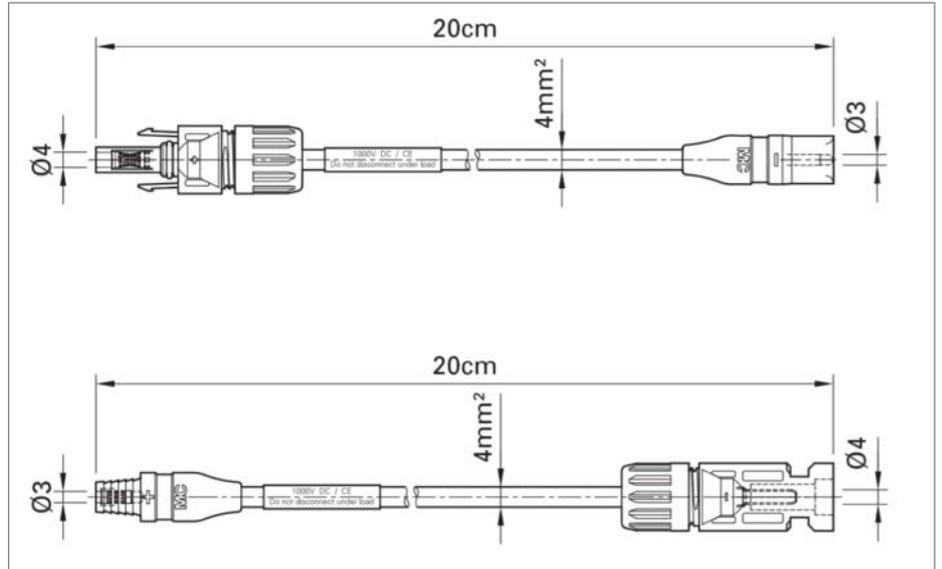
Mikrowechselrichter Hoymiles HM-300

Daher stellt sich bei vielen der Altanlagen die Frage nach dem wirtschaftlich sinnvollen Weiterbetrieb. Unter Umständen müssen die Wechselrichter erneuert werden und die Netzbetreiber zahlen nur noch wenig für den eingespeisten Strom. Die Anlage lohnt sich also nur, wenn man sie rentabel auf Eigenverbrauch umrüsten kann. Bei einer solchen Umstellung ist es dann häufig auch sinnvoll, gleich ein *Repowering* durchzuführen, d. h. die alten Solarmodule durch neue effektivere Solarmodule zu ersetzen und den Ertrag somit zu erhöhen. Damals baute man häufig Anlagen, die etwa zwei Kilowatt Peak (kWp) Spitzenleistung hatten, heute sind selbst auf Dächern von Einfamilienhäusern größere Anlagen (4-10kWp) üblich.

Aus diesen Gründen – und weil nach 20 Jahren auch mal ein Dach saniert werden muss – können wir damit rechnen, dass immer wieder alte Solarmodule verfügbar sind, denen wir als Balkonmodul ein zweites Leben ermöglichen können. Die weiteren, inzwischen gegebenen, technischen und rechtlichen Voraussetzungen werden im nächsten Abschnitt behandelt.

### Voraussetzungen für kleine Anlagen

Bereits in der c't 19/2013 testeten Louis-F. Stahl und Christof Windeck ein entsprechendes Gerät. Sie waren seinerzeit aber nur mäßig begeistert. Grundsätzlich ist das technische



Adapter von MC3- zum aktuellen MC4-System

Prinzip gleich geblieben, aber viele Probleme von damals wurden gelöst:

- Solarpaneele sind deutlich billiger und besser geworden. Aktuell hat ein Standardpanel (ca. 1,65m x 1,0m) eine Spitzenleistung von 300 bis 420 Watt.
- Für den Anschluss von Balkonsolargeräten gibt es seit 2017 die technische Norm VDE V 0100-551 (Links und Quellen in der Kurzinfor). Diese erlaubt Laien, also nicht nur Elektrikern, stromerzeugende Geräte in jedem Stromkreis normgerecht anzuschließen. In der Norm steht, dass Mikro-PV Geräte mit einer speziellen *Energiesteckvorrichtung* an das Hausnetz angeschlossen werden müssten.
- Derzeit ist eine weitere Norm im Entwicklungsverfahren, die weitere Vereinfachungen bringen soll.
- Die ebenfalls seit 2018 gültige VDE-AR-N 4105 verpflichtet Netzbetreiber, auch die Anmeldung von Steckdosen-Solargeräten mit bis zu 600 Watt durch Laien zu akzeptieren. Viele Netzbetreiber bieten auf ihrer Website ent-

sprechende Formulare an oder akzeptieren sogar eine formlose Anmeldung.

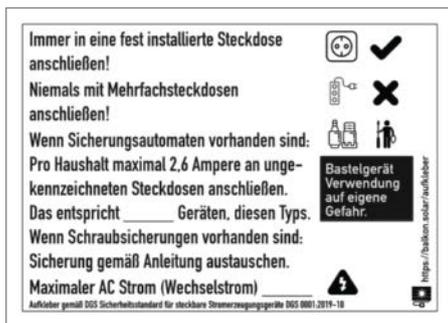
- Die *Deutsche Gesellschaft für Solarenergie* (DGS) definiert einen eigenen Sicherheitsstandard für den Betrieb und Aufbau der Anlagen.
- Inzwischen haben etliche Elektriker das Thema auch auf dem Schirm und kennen die Normen.
- In einigen Städten und Gemeinden gibt es Förderung für die Aufstellung von Balkonmodulen.
- Das Amtsgericht Stuttgart hat in einem wegweisenden Urteil festgestellt, dass der Vermieter ein Balkonkraftwerk genehmigen muss, wenn es fachgerecht installiert wurde, optisch nicht störend und leicht rückbaubar ist. Natürlich dürfen von den Geräten keine Brand- oder andere Gefahren ausgehen und sie müssen sturmsicher angebracht sein. Es ist also für den Vermieter schwer, Gründe vorzubringen, die ein Verbot rechtfertigen (Amtsgericht Stuttgart AZ 37 C 2283/20).



Wielandstecker mit Berührungsschutz



Die Montage eines Schukosteckers ist nicht schwer.



Dieser Merkzettel sollte für den Maker und fremde Personen am Stecker der Solaranlage angebracht werden.

Mit diesen Normen und den Sicherheitsstandards für Stecker-Solargeräte wird es vor allem für Mieter und Wohnungseigentümer deutlich einfacher, gegenüber Vermieter und Eigentümergemeinschaft zu argumentieren. Man betreibt hier eben nicht ein gefährliches Kraftwerk auf dem Balkon, sondern ein sicheres Gerät, vergleichbar mit anderen Haushaltsgeräten, welches auch noch einen eigenen kleinen Beitrag zur Energiewende leistet.

Balkonsolargeräte sind daher inzwischen breit auf dem Markt verfügbar. Wer sich ein neues Gerät kaufen will, der findet Empfehlungen und Marktübersichten in den Kurzlinks.

Auch das Thema Befestigung ist inzwischen gelöst. Auf dem Markt gibt es zahlreiche Anbieter, die Befestigungssysteme für nahezu alle Arten Balkongeländer oder das Dach anbieten.

Klar ist: Das Balkonsolargerät hilft uns, die Grundlast der Wohnung zu decken und vielleicht noch den Betrieb von Laptop oder kleineren Elektrogeräten. Aber alles, was Wärme erzeugt – Wasserkocher, Herd oder auch die Waschmaschine – hat in der Heizphase immer einen Verbrauch, den wir auch im Sommer nicht abdecken können.

Hausbesitzern sei daher geraten, gleich in eine größere Anlage zu investieren und diese

mit dem gesparten Geld für den Stromankauf zu refinanzieren. Weitere Informationsquellen finden Sie in den Kurzlinks.

## Benötigtes Material

Der Wechselrichter ist dazu da, aus dem Gleichstrom, der meist mit etwa 40–60V aus dem Solarmodul kommt, Niederspannungsstrom mit 230V und 50Hz zu machen, den er dann ins Netz im Haushalt einspeist. Wechselrichter gibt es in vielen verschiedenen Größen, in der Regel, um die Leistung mehrerer Solarpaneele gleichzeitig umzuwandeln.

*Mikrowechselrichter*, wie wir sie verwenden, können üblicherweise die Leistung von ein bis zwei Modulen umrichten. Sie haben noch einen zweiten Clou, der sie sicher macht: Die Geräte detektieren, ob sie an ein Stromnetz angeschlossen sind. Wenn nicht, dann schalten sie die Stromabgabe sofort ab, sodass selbst beim Ziehen des Steckers keine Gefahr eines Stromschlags besteht.

Wir haben uns für den Mikrowechselrichter *Hoymiles HM-300* entschieden. Alternativ kann man auch einen *Envertech EVT300* verwenden. Mit beiden Geräten habe ich in der Vergangenheit gute Erfahrungen gemacht. Beide sind dafür ausgelegt, ein gegenwärtiges Standard-solarmodul (380Wp) zu versorgen. Es können auch mehrere Geräte verbunden werden, wenn man seine Anlage erweitert.

An gebrauchte Solarmodule zu kommen, ist etwas Glückssache und das Angebot ist lokal sehr verschieden. Gehandelt werden sie auf spezialisierten Websites (Links in Kurzinfo) in größeren Stückzahlen, aber auch bei *eBay* und *eBay-Kleinanzeigen* wird man unter Umständen fündig. Die örtliche Solargesellschaft, Energieagenturen, Solarteure (Fachkräfte für Solartechnik), Elektriker, Solarvereine oder andere können eventuell mit ihren Kontakten helfen. Besonders wenn die Module nichts kosten sollen, muss man oft viele E-Mails schreiben und telefonieren.

Man kann die Verkabelung komplett selbst herstellen. Häufig haben die alten Solarmodule jedoch MC3-Stecker, die neuen Wechselrichter aber MC4-Anschlüsse.

Der furchtlose Maker kann nun die Enden abzwicken und die Module parallel mit Lüsterklemmen oder besser mit Federkraftklemmen (*WAGO-Klemmen*) verbinden. Man braucht recht große Klemmen, da die Solarkabel in der Regel 4mm<sup>2</sup> dick sind. Allerdings sollte man dann die Klemmen in einer Aufputzdose anbringen und diese wasserdicht verschließen oder sogar mit Harz vergießen. Von dort führt man dann ein Kabel mit MC4-Stecker zum Wechselrichter.

Während der Workshops bemerkten wir allerdings, dass dies zeitaufwändig ist und waren besorgt, dass diese Lösung eventuell nicht dauerhaft ist. Wir sind deshalb auf fertige Adapter oder Adapterkabel umgestiegen. Diese bekommt man bei *Amazon*, *eBay* oder auch bei entsprechenden Solarversendern (siehe Link in Kurzinfo).

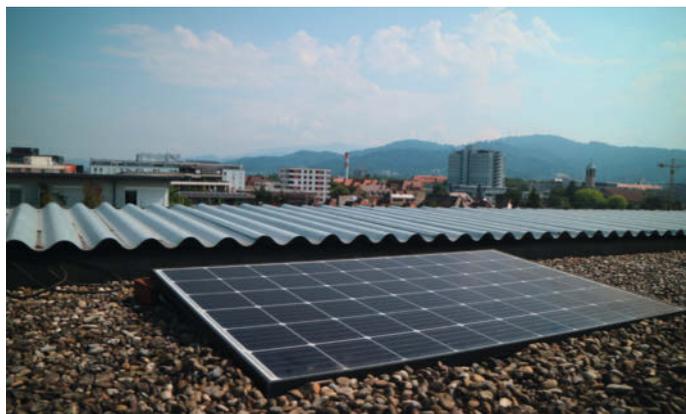
Je nach Art der Montage am Balkon oder anderswo muss man das Kabel vom Solarmodul zum Wechselrichter unter Umständen verlängern. Auch hier gibt es zwei Varianten: Entweder man kauft sich das fertige MC4-Verlängerungskabel oder man macht es selber aus MC4-Verbindern und Solarkabel.

Jetzt muss der Strom noch vom Wechselrichter zur Steckdose kommen. Auch dafür gibt es zwei Varianten. Wir können den Strom über eine normale Außensteckdose mit einem *Schuko*stecker einspeisen, bewegen uns hier aber in einer normativen Grauzone oder eben mit einem speziellen *Wieland*-Stecker und einer *Wieland*-Einspeisesteckdose wie es die VDE fordert. Sollten Sie den Guerilla-Weg gehen oder eine Insellösung benötigen, dann reicht der Schuko-stecker. Soll die Anlage angemeldet werden, dann verlangen viele Netzbetreiber einen Nachweis über eine *Wieland*-Dose. Für welche Variante man sich entscheidet, sollte schon bei der Bestellung

Michael Werner



Solar-Parklett mit auf dem Dach befestigter Solaranlage



Solaranlage auf dem Flachdach

Michael Werner

des Wechselrichters klar sein, damit man die richtige Anschlussvariante bestellt. Zur Not gibt es aber auch Adapterkabel von Wieland auf Schuko-stecker.

Teilweise liefern die Händler auch Anschlusskabel ohne Stecker und wir müssen diesen selbst montieren. Wichtig ist dabei, dass wir die Erdung (PE) richtig anschließen. Die Erdung ist die grün-gelbe Leitung, in der Regel ist die PE-Klemme in der Mitte im Stecker und das PE-Kabel ist auch länger. Die beiden stromführenden Pole werden jeweils mit dem blauen (Neutral) und braunen Kabel (Phase) angeschlossen. Auf welche Seite das blaue oder braune Kabel geht, ist bei Schuko-steckern egal. Achtung: Man sollte wissen, was man tut oder einen Fachmann um Rat fragen und sich eine Wieland-Dose installieren lassen.

Bei der Montage kann der Maker kreativ werden. Bei mir daheim habe ich das Balkon-solargerät einfach auf mein Flachdach gelegt. Mit einem befreundeten Schreiner haben wir ein Solar-Parklet gebaut, eine kleine Sitz-möglichkeit auf einem ungenutzten Parkplatz.

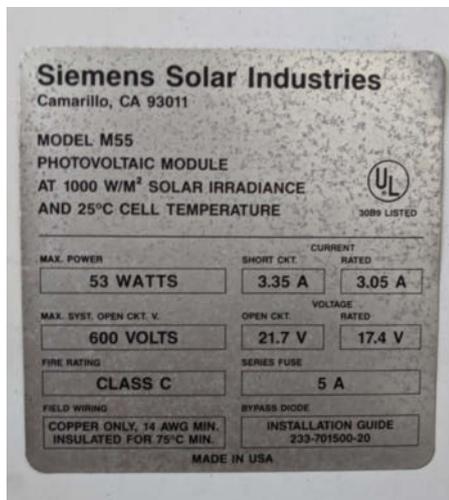
Die meisten werden ihr kleines Solarkraftwerk allerdings an ihren Balkon hängen. Dafür gibt es eine ganze Reihe von Konstruktionen, die ein Maker mit Metallwerkstatt nachbauen kann. Uns gefällt als kaufbares Produkt der Solarhook von ETM Solarservice. Das Anbringen der Anlage ist damit recht einfach. Man schiebt den Haken so in den Alurahmen der Standard-Module, dass die Haken in den Rahmen eingesteckt sind. Dann können wir mit den mitgelieferten kurzen Schrauben den Solarhook am Modul fixieren. Hängt das Modul nun über dem Geländer, können wir mit einer weiteren langen Schraube – auch die wird mitgeliefert – das ganze fixieren. So kann es nicht herausfallen. Wenn das Modul senkrecht am Balkon hängt, dann erfährt es auch nur geringe Windlasten. Es sind die üblichen Maßnahmen zur Sicherung einzuhalten, wie



Mit Solarhook befestigtes Modul



Optische Kontrolle und Säubern der Module



Typenschild eines älteren kleineren Moduls

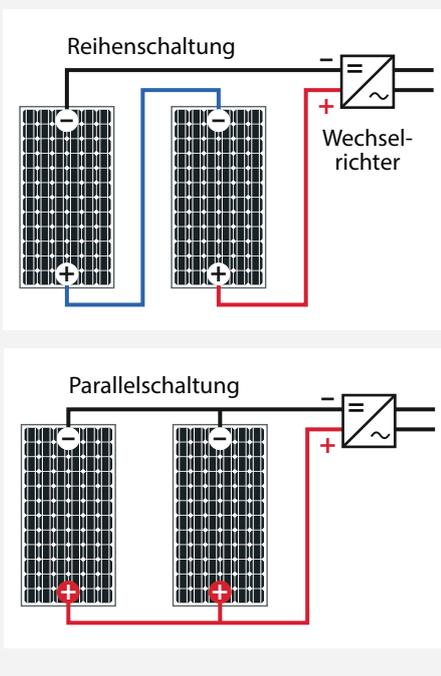


Messung der Leerlaufspannung mit Multimeter an Standardmodul

# Verschaltung von Modulen

Die Reihenschaltung ist einfach und kostengünstig. Die identischen Module werden Plus zu Minus hintereinander geschaltet. Hierbei addieren sich die Einzelspannungen zu einer Gesamtspannung und Leistung, die die maximal zulässigen Werte des Wechselrichters nicht überschreiten darf. Eine Anlage mit dieser Schaltung reagiert stark auf die Verschattung eines Moduls.

Die Parallelschaltung erfordert längere Solarkabel oder Y-Kabel, die zu einem Sternpunkt bzw. zum Wechselrichter gehen. Die Einzelleistungen der Module addieren sich hier zur Gesamtleistung, entsprechend ist der Wechselrichter auszuwählen. Teilbeschattung oder unterschiedliche Ausrichtung der Module sind kein Problem, auch können unterschiedliche Module kombiniert werden, wenn sie die gleiche Nennspannung haben.



in Abschnitt *Voraussetzungen für kleine Anlagen* erläutert.

Es gibt auch Konstruktionen, die das Modul nach oben, in Richtung Sonne geneigt, an den Balkon hängen. Hier muss man abwägen oder durch Messungen klären, ob die Mehrkosten dieser Montage durch den Mehrertrag ausgeglichen werden.

## Auf geht's

Zunächst mal sortieren wir die Solarmodule aus, die man nicht mehr verwenden sollte. Das sind die, die beschädigt sind, etwa einen Sprung im Glas haben, in die Wasser eingedrungen ist oder solche, die stark vergilbt sind.

Grob vorsortieren kann man verschiedene Module schon mal nach ihrem Typenschild auf der Rückseite, falls vorhanden und noch lesbar. Dort kann man die maximale Leistung bzw. Spannung ablesen. Insbesondere wenn diese Informationen nicht mehr lesbar sind, sollte man die Module den im Folgenden beschriebenen Tests unterziehen. Mit den Daten vom Typenschild oder den Messergebnissen kann dann auch bestimmt werden, wie man den Wechselrichter optimal durch Zusammenschalten passender Module auslastet.

Legen Sie das Modul in die Sonne. Auch an einem bewölkten Tag kann man einige Messungen vornehmen, allerdings sind die Aussagen bezüglich Leistung dann nicht wirklich aussagekräftig. Wir verbinden die Kabel des Moduls mit einem Multimeter. Dieses sollte so eingestellt sein, dass es mindestens 200 Volt

Gleichstrom (DC) messen kann. Die entscheidende Frage: Liefert das Modul eine Spannung (in Datenblättern und Typenschildern als Open-Circuit Voltage, OPEN CKT oder  $V_{oc}$  bezeichnet), die sinnvoll erscheint und dem Typenschild entspricht? Auch bei leicht bedecktem Himmel sollte die Leerlaufspannung etwa der Angabe auf dem Modul entsprechen.

Weiterhin sollten wir den Kurzschlussstrom (auch als short-circuit current, SHORT CKT,  $I_{sc}$  bezeichnet) messen. Dazu stellen wir das Multimeter auf den größten Gleichstrom-Amperebereich und stecken die Plus-Messleitung in die dazugehörige Buchse des Multimeters. Der Kurzschlussstrom sollte dann bei voller Sonneneinstrahlung etwa gleich dem angegebenen Modul-Nennstrom sein.

Zur Sicherheit messen wir noch den Rahmenwiderstand. Dazu das Multimeter auf Widerstandsmessung stellen und per Messspitzen den Minus-Pol des Solarmoduls und den Rahmen verbinden: Hier sollte ein sehr hoher Wert im Megaohm-Bereich oder ein unendlicher Widerstand (oft als 0L) angezeigt werden.

Wenn das Modul diese Vorgaben nicht erfüllt, sollte es ausgemustert und entsorgt werden. Hat man mehrere gleiche Module, können über diese Messungen auch die besten oder zueinander passenden Exemplare selektiert werden.

Nun müssen wir das oder die Module noch mit dem Wechselrichter verbinden. Wenn die Module recht neu sind, haben sie sogenannte MC4-Stecker, für die es fertig konfektionierte Kabel gibt. Bei älteren Modulen müssen wir

diese vom MC3-System oder den blanken Kabeln auf MC4-Stecker umbauen (siehe Kasten *MC-4 Stecker Montage*) bzw. Adapter verwenden. Man sollte eine Crimpzange für MC4-Stecker leihen oder kaufen. Diese kann man auch später bei Elektroarbeiten gut verwenden.

Sind die Module mit Steckverbindern versehen, so verbinden wir, je nach Leistung der Einzelmodule, zwei bis vier Module per Kabel mit dem Wechselrichter. Je nach gewählter Verschaltung sind dabei, wie im Kasten *Verschaltung von Modulen* beschrieben, die Leistungsdaten des Wechselrichters beachten.

Wechselrichter haben ihren höchsten Wirkungsgrad, wenn sie nahe an ihrer Maximalleistung betrieben werden. Daher sollte man versuchen, durch Auswahl eines noch sehr guten Moduls oder der Zusammenschaltung mehrerer Module den Wechselrichter voll auszunutzen oder sogar ein wenig überzubelegen. Eine moderate Überbelegung schadet nicht, ältere Solarmodule, die zudem noch fast vertikal an einem Balkon hängen, bringen erfahrungsgemäß ohnehin nicht die volle Leistung. Manche hängen auch mehrere Module mit unterschiedlicher Ausrichtung aus, etwa eines nach Süden und das andere nach Osten am Balkon. Auch hierbei kann man ohne Probleme den Wechselrichter überbelegen.

Jetzt legen wir diese Installation erstmal auf den Boden und stecken den Schukostecker des Wechselrichters ein. Mittels einem Energiemessgerät für Steckdosen kann überprüft werden, ob Strom erzeugt wird. Dabei ist darauf zu achten, dass das Messgerät auch erzeugten Strom messen kann, sonst zeigt es eventuell nichts oder Unsinn an. Gute Erfahrungen haben wir mit dem *Energiemessgerät CTM* oder dem *Revolt Energiekostenmessgerät* mit Schuko-Steckdose gemacht. Wer etwas mehr in Richtung Smart Home unterwegs ist, der kann zur *Fritz DECT 210* greifen, einer fernschaltbaren Steckdose, die auch den Strom misst.

Auch am Wechselrichter sollte zu sehen sein, dass Strom erzeugt wird: Die meisten Geräte haben eine LED-Anzeige, die dann in einem bestimmten Rhythmus blinkt. Bitte hierzu die Bedienungsanleitung oder Datenblätter des Wechselrichters beachten.

## Anmeldung der Anlage

Es ist sozusagen die Gretchenfrage der Balkonsolar-Gemeinde: Wie hältst du es mit der Anmeldung beim lokalen Energieversorger? Und was passiert, wenn die Anlage nicht angemeldet ist? Hier besteht die größte Sorge und Verunsicherung. Wir empfehlen natürlich alles zu unternehmen, um die Anlage legal zu halten, was aber unter Umständen recht kompliziert, teuer und zeitaufwändig werden kann.

Ich hatte versucht, mein erstes Balkonsolargerät beim lokalen Energieversorger anzumelden. Es begann dann ein E-Mail-Wechsel,

Michael Werner



Michael Werner



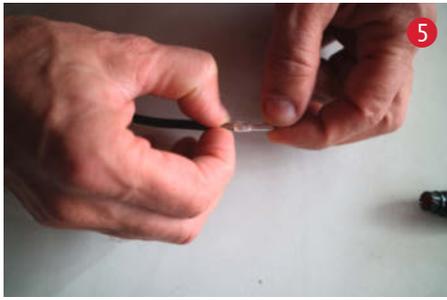
Michael Werner



Michael Werner



Michael Werner



Michael Werner



Michael Werner



Michael Werner



## MC4-Stecker Montage

Um Kosten für Adapter zu sparen, erklären wir hier kurz, wie der Wechsel von MC3-Stecker auf MC4-Stecker funktioniert.

Zuerst suchen wir das Pluskabel des Moduls (Aufdruck am Modul, gegebenenfalls mit dem Multimeter messen) und markieren dieses mit einem Stück Klebeband, um hier später den richtigen MC4-Stecker (1 rote Markierung) anzuschließen.

Dann schneiden wir die MC3-Stecker knapp hinter den Steckern (2) ab. Beide Kabel abisolieren (3). Wir schieben die

entsprechenden Kontakthülsen der MC4-Stecker auf (4), also die Plus-Hülse auf das vorher markierte Pluskabel und Minus-Hülse über das andere Kabel. Die Laschen sollten per Hand etwas zusammengedrückt werden (5), um die Hülse für das Crimpen zu fixieren. Nun pressen wir die Kabel mit der Crimpzange (6) fest. Spätestens jetzt die Schraubkappen über die Kabel schieben. Nun die gecrimpten Kontakte in den passenden Plastikkörper des Steckers schieben (7), bis es klickt. Die Schraubkappen aufdrehen (8) und gut festziehen, um eine gute Zugentlastung zu erhalten.

**NEU**  
und exklusiv  
im heise shop

# Klein – aber oho!

Mit MicroPython spielend  
leicht Mikrocontroller  
programmieren



Heft + PDF  
mit 29%  
Rabatt

### 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.

**Auch als einzelnes Heft erhältlich.**

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

Heft + PDF  
für nur

19,90 € >

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

heise Shop

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



Michael Werner

### Ein erster Testlauf

in dem der Versorger eine Anmeldung und Anschluss der Geräte durch einen Elektriker forderte und ich darauf bestand, dass ich das nicht brauche. Eine Bestätigung der Anmeldung kam bisher nicht, aber beide Seiten wissen, dass es die Anlage gibt.

Diese Erfahrung ist nicht ungewöhnlich. Kleine Versorger sind von diesem Thema teils überfordert und einige größere Versorger versuchen, die Anmeldung möglichst kompliziert zu machen, um damit abzuschrecken. Eine Hürde ist die Anmeldung, die sich einige Bürger und Bürgerinnen laut Forenberichten sparen, sie stecken die Anlage ein und erzeugen Strom für ihren Bedarf. Die nächste Hürde ist der Stromzähler, egal ob mit oder ohne Anmeldung. Achten sollte man darauf, dass der Zähler eine Rücklaufsperrung besitzt. Das erkennt man am Symbol auf dem Zähler.

Wenn man einen solchen Zähler nicht hat, dann könnte dieser beim Einspeisen in das öffentliche Netz zurücklaufen, d. h. rückwärts zählen, dies wird vom Versorger als Betrugsversuch ausgelegt. Bei einer Anmeldung einer Anlage würde der Versorger dann einen

Zähler mit Rücklaufsperrung einbauen, die Kosten werden aber gern auf den Kunden abgewälzt.

Daher ist es sinnvoll, zumindest formlos den Energieversorger von der Anlage in Kenntnis zu setzen. Einige haben dafür Onlineformulare auf ihren Websites. In diesen Formularen stehen aber teils noch viele, zumindest nach neuen Regeln fragliche, Formulierungen, etwa dass man die Einspeisung auf 70% der Leistung begrenzen müsse. Dies betrifft aber an sich nur Anlagen über 7kWp und wenn überhaupt eine Einspeisung in das öffentliche Netz vorgesehen ist.

Manchmal will der Energieversorger dann den Zähler, unabhängig von der Rücklaufsperrung, kostenpflichtig tauschen. Auch hier würde ich mit Verhandlungsgeschick versuchen dies zurückzuweisen, da die Versorger die Zähler sowieso in den kommenden Jahren gegen eine moderne Messeinrichtung tauschen müssen, also einen digitalen Zähler, der Einspeisung und Netzbezug messen kann.

In der Regel wird der Energieversorger noch ein Formular zusenden, bei dem man unterschreiben muss, dass man auf die Einspeisevergütung verzichtet. Dies ist sehr zu empfehlen, da hier sonst nur Abrechnungswand und eventuell noch Steueraufwand entsteht und so kleine Anlagen ja keinen Überschuss produzieren, den man einspeisen könnte.

Die *Marktstammdatenregisterverordnung* (MaStRV) verlangt, dass ortsfeste und an das Stromnetz angeschlossene Solaranlagen registriert werden. Nicht ortsfeste Einheiten müssen laut FAQ der Bundesnetzagentur

nicht registriert werden. Es ist bisher nicht abschließend geklärt, wann ein Steckdosen-Solarmodul ortsfest ist, da ich es ja jederzeit ausstecken und wiederum an anderer Stelle anbringen kann.

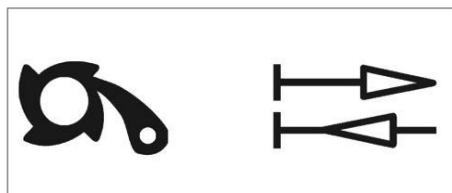
Grundsätzlich endet die Zugriffsmöglichkeit des Netzbetreibers hinter dem Zähler, soweit keine Änderungen der technischen (elektrischen) Gebäudeausrüstung selbst vorgenommen werden. Damit liegt die Frage, ob das Solar-Gerät fest, mit Schuko- oder nach DIN VDE 0628-2 (mit Wieland RST20i3-Stecker) angeschlossen wird außerhalb der Zuständigkeit des Netzbetreibers. (Dies wurde bereits 2016 von der BNetzA bestätigt). In neueren VDE-Vornormen scheint der Schuko-Stecker als kostengünstiges Schlupfloch allerdings wieder ausgeschlossen zu sein, da die VDE-Normen sehr komplex sind, sollte man im Zweifelsfall auch hier einen Fachmann um Rat fragen.

Die Registrierung ist online beim Marktstammdatenregister vorzunehmen. Die Registrierung ist gebührenfrei und jeder kann sie durchführen. Diese Regelungen stammen überwiegend aus einer Zeit, als diese Kleinanlagen noch gar nicht angedacht waren und man davon ausgegangen war, dass Solaranlagen immer mehrere Tausend kWh im Jahr einspeisen. Später wurde schlicht versäumt, eine Bagatellgrenze für Kleinanlagen einzuführen.

Sie sehen also, dass der Versuch, selbst etwas zur Energiewende beizutragen, durchaus seine Hürden hat. In den letzten Jahren hat sich hier aber in den Normen und EU-Recht einiges getan, was die Hoffnung erlaubt, dass es bald leichter sein wird Kleinanlagen legal und normgerecht zu betreiben.

### Amortisation

Zu guter Letzt noch ein Wort zum Thema Amortisation: Die wenigsten würden durchrechnen, wann sich der neue Fernseher lohnt, weil sie dadurch Kinobesuche einsparen. Bei Balkonsolargeräten jedoch fragen immer wieder Menschen nach der Amortisierung. Die passiert nicht durch die Einspeisevergütung, sondern dadurch, dass weniger Strom vom Netz bezogen werden muss. In der Regel lassen sich durch Balkonkraftwerke etwa 400kWh pro Jahr erzeugen, das ist bei einer dreiköpfigen Familie immerhin etwa 10% des Verbrauchs. Allerdings ist der eigene Stromverbrauch für jeden unterschiedlich: Manche Menschen gehen morgens aus dem Haus, essen im Betrieb und haben bereits ihren Verbrauch optimiert. Andere haben viele Geräte im Standby, kochen täglich und arbeiten im Homeoffice. Was bleibt, ist auf jeden Fall das gute Gefühl, durch Upcycling und Solarenergienutzung etwas für die Umwelt zu tun. —caw



Symbole für Rücklaufschutz und Zählrichtung auf dem Stromzähler



## WordPress für Einsteiger

Der praxisorientierte Workshop richtet sich an Neu- und Quereinsteiger in WordPress und bietet eine grundlegende und fundierte Einarbeitung in die aktuelle Version des populären CMS.



## Docker und Container in der Praxis

Der Workshop richtet sich an Entwickler und Administrierende, die neu in das Thema einsteigen wollen oder sollen. Neben theoretischem Wissen über Container geht es um die Herausforderungen im Alltag und eigene Erfahrungen auf der Kommandozeile.



## Einführung in den Kea DHCP Server

Der Workshop gibt eine vollständige Einführung in die neue Kea-DHCP-Software auf Unix- und Linux-Systemen. Sie lernen, wie man das Kea-DHCP-System installiert, konfiguriert und wartet.

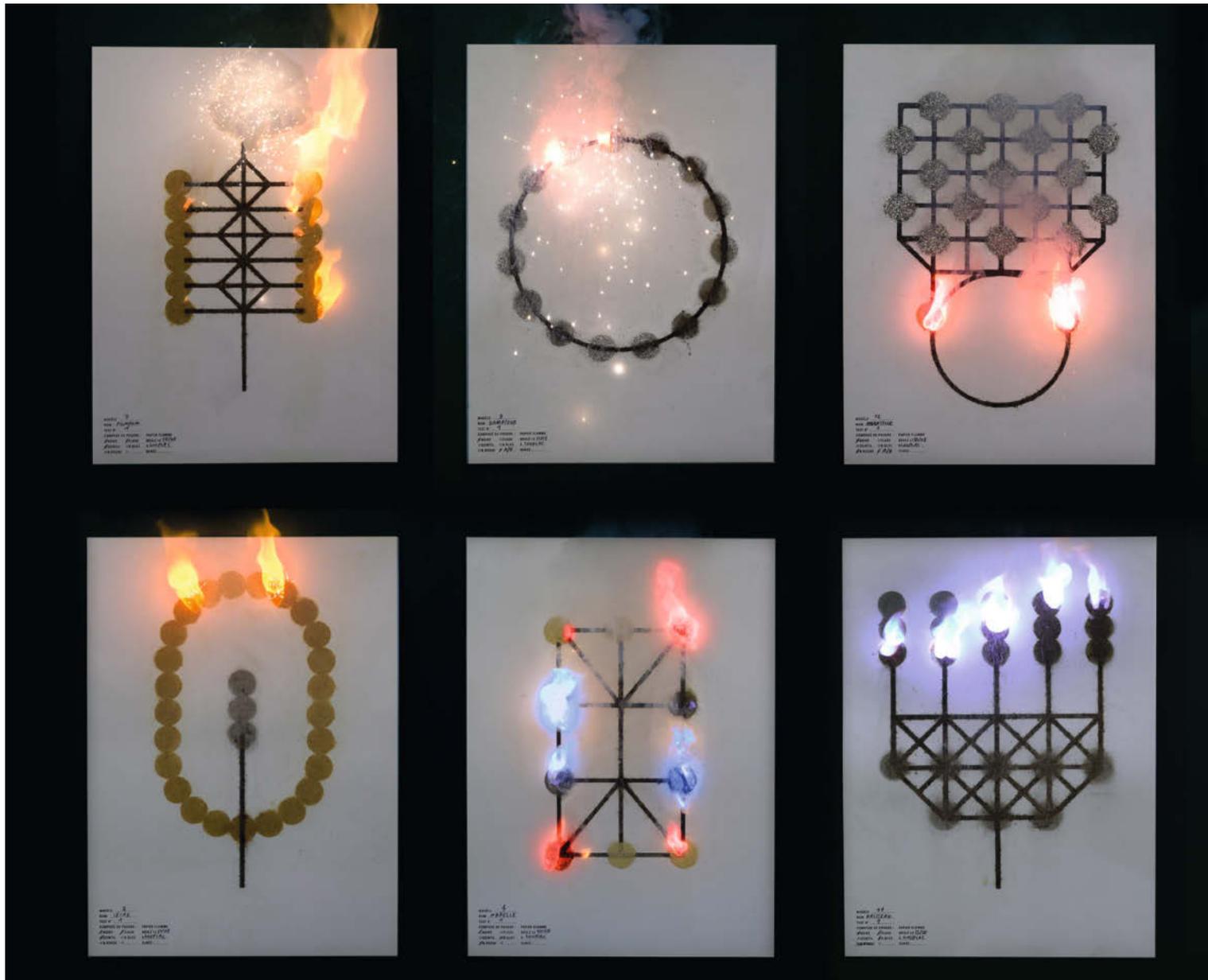


## Dienste mit SELinux absichern

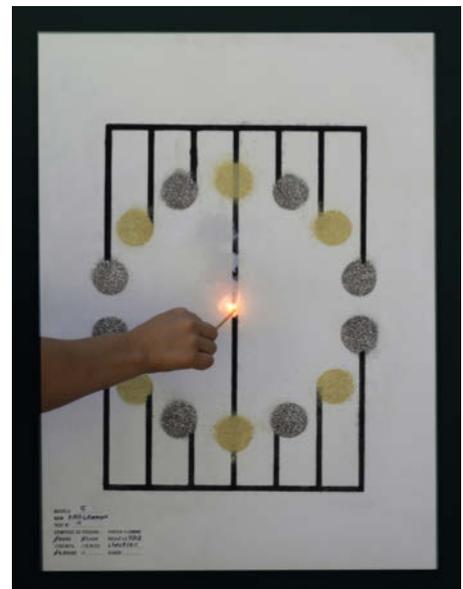
Durch Abschalten der SELinux Technologie wird unwissentlich die Sicherheit des Systems reduziert. Der Workshop gibt eine Einführung in die SELinux Sicherheitstechnologie, sodass Administratoren mit, und nicht gegen, SELinux arbeiten.

Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:

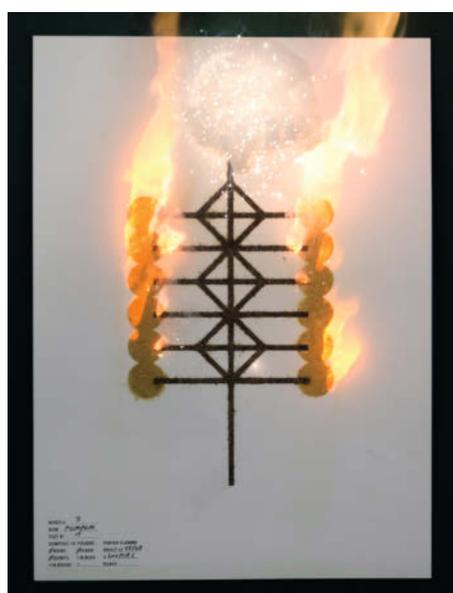
[www.heise-events.de/workshops](http://www.heise-events.de/workshops)



# Was uns inspiriert



Pinatfo — Pluvinage



## Pyrotechnik auf Papier

Dem Zauber von Pyrotechnik können sich wohl nur wenige Maker entziehen. Dank der Posterreihe *Affiches Artifices* (2021) des französischen Design-Duos *Pinaffo – Pluvinage* können wir uns ganzjährig am Spektakel erfreuen. Jedes der zehn Poster im Format 50cm x 70cm ist ein kleines, auf Papier gedrucktes Feuerwerk, das mehrere pyrotechnische Pulver kombiniert. Die visuellen und akustischen Effekte wurden vom Designteam quasi auf dem Papier programmiert. Das Ergebnis hängt von der Länge und dem Weg des Schießpulvers ab.

Die Designer sahen sich dabei vor die Herausforderung gestellt, nicht nur eine

ästhetisch ansprechende Grafik aufs Papier zu zaubern, sondern gleichzeitig noch einen spannenden Explosionsweg mitzukonzipieren. Sie trieb bei diesem Projekt eine Faszination an, die jeder Maker kennt: Die Genialität chemisch ausgelöster Kettenreaktionen. Da „pyrotechnische Tinte“ als solche nicht existiert, hat das Designteam den größten Teil der Zeit damit verbracht, eigene Chemikalien für Druck-Experimente zu mischen. Die entstandenen Designelemente sind gelbe, rote und blaue Flammen, ein funkelnder Blitz, der an Fontänen erinnert, und ein aufschnellendes Flämmchen. —*rehu*

► [pinaffo-pluvinage.com/](https://pinaffo-pluvinage.com/)



Oppici, Pontoglio, Vandebroek, Bertieaux

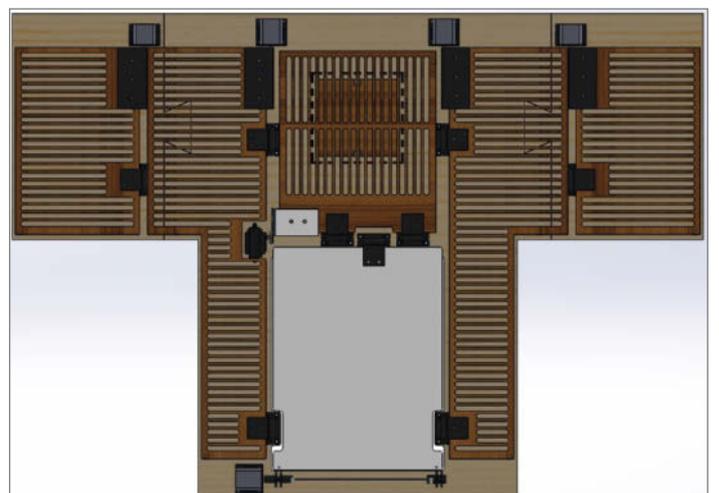
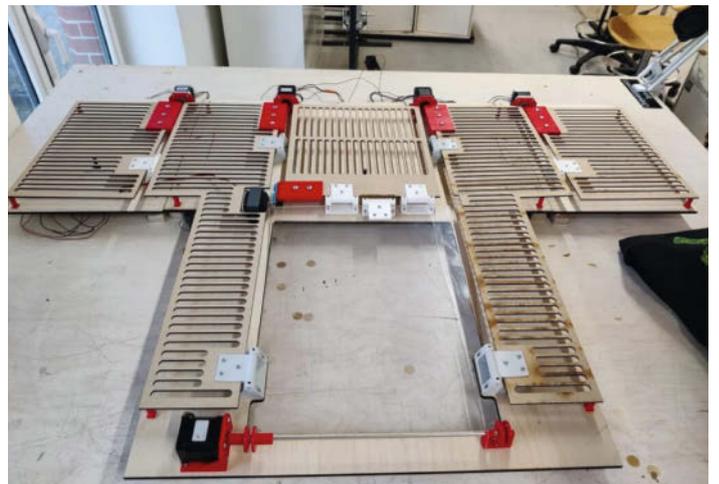
# Hilfreicher Falter

Wenn man in einer Pandemie plötzlich viel Zeit Zuhause verbringt, wird jede Form von Haushaltsautomatisierung schlagartig sehr inspirierend. Zum Beispiel ein T-Shirt-Falter, denn T-Shirts schrankgerecht und möglichst faltenfrei zusammenzufalten, ist mühsam. Diese lästige Aufgabe kann schließlich auch ein Arduino-Uno-Projekt übernehmen. Alles, was man dazu braucht, ist die Bauanleitung, die Stefano Pontoglio auf *Instructables* veröffentlicht hat. (Übrigens ist der wirklich inspirierende Part dieses Projekts die liebevolle und ausführliche Dokumentation, die das Team aus Oppici, Pontoglio, Vandebroek und Bertieaux verfasst hat).

Neben dem Arduino sind noch fünf Schrittmotoren nebst Treibermodulen, ein Servo sowie ein paar Kleinteile erforderlich. Die Mechanik besteht aus Sperrholz und 3D-gedruckten Scharnieren. Der Shirt-Falter detektiert über einen Sensor, ob ein T-Shirt eingelegt ist, faltet dann über die Seitenklappen die Ärmel nach innen und anschließend das Shirt mittig. Aus einer Klappe kann man das normgefaltete Shirt dann entnehmen. Wer dieses Haushaltsgerät in Aktion sehen möchte, kann sich das Video dazu online ansehen.

—hgb

► [instructables.com/Fold-My-T-shirt-Robot/](https://www.instructables.com/Fold-My-T-shirt-Robot/)



# Seifenblasen? Ja, bitte!

Was ist echter Maker-Spirit? Definitiv das, was die Seifenblasmaschine von Zita Bernet und Rafael Sommerhalder vom Zürcher Animationsstudio *Crictor* versprüht. Das Konzept hinter der Seifenblasmaschine im Kurzfilm *Bubbles* (pünktlich zum 1. Januar 2022 veröffentlicht) ist so low-tech wie genial und hat direkt einige Maker zum Nachbau inspiriert.

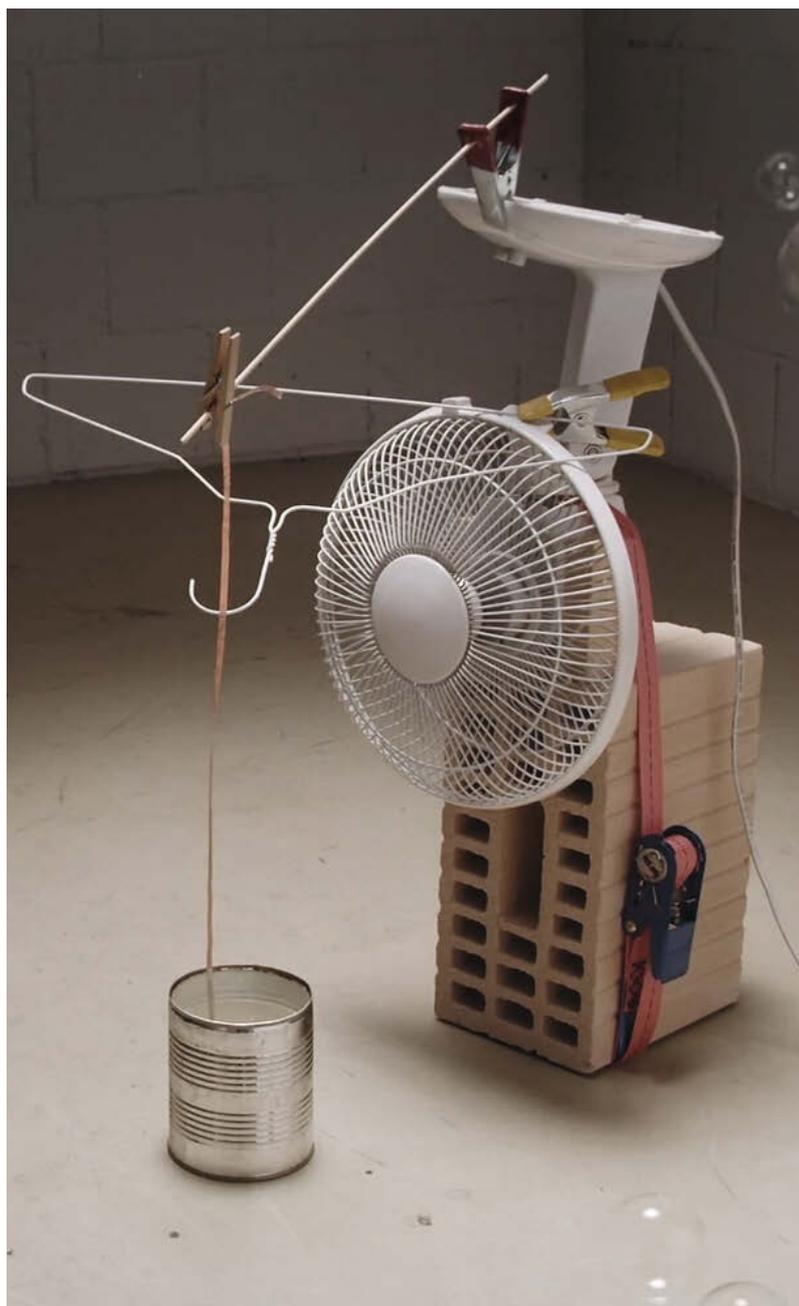
Die Konstruktion besteht lediglich aus Gegenständen, die man in den meisten Haushalten finden kann: ein Ventilator, ein metallener Kleiderbügel, Klemmen, eine Wäscheklammer, eine Metalldose, Drähte, Schnur, ein Stab, ein ordentlicher Spanngurt, ein Betonstein – und natürlich Seifenblasenflüssigkeit. Da der Kopf des Ventilators fixiert ist, bewegt sich der Fuß des Ventilators von links nach rechts und zieht dabei den Seifenblasenring vor den eigenen Luftzug. Das Ergebnis: Ein Meer aus Seifenblasen. Das kann man durchaus mal an einem lauen Nachmittag mit den Kindern im Garten nachbauen. —rehu

► [crictor.ch/de/projekte/bubbles](https://crictor.ch/de/projekte/bubbles)

## Was inspiriert Dich?

Wir freuen uns über Vorschläge an:

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

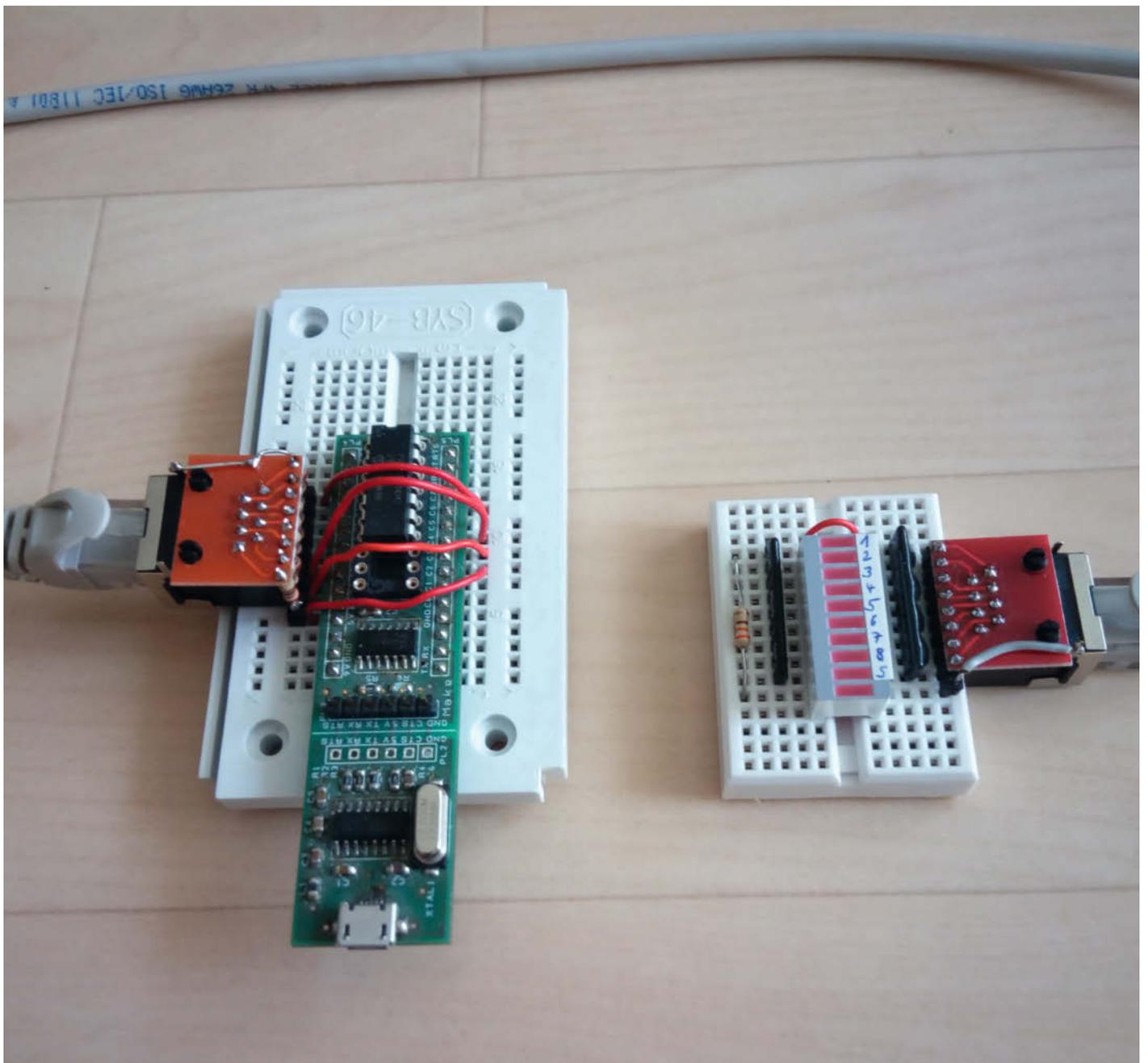


Crictor

# Nano-Axe-Netzwerktester

Sicher und unempfindlich gegen Störungen – der Internetzugang über RJ45-Kabel hat seine Vorzüge. Wer die Kabel ohne Stecker verlegt, kann sie passgenau und unauffällig einbauen. Kommt es doch zu Problemen, hilft unser Picaxe-Netzwerktester weiter.

von Michael Gaus und Miguel Köhnlein



Wenn mitten im Video-Call mal wieder das Bild stockt, obwohl die Internetverbindung eigentlich schnell genug ist, lohnt der Umstieg von WLAN auf Netzwerkkabel. Verkabelung ist stabiler, unempfindlich gegen Störungen und außerdem deutlich sicherer als WLAN. Ohne Stecker kann man die Kabel durch kleine Löcher in der Wand recht unauffällig verlegen. Dazu kann man den RJ45-Stecker abschneiden oder gleich Meterware kaufen und später neue Steckverbinder aufcrimpen. Damit wir den Anschluss überprüfen können, haben wir noch einen Netzwerktester auf Basis des Nano-Axe-Boards gebastelt. Neun LEDs zeigen an, ob das Kabel richtig gecrimpt ist und helfen bei der Fehlersuche.

### Werkzeugfreies Crimpen

Für die werkzeugfreie Montage gibt es Steckverbinder, mit denen eine spezielle Crimpzange überflüssig wird. Gute Erfahrungen haben wir mit dem *Keystone-Modul DN-93615* von *Digitus* gemacht. Die Adern des Netzwerkkabels werden dabei in Kunststoffführungen gelegt und durch Zusammendrücken des Gehäuses gecrimpt. Wer sein Kabel nicht abschneiden möchte, kann Verlege- oder Patchkabel ohne Stecker kaufen. Patchkabel sind etwas dünner und schlechter isoliert und sollten daher nur über kurze Strecken und dort verlegt werden, wo sie wenig mechanische Belastung erwartet.

Die Kabelpaare sind jeweils in den Farben grün, blau, orange und braun gehalten. Für den Anschluss an die Pins gibt es zwei Varianten, TIA-568A und TIA-568B, die sich aber nur in der Reihenfolge der Farben unterscheiden (siehe Grafik). Wichtig ist daher, die Belegung an beiden Steckerseiten gleich zu halten – also den vorhandenen Stecker anschauen oder sich bei zwei neuen Steckern für eine Variante

### Kurzinfo

- » Kabel werkzeugfrei crimpen
- » Adernanschlüsse überprüfen mit DIY-Tester
- » Einfacher Aufbau mit Array-Bauteilen

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
ein bis zwei Stunden



**Kosten:**  
23 Euro

### Mehr zum Thema

- » Michael Gaus und Miguel Köhnlein, I<sup>2</sup>C-Bus nach Teilnehmern absキャンen, *Make* 5/21, S. 104

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x87d](http://make-magazin.de/x87d)

### Material

- » Nano-Axe-Board mit Picaxe-Chip (14M2 oder 20M2)
- » 2 x RJ45-Breakout-Board mit Buchse
- » 2 x Breadboard
- » 2 x Stiftleisten
- » 1 x D9-1A BI Diodennetzwerk mit 8 Dioden, 9 Pins und gemeinsamer Anode 100 mA
- » 1 x Diode 1N4148
- » 1 x Widerstandsnetzwerk mit 9 Widerständen in Sternschaltung mit 100 Ohm
- » 9 x Widerstände 270 Ohm
- » 1 x Bargraph-Anzeige mit 10 LEDs

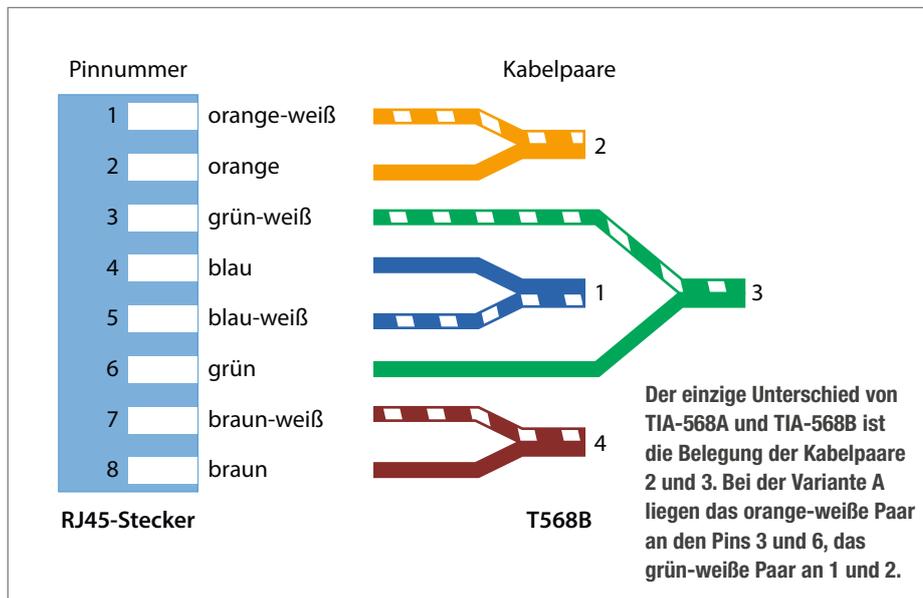
zu entscheiden. Auf dem Steckverbinder sind die Farben passenderweise aufgedruckt.

Je nach Steckverbinder-Typ, verwendetem Kabel und Erfahrung des Anwenders gelingt das Crimpen mehr oder weniger gut. Bei unserem ersten Versuch (mit dem Steckverbinder eines anderen Herstellers) war eine Ader nicht gecrimpt und ließ sich herausziehen. Der zweite Versuch war besser, allerdings hatte die siebte Ader keinen Kontakt, sodass nur ein 100Mbit-Link auf dem Ethernet zustande kam. Der Grund: Für eine Kommunikation mit 100Mbit/s werden nur die Adern 1, 2, 3 und 6 benötigt, für 1Gbit/s alle 8.

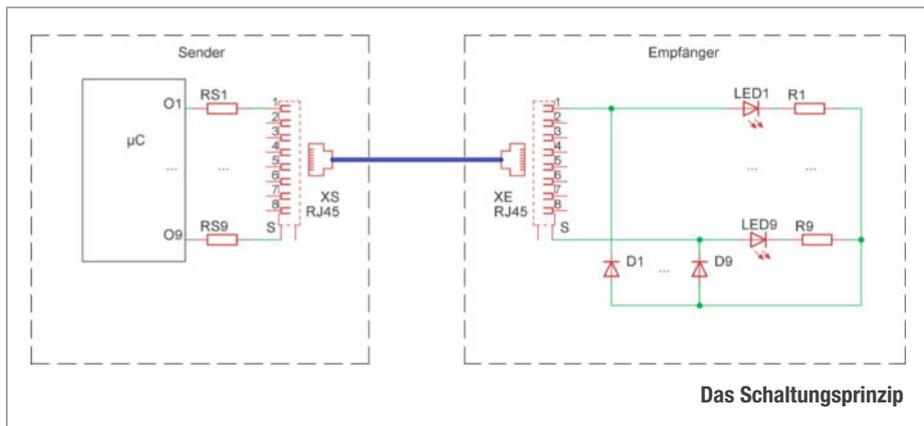
Nach diesen Kontaktproblemen war es höchste Zeit für uns, einen Selbstbautester für die Verkabelung zu basteln. Damit lässt sich prüfen, ob alle Verbindungen Kontakt haben, die Adern in der richtigen Reihenfolge angeschlossen sind und es keine Kurzschlüsse zwischen den Adern gibt.

### Schaltungsprinzip

Der Tester besteht aus einem Sender und einem Empfänger, die über die zu testende Netzwerkverkabelung, ein acht-adriges Ethernet-Kabel mit Schirm, miteinander verbunden sind. Es



Wenn die Adern korrekt in den Kunststoffeinsatz eingefädelt sind, wird dieser auf das Modul gesteckt und durch Zusammendrücken des Gehäuses die Adern gecrimpt.



Beim Sender werden zwischen der Stiftleiste und dem RJ45-Breakout-Board Serienwiderstände eingelötet.

darf kein zusätzliches Netzwerkgerät, etwa ein Switch, an dem Kabel angeschlossen sein.

Auf der Senderseite nutzen wir einen Mikrocontroller – das Nano-Axe-Board mit Picaxe-Chip und Spannungsversorgung über USB. Das Board stellt neun Ausgangspins bereit, an denen die acht Adern sowie der Schirm des Kabels über ein Breakout-Board angeschlossen werden. Die Adern überprüfen wir, indem wir nacheinander einen Ausgang auf high und die übrigen Ausgänge auf low setzen, jeweils 500 Millisekunden lang. Anschließend wird eine Sekunde lang auf allen neun Ausgängen ein low-Pegel ausgegeben, bevor sich der Ablauf wiederholt.

Auch auf der Empfängerseite testen wir die Adern mit einem LED-Array als Statusanzeige und einer Wired-AND-Verknüpfung durch. Da die Schaltung keine direkte Verbindung zum Massepotential des Senders und keine eigene Spannungsversorgung hat, generieren wir mit einem kleinen Trick eine virtuelle Masse für den Tester. Wir verbinden die Eingangssignale über Dioden, sodass sich die Spannung um 0,7 Volt erhöht, wenn an mindestens einem Eingang ein low-Pegel anliegt. So haben wir eine virtuelle Masse für die LEDs. Kommt nun ein high-Signal an einem Eingang an, leuchtet die entsprechende LED auf.

Beim Test sollten wie bei einem Lauflichteffekt nacheinander die LEDs 1 bis 9 jeweils 500 Millisekunden (also eine halbe Sekunde) lang leuchten und anschließend für eine Sekunde aus sein. Falls der Schirm nicht angeschlossen ist, leuchtet die LED 9 nicht und die Pause nach der achten LED ist anderthalb Sekunden lang. Sollten Leuchtdioden in der falschen Reihenfolge aufleuchten, sind die entsprechenden Adern im Kabel vertauscht. Leitungsunterbrechungen sind dadurch erkennbar, dass die jeweilige LED nicht leuchtet. Falls Kurzschlüsse zwischen einzelnen Adern

vorhanden sein sollten, ist das am gleichzeitigen, dunkleren Leuchten der entsprechenden LEDs erkennbar.

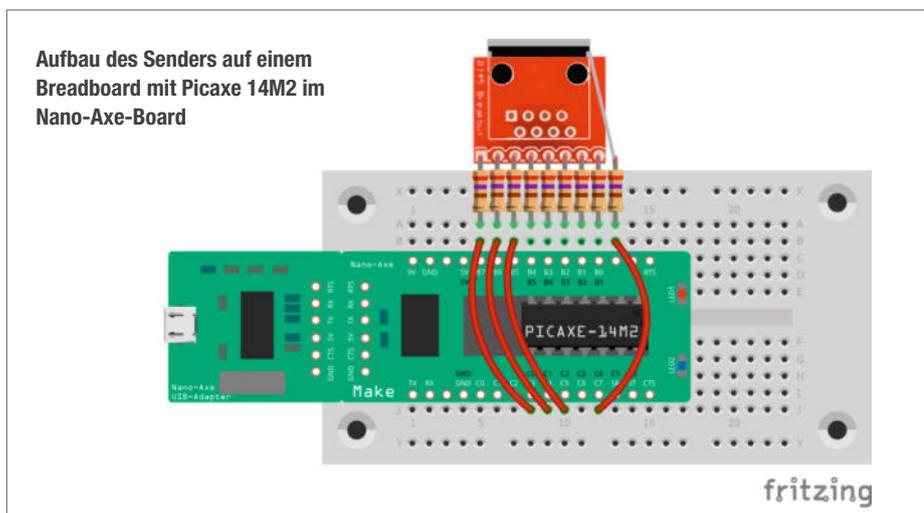
### Aufbau der Sende-Elektronik

Um die Signale der RJ45-Buchse auf ein Breadboard herauszuführen, ist ein Breakout-Board nötig. An dessen Pinleiste haben wir acht Widerstände gelötet, an die dann wiederum eine neunpolige Stiftleiste angelötet wird. Der Abstand zwischen Stiftleiste und Breakout-Board sollte so gewählt sein, dass die RJ45-Buchse bei eingesteckter Stiftleiste plan auf dem Steckbrett liegt. Am neunten Pin wird noch ein Widerstand angebracht und mit dem Schirm der Buchse verlötet.

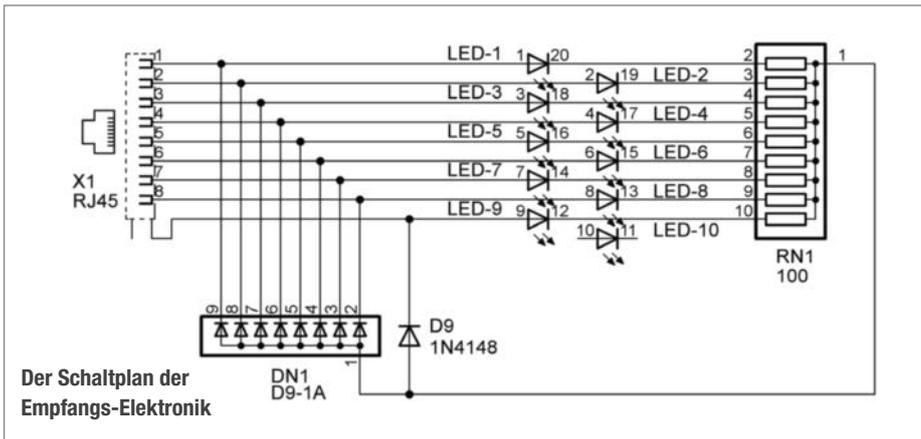
Den Aufbau der Sende-Elektronik haben wir mit den Picaxe-Chips 20M2, 14M2 und 08M2 getestet. Hier zeigen wir die Variante mit dem 14M2. Für den Einsatz des Picaxe-08M2, der beim Picaxe Special mitgeliefert wird, ist noch ein I<sup>2</sup>C-Portexpander nötig. Diesen Schaltungsaufbau finden Sie online (siehe Link in der Kurzinfo).

Das Breakout-Board wird über vorgeschaltete Serienwiderstände angeschlossen, die als Schutz vor eventuellen Kurzschlüssen dienen. Die fünf Ausgangspins B5 bis B1 des 14M2 sind damit direkt angeschlossen. Hinzu kommen über Drahtbrücken die Pins C2 bis C0 sowie der Schirm an C4. Die Pinbezeichnungen für den 14M2-Chip sind in der Grafik innenliegend zu sehen. Die Bezeichnungen direkt an den Kontaktleisten entsprechen dem Aufdruck auf der Platine und beziehen sich auf den Picaxe-20M2.

Mit dem 20M2 ist der Verdrahtungsaufwand dabei noch geringer. Dabei nutzen wir die acht Ausgangspins B7 bis B0, die nebeneinander auf dem Nano-Axe-Board angeordnet sind. Nur der Schirm liegt wieder an einem unbenutzten Pin und muss daher per Drahtbrücke mit C7 an der zweiten Pinleiste verbunden werden.



In das RJ45-Breakout-Board für den Empfänger wird die Stiftleiste leicht schräg eingelötet.



### Hauptprogramm

```

gosub clearAllLeds
main_loop:
  ledNumber = 0
  for counter = 1 to 9
    gosub clearLed
    inc ledNumber
    gosub setLed
    pause DELAYTIME
  next counter

  gosub clearLed
  pause DELAYTIME
  goto main_loop
    
```

## Empfangs-Elektronik

Für die RJ45-Buchse in der Empfangs-Elektronik nutzen wir das gleiche Breakout-Board wie beim Sender. Die neun-polige Stiftleiste wird etwas schräg eingelötet, damit die RJ45-Buchse später plan neben dem Steckbrett liegt. Der neunte Pin der Stiftleiste liegt außerhalb der Leiterplatte und wird über ein Stück Litze mit dem Schirm der Buchse verlötet.

Die weitere Elektronik besteht vor allem aus Arrays, mit denen die Verdrahtung auf dem Steckbrett einfach und übersichtlich ist. Da wir neun Adern testen, haben wir die jeweils achteiligen Dioden- und Widerstands-Arrays jeweils um ein Bauteil ergänzt. Man kann sie auch komplett aus Einzelteilen zusammen bauen – etwa, indem man diese stehend platziert und oben über umgebogene Anschlussdrähte miteinander verlötet.

Die Kathoden der Dioden hängen jeweils an einem der neun Eingänge, während die Anoden alle verbunden sind. Im Widerstands-Array sind die Widerstände in Sternschaltung, also ebenfalls intern an einem gemeinsamen Punkt zusammengeschaltet. Die LEDs sind als Array in Form einer Bargraph-Anzeige in einem Gehäuse kombiniert. Die zehnte LED wird hier nicht benötigt.

## Software

Es gibt drei Varianten des Quellcodes – jeweils passend für den Einsatz mit Picaxe-20M2, 14M2 und 08M2. Der Aufbau ist prinzipiell gleich, lediglich die Pindefinitionen und die hardwareabhängigen Funktionen `setLed` und `clearLed` unterscheiden sich. Für den 08M2 gibt es noch eine I<sup>2</sup>C-Initialisierungsfunktion, um den Portexpander nutzen zu können. Die Erklärung finden Sie ebenfalls online.

Beim Programmstart werden zunächst mit der Funktion `clearAllLeds` alle LEDs ausgeschaltet. Anschließend wird in einer `for`-Schleife fortlaufend genau eine der neun LEDs eingeschaltet und 500 Millisekunden (DELAY-

TIME) lang gewartet. Danach folgt eine Pause von einer Sekunde, entsprechend zwei Takten von 500 Millisekunden. Dieser Ablauf wird in einer Endlosschleife durch den Sprung zum Label `main_loop` wiederholt. Die Funktionen `setLed` und `clearLed` schalten abhängig von der Variablen `ledNumber` die entsprechende LED ein oder aus. Beim 14M2 und 20M2 erfolgt dies direkt durch Beschreiben des zugehörigen Pins mit den Befehlen `high` und `low`. Die Pins sind mit `symbol` als LED1 bis LED9 definiert. —*hch*



Wir haben im Empfänger ein vorhandenes Array mit acht Widerständen sowie einem zusätzlichen Einzelwiderstand genutzt.

# Make Special PICAXE

Statt `void()` und Pointerarithmetik bietet das Picaxe-BASIC auch blutigen Anfängern verständliche Befehle mit vielen Funktionen zum Steuern von Hardware. Unser Sonderheft führt in die Grundlagen der BASIC-Programmierung und die interne Hardware des Chips ein. Anhand verständlicher und praktischer Projekte lernt man, die Befehle konkret einzusetzen. So gelingt die Programmierung eigener Projekte noch leichter als beim Arduino-C.

Das Special wird im Bundle mit einem Picaxe-08M2 und unserem eigens dafür entwickelten Programmier- und Testboard *Nano Axe* geliefert. Damit lässt sich der Picaxe leicht per USB programmieren und debuggen. Das Board kann außerdem mit den Chips 14M2, 20M2 und 20X2 genutzt werden. Es ist Breadboard-kompatibel und verfügt über eine ansteuerbare LED und eine Status-LED. Auch die Schaltung aus Widerständen, die Picaxe-Chips am seriellen Eingang benötigen, ist bereits an Bord.

Das Heft kostet 24,95 Euro und ist versandkostenfrei über den heise Shop zu beziehen.



# Beleuchtete mechanische Mondphasen-Uhr

Diese 3D-gedruckte mechanische Uhr zeigt Zeit und Mondphasen und hat ein aufwändig konstruiertes Getriebe.

von Carsten Wartmann



JCM\_MatSci@instructables

**M**ondphasenuhren gibt es in vielen Ausführungen. Rein mechanische, wie etwa in Armbanduhr, sind kleine Wunderwerke der Uhrmacherkunst. Der User *JCM\_MatSci* auf *Instructables*, ein pensionierter Materialingenieur, hat sich eine Tischversion gebaut: Exakte Anzeige dank aufwändigem Getriebe und visuell sehr ansprechend. Hobbyastronomen erkennen so auf einen Blick, welche Krater auf dem Mond in der aktuellen Phase optimal zu sehen sind oder ob sich dank Neumond eine Beobachtung ohne Blendung durch den Mond lohnt. Aber auch Tierbeobachter und Naturfreunde sind so gut mit Informationen versorgt.

Als Futter für den neuen 3D-Drucker angedacht wurde schnell eine anspruchsvolle Designaufgabe inklusive astronomischer Berechnungen und der Konstruktion in CAD-Programmen daraus. Ein Quarzwerk und nicht ein Mikroprozessor-gesteuerter Schrittmotor sollte die Basis und Antrieb sein. Eine unübliche und scheinbar simple Entscheidung, die weitreichende Konsequenzen nach sich zog. Da man bei dieser Anwendung die Rückseite des Mondes nie sieht, wurde sie in dem gedruckten 3D-Modell weggelassen. Die Abschattung besorgt eine LED-hinterleuchtete, rotierende Halbkugel im Inneren des Mondes.

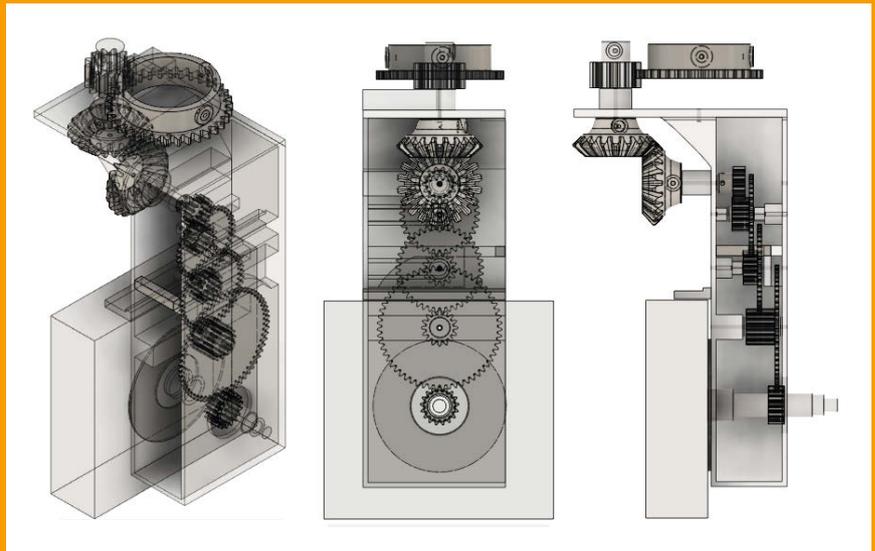
Die Untersetzung vom Stundenzeiger zur Mondphase muss 59,061176:1 betragen, um die Mondumlaufzeit abzubilden. Die Berechnungen des Getriebes erwiesen sich als sehr kompliziert. Nach viel Probieren konnte schließlich mit dem *Gear Train Calculator* eine Lösung gefunden werden, die theoretisch eine Abweichung von weniger als einer Minute in 25 Jahren verspricht. Das Uhrwerk wurde dann in *Fusion 360* entworfen. Es musste natürlich auch die Achse um 90° versetzen und für die korrekten Einbaumaße von Mond und Zeitanzeige sorgen.

Das Mondmodell wurde von einer bei *Thingiverse* verfügbaren Mondlampe abgeleitet. Der Mond und die Zahnräder wurden in PLA mit 0,12mm Schichten gedruckt. An den Zahnrädern muss der Druck sehr gewissenhaft nachbearbeitet werden. Insgesamt ist das Projekt mit fast 30 Teilen, die entweder groß sind oder mechanisch genau sein müssen, sehr anspruchsvoll. Gleiches gilt für die Montage, damit die Einzelteile ohne Reibung ineinander greifen und das Uhrwerk ungehindert läuft. Nach der Montage und einem ersten Test auf Funktion stellt man die Uhr und passt die Mondphase nach Tabellen im Internet an. Hierfür eignen sich am besten Voll-, Halb- oder auch die Viertelmondphasen.

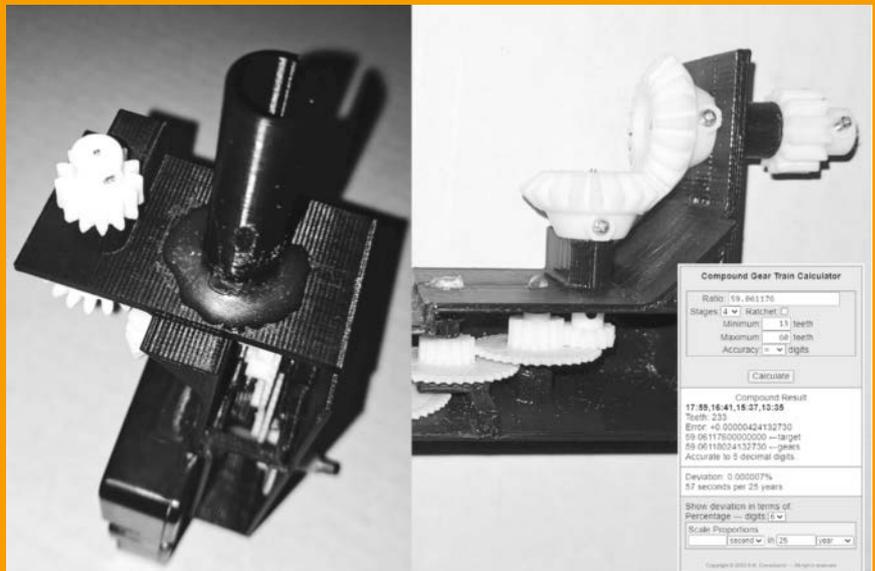
Die Uhr läuft laut Autor prima und hat bei *Instructables* in einen Wettbewerb zum Thema Weltraum den zweiten Preis gewonnen. Einige Verbesserungen sind geplant, welche Genauigkeit, Stabilität und Druckbarkeit verbessern sollen.

—caw

► <https://heise.de/s/eLk1/>



CAD Entwurf des Getriebes



Details des fertigen Getriebes und Fehlerbetrachtung im Online-Tool



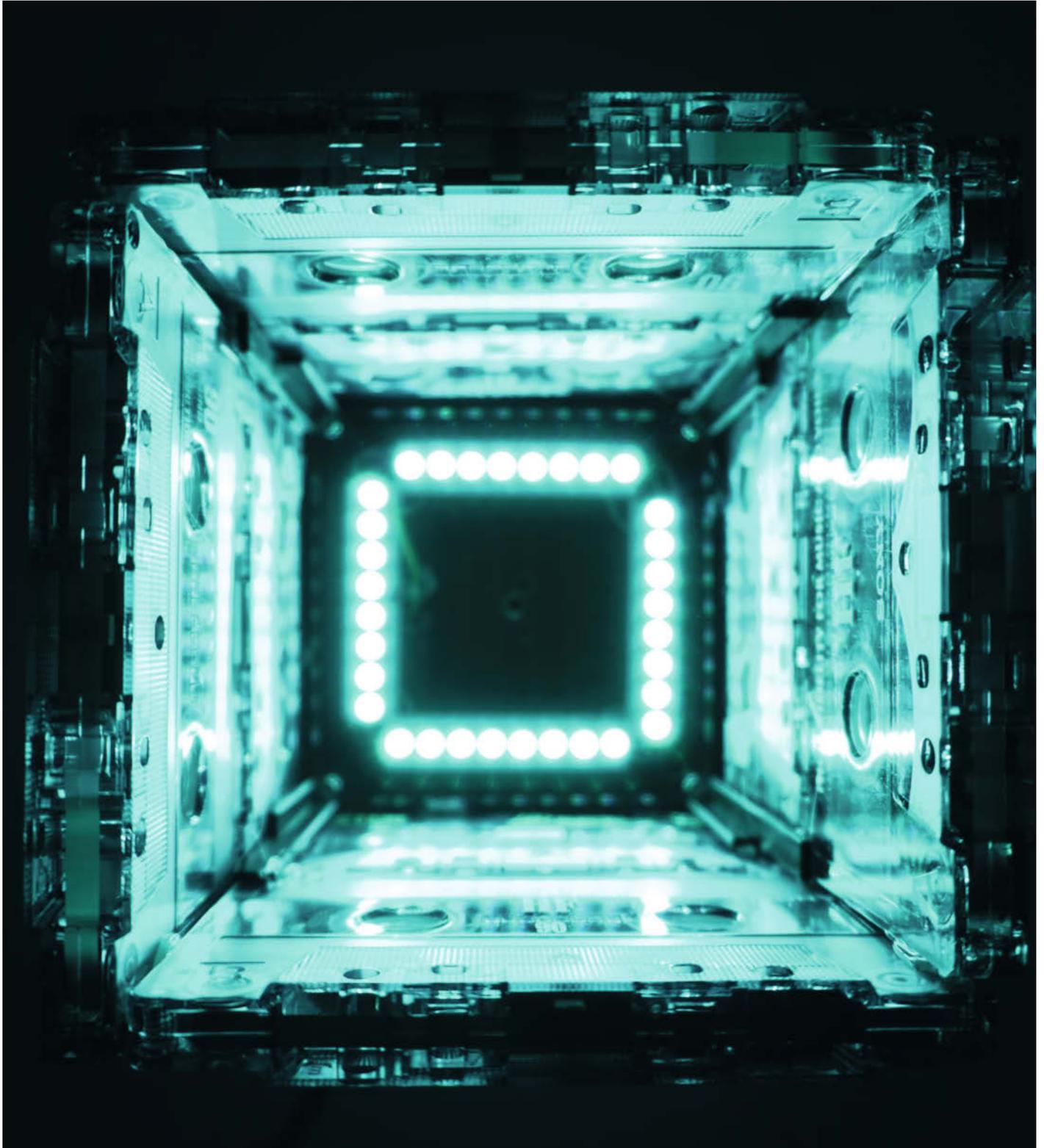
Fast fertige Bauteile und das Quarzwerk

Alle Bilder Quelle: JCM\_MatSci/Instructables

# pxlBlck\_CassetteLamp

Sie verströmt eine gute Portion Cyberpunk-Flair und sieht einfach klasse aus:  
die dekorative Lampe aus den Kassetten alter Erinnerungen.

von Fabian Steppat



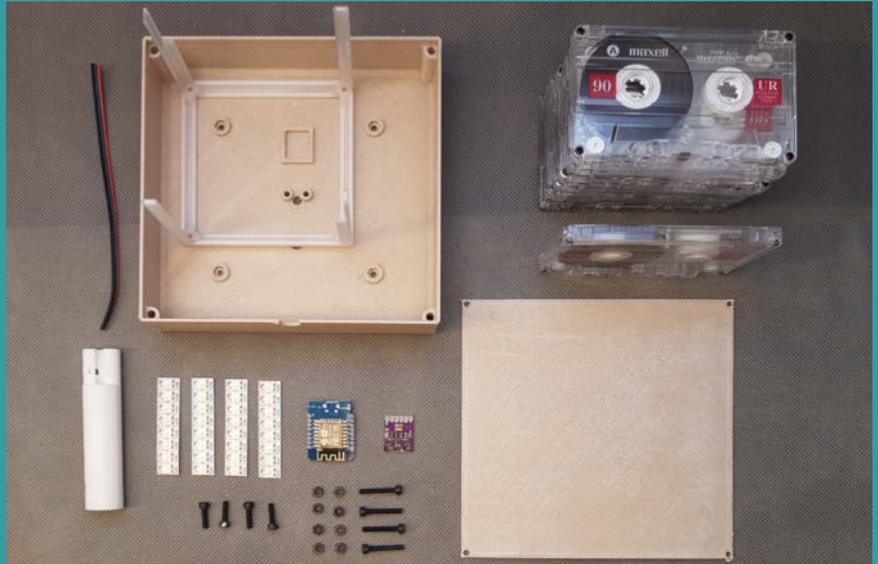
Mittlerweile gehören MP3-Player, Smartphones sowie USB-Sticks mit 128GB und mehr Speicher zu unserem Alltag. Musik zu speichern und zu transportieren ist deshalb so einfach geworden wie noch nie. Vor ca. 30 Jahren sah das aber noch ganz anders aus.

In den 80ern und 90ern bespielte man Kassetten in mühevoller Kleinstarbeit mit der eigenen Lieblings-Musik, sortierte und katalogisierte sie. Der persönliche Wert dieser individuellen Musiksammlungen war und ist für mich auch heute noch so hoch, dass ich es bislang nicht übers Herz bringen konnte, auch nur eine dieser Kassetten wegzuerwerfen. Als Konsequenz daraus verstaubten sie über Jahre, in verschiedenen Kartons verteilt, auf dem Schrank, unter dem Bett oder im Keller, also an den typischen Orten, an die man lieb geworden, aber im Alltag wenig genutzte Sachen verbannt – auf jeden Fall kein würdiges Dasein für einen Schatz, in den man so viel Mühe und Zeit investiert hat. Aus diesem inneren Konflikt heraus ist die Idee für die *pxlBlck\_CassetteLamp* entstanden: eine dekorative Lampe, welche die semitransparenten Kassettengehäuse als Lampenschirm und Diffusor nutzt und ihnen so einen neuen Sinn gibt. Das durchscheinende und in Farbe und Helligkeit einstellbare Licht der 32 RGB-LEDs verteilt sich als Schattenspiel auf die umliegenden Oberflächen.

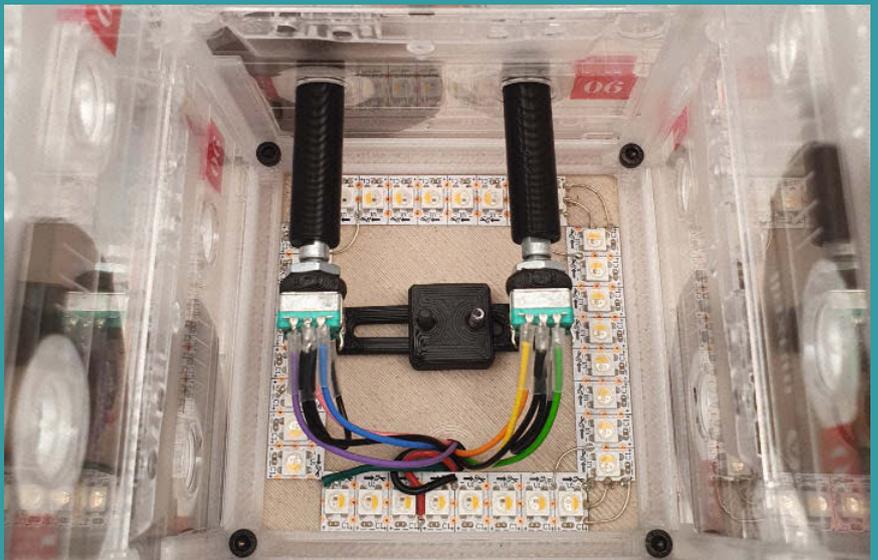
Für die Bedienung der Lampe habe ich drei verschiedene Möglichkeiten ausprobiert und integriert: Zum einen lassen sich Farbe und Helligkeit der *pxlBlck\_CassetteLamp* dank des verbauten ESP8266, *ESPEasy* und des dafür geschriebenen *pxlBlck-Plug-ins* über das eigene Smart-Home-System bzw. das MQTT-Protokoll steuern. Eine weitere direkte Bedienungsmöglichkeit bietet ein APDS-9960 Gestensensor, der auf bestimmte Hand-Bewegungen reagiert. Da dies aber, je nach Lichtbedingungen, nicht immer zuverlässig funktioniert, habe ich eine dritte und gleichzeitig meine liebste Einstellungsmöglichkeit integriert: Sie funktioniert mithilfe von zwei Dreh-Encodern, die hinter den Bandtransportlöchern einer Kassette so angebracht werden, dass sie von außen mit einem eingesteckten Bleistift bedient werden können – wie früher beim Aufspulen von Bandsalat. Je nach Loch und Drehrichtung verändert sich dann die Farbe oder Helligkeit.

Meiner Meinung nach ist dieses Projekt eine tolle Möglichkeit, verschiedene Technologien wie 3D-Druck und Mikrocontroller mit alten Technologien zu verbinden, um etwas komplett Neues und Nützliches zu kreieren. Eine detaillierte, bebilderte Aufbauanleitung inklusive Materialliste für dieses und andere spannende Projekte findet ihr auf meinem Blog. —akf

► [https://nerdiy.de/howto-pxlblck-pxlblck\\_cassettelamp-aufbauen/](https://nerdiy.de/howto-pxlblck-pxlblck_cassettelamp-aufbauen/)



Die Lampenbasis ist aus Kork- und Holzfilament gedruckt. Mithilfe des Gestensensors APDS-9960 lässt sich die Lampe später steuern.



Wie in alten Zeiten: Die Dreh-Encoder ermöglichen die manuelle Steuerung mit einem Bleistift.

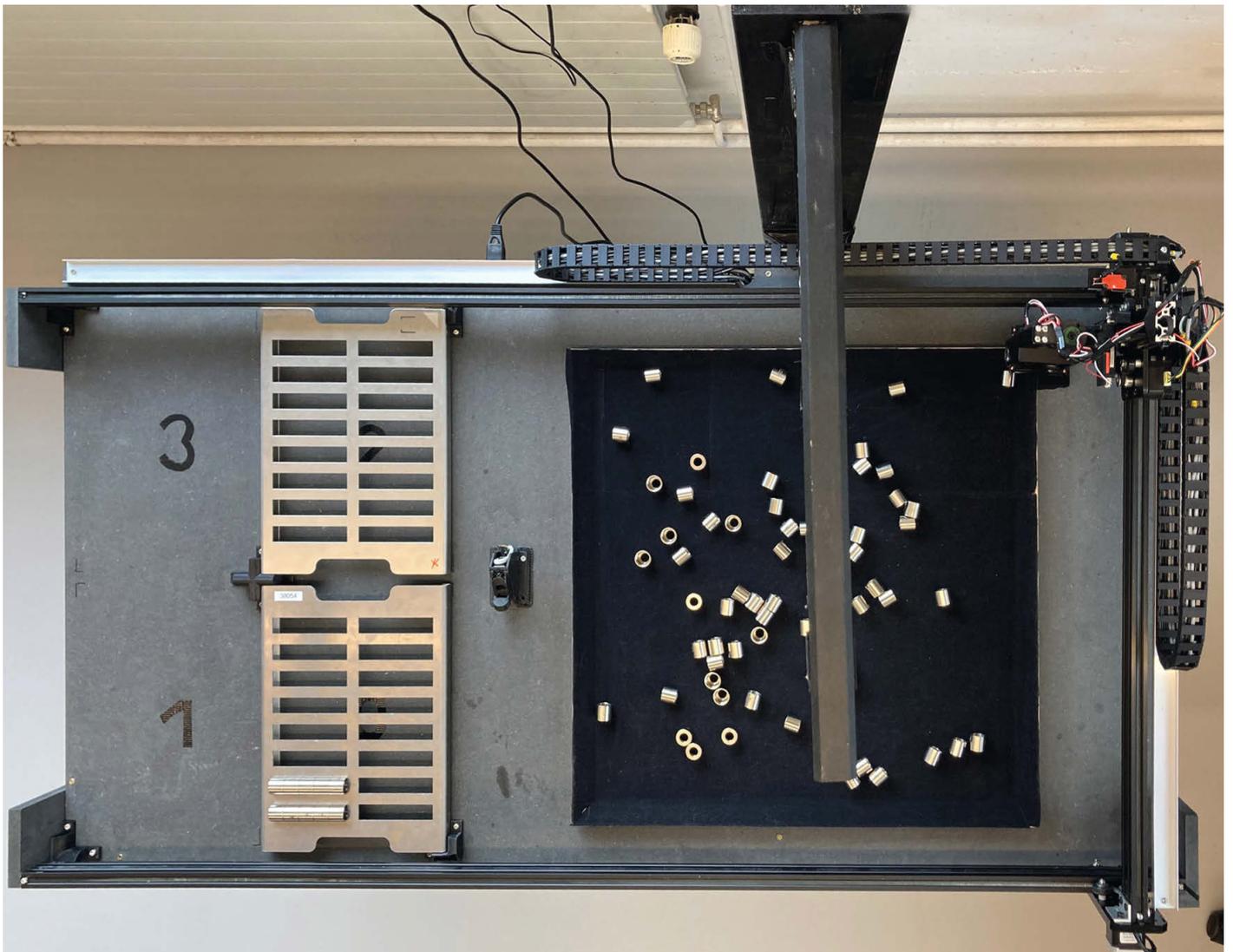


Dekorativ und praktisch: Ihr könnt die Farbe und Helligkeit auch über euer Smart-Home-System bzw. das MQTT-Protokoll steuern.

# BlackPicker: günstiger Pick'n'Place

Wer sich keine Industrie-Automatisierung leisten kann, der baut sie sich einfach selbst. Der Blackpicker ist ein Roboter, der selbstständig Hülsen richtig einsortieren kann.

von Ramon Hofer Kraner



**A**utomatisierung verschlingt normalerweise viel Geld. Ein kleiner Roboter inklusive Steuerung und Umgebung kostet in einer günstigen Ausführung gerne mal so viel wie ein Auto. Es geht aber auch sparsamer, wenn man alles selber aufbaut. Für unter 1300 Euro wurde an der OST – Ostschweizer Fachhochschule der Blackpicker gebaut. Dieser Portalroboter kann selbständig Hülsen erkennen, diese mit dem speziell entwickelten Greifkopf aufnehmen und in korrekter Ausrichtung in ein Tray ablegen. So sortiert er in 10min etwa 80 ausgestreute Hülsen.

Die Erkennung der Teile per Kamera läuft auf einem Raspberry Pi 4. Dieser erkennt liegende und stehende Hülsen mittels Konturdetektion und Hough-Transformation. Natürlich schafft dieses System keine 100% Genauigkeit. Es sorgen aber einige clevere Einrichtungen dafür, dass falsch detektierte Hülsen trotzdem in einem zweiten oder dritten Anlauf noch gegriffen, bzw. korrigiert werden können. So erkennt der Greifer, wann er an einer Hülse aufliegt und nicht richtig greifen kann. Dies erfolgt mit einem Taster, der am nach oben verschiebbaren Greifer angebracht ist. Durch eine zusätzliche Messstation kann die Ausrichtung nochmals überprüft werden.

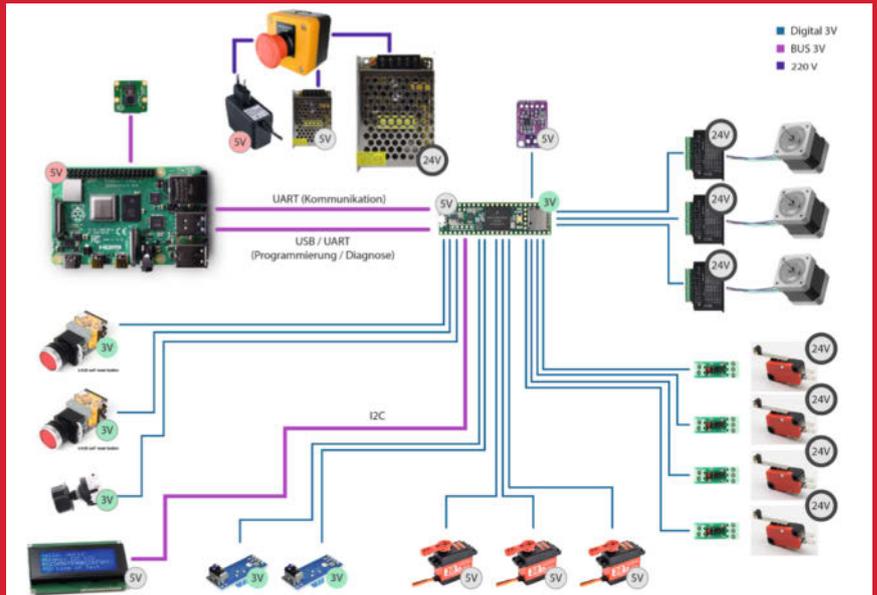
Die Steuerung der NEMA-17-Schrittmotoren erledigen günstige TB6600-Treibermodule. Damit die Taktsignale für alle Treibermodule auf 20kHz gebracht werden konnten, musste ein entsprechend hoch getakteter Mikrocontroller her. Der *Teensy 3.6* läuft mit 180MHz und schafft das problemlos. So erreichen die drei Achsen gleichzeitig ca. 60cm/s, was das Tempo in Industrienähe bringt.

Um die Kosten niedrig zu halten, wurden MDF-Platten verwendet. Diese haben eine relativ plane Oberfläche und geben der Maschine mittels eines verstreuten Kastens eine gute Basis. Das Portal mit den Schienen und den Schleppketten wurde von einem Lasergravier-Kit von *Aliexpress* übernommen und angepasst. Mit einer zusätzlichen *Openbuilds*-Z-Schiene lässt sich der Greifkopf in senkrechter Richtung positionieren.

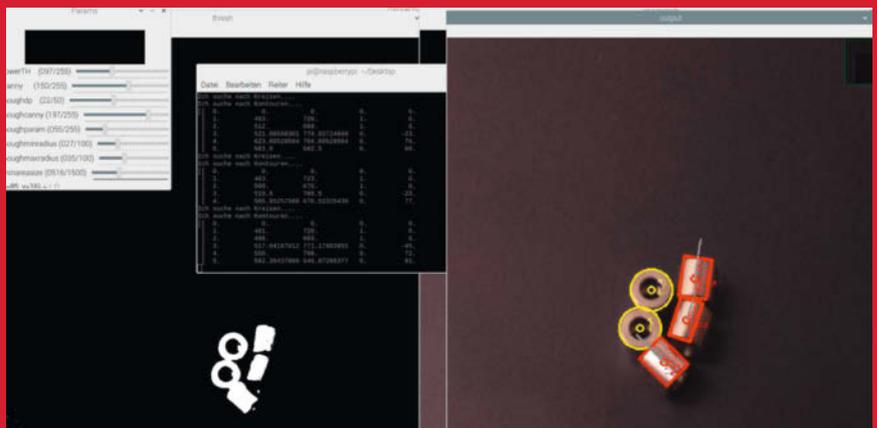
Leider ließ sich für den Greifer kein passendes, fertiges, bezahlbares und genaues Produkt finden. Daher kam ein eigens entwickelter 3D-gedruckter Greifkopf mit zwei Freiheitsgraden zum Einsatz. Es musste sichergestellt werden, dass sich Hülsen in allen Ausrichtungen sicher greifen lassen. Das Finden einer perfekten Greifbackenform war eine Herausforderung in mehreren Iterationen. Die Ansteuerung der drei Servos im Greifer erfolgt über einfache PWM-Signale.

Wer also den Aufwand nicht scheut, kann sich für relativ wenig Geld eine Pick'n'Place-Maschine aufbauen, die flink und genau Teile handhaben kann. —caw

► [make-magazin.de/xf7p](http://make-magazin.de/xf7p)



Elektronikkomponenten in der Übersicht



Erfolgreiche Bilderkennung

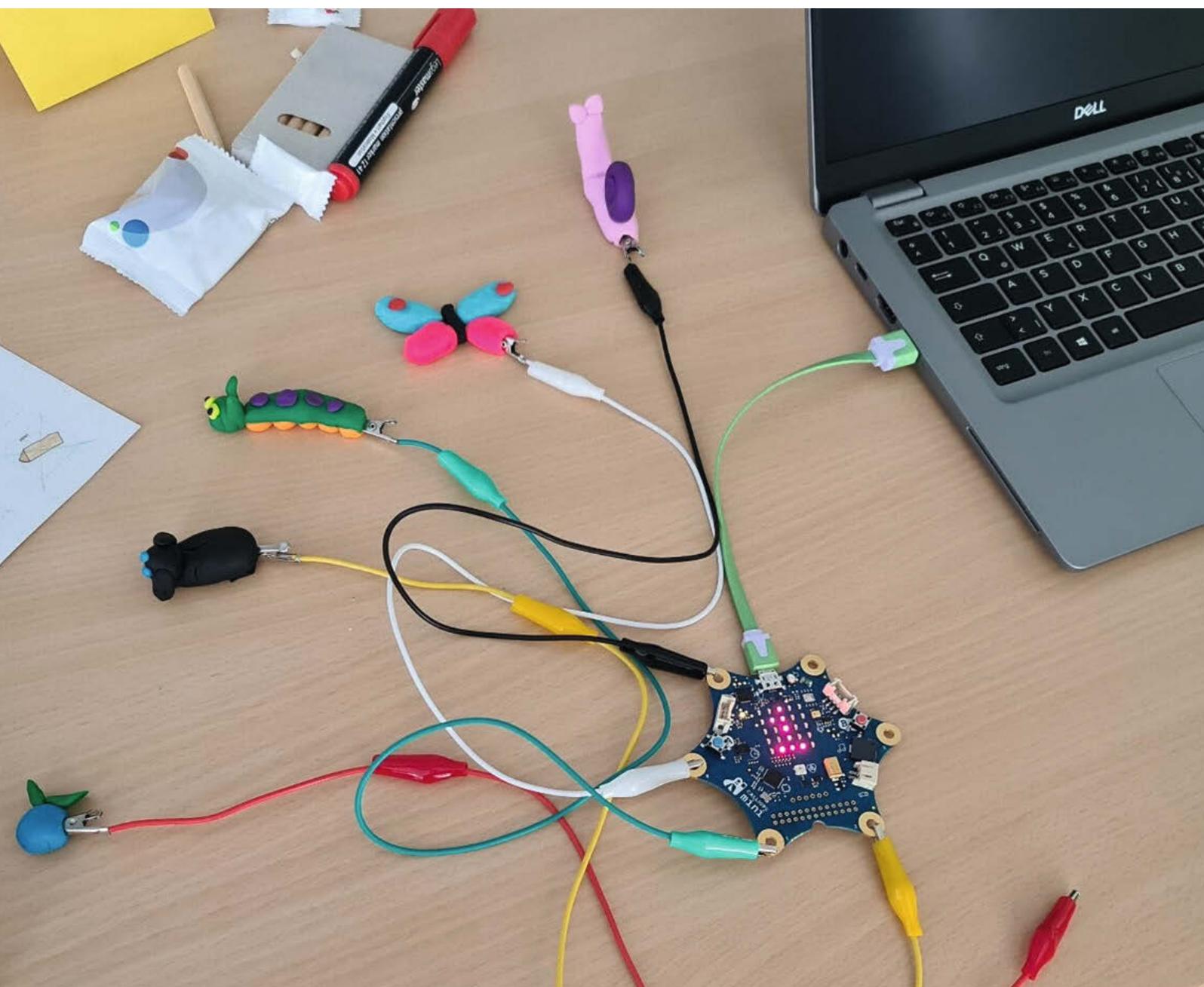


Der Greifer in der aktuellen Version

# Ein Piano mit Knete-Tasten programmieren

Heute geht es in die Küche, um ein Musikinstrument zu bauen. Nein, wir bauen kein Schlagzeug aus Töpfen – aber einen Topf werden wir brauchen: Wir kochen leitfähige Knete und bauen damit ein eigenes Klavier. Dazu nehmen wir außerdem den Mikrocontroller Calliope mini zur Hilfe, mit dem Kinder ganz schnell programmieren lernen können.

von Lisa Ihde



**G**ummi-Ente, Stein, Büroklammer, Holz und Bleistift – welche Materialien können Strom leiten? Und warum?

Für die Antwort müssen wir (oder unsere Eltern) uns kurz an den Physikunterricht aus der Schule erinnern und was wir dort gelernt haben: Als elektrischen Strom bezeichnen wir die Bewegung von negativ geladenen Teilchen, den Elektronen. Metalle leiten Strom: Sie besitzen bewegliche Elektronen, die sich am Elektronenfluss beteiligen und so den Strom leiten können. Bei Nichtleitern sind die Elektronen nicht auf dieselbe Art beweglich und so kann kein elektrischer Strom fließen. Nichtleiter können dafür als Isolatoren genutzt werden, wie zum Beispiel das Gummi um ein Stromkabel. Also ist klar: Metalle wie die Büroklammer und das Graphit in der Bleistiftmine leiten Strom. Und die Gummi-Ente nicht. Aber wie sieht es mit Knete aus?

Gewöhnliche Knete besitzt meist keine elektrische Leitfähigkeit. Um Knete selbst herzustellen, braucht man normalerweise Mehl, Öl, Zucker und destilliertes Wasser. Mehl und Öl sind Isolatoren, Zucker ist ein Molekül, das keine elektrische Leitfähigkeit besitzt, und destilliertes Wasser enthält im Gegensatz zu Leitungswasser keine geringen Mengen an Mineralien und Salze und leitet daher keinen Strom. Dennoch gibt es ein paar Hersteller, deren Knete leitfähig ist, beispielsweise *Play-Doh*. Da müssen wir noch mal genauer hinschauen. Ob man diese Elektro-Knete wohl auch selbst herstellen kann? Ja, klar! Wir zeigen Dir, wie.

### Elektro-Knete kochen

Anstelle von Zucker verwendest Du für Elektro-Knete Salz und Zitronensaft. Das aufgelöste Salz in der Knete ist verantwortlich für die Leitfähigkeit.

Um die elektrische Knete herzustellen, gibst Du alle Zutaten in den Topf und verrührst sie, bis keine Klumpen mehr zu sehen sind. Stell den Topf dann bei mittlerer Hitze auf die

### Kurzinfo

- » Calliope mini mit Blöcken programmieren
- » Knete selber kochen
- » Den Knetfiguren Töne entlocken

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
2 Stunden



**Kosten:**  
circa 50 Euro

### Material

- » Calliope mini
- » 5 Krokodilklemmen
- » Mikro-USB-Kabel
- » Für die Knete: Mehl, Wasser, Öl, Salz, Zitronensaft und Lebensmittelfarbe

### Werkzeug

- » Topf, Herd und Kochlöffel
- » Laptop oder Desktop-PC

### Mehr zum Thema

- » Elke Schick, Coden mit Calliope, Make 2/2017, S. 48
- » Elisabeth Giesemann und Nora Perseke, Turnbeutel mit Leuchtzeichen, Make 4/2018, S. 58

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x5zr](http://make-magazin.de/x5zr)

Herdplatte. Rühre gleichmäßig mit dem Kochlöffel um, während die Knetmasse heiß wird, bis sich ein großer Klumpen bildet. 1 Deine Knete ist jetzt sehr klebrig und heiß. Nimm den Klumpen vorsichtig aus dem Topf und lass ihn etwas abkühlen. Bemehle Deine Arbeitsfläche und knete den Klumpen etwas in Mehl, wenn Dir die Knete noch zu klebrig ist. Ein letzter Hinweis: Wenn die Knete trocknet, dann verliert sie ihre Leitfähigkeit. Versuche daher, sie luftdicht in Folie einzupacken, damit sie länger hält.

Dass wir Knete für unser Piano benutzen, gehört sogar zu einem ganzen Forschungsfeld, den *Squishy Circuits* (matschige Schaltkreise). Mehr zu diesem Thema kannst Du zum Beispiel in der *c't* 5/2017 (Link in der Kurzinfo)



1 Sobald die Knete dick und das Umrühren schwer wird, ist sie fertig. Noch ist sie sehr zäh und klebrig, aber nach dem Abkühlen ist sie perfekt.

### Zutaten für Elektro-Knete

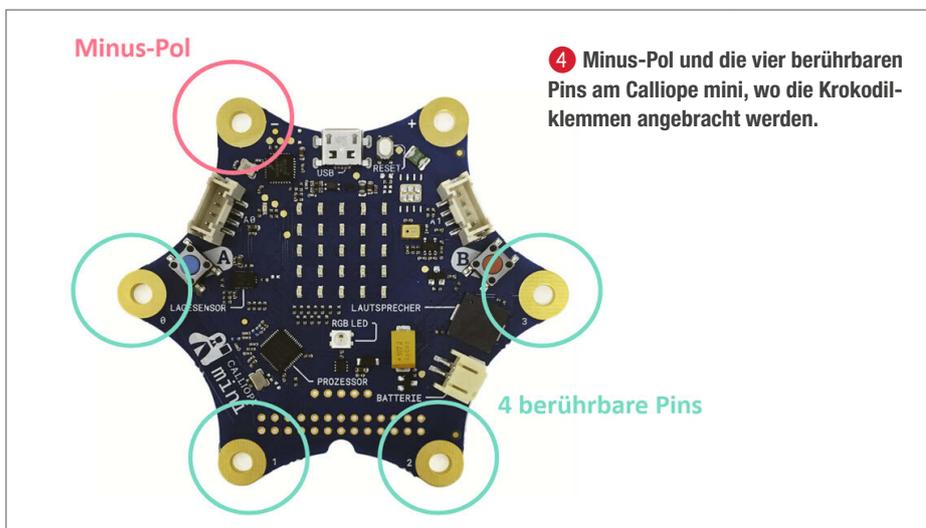
- » 1 Tasse Mehl
- » 1 Tasse Wasser
- » 1 EL Öl
- » 4 EL Salz
- » 9 EL Zitronensaft
- » Lebensmittelfarbe



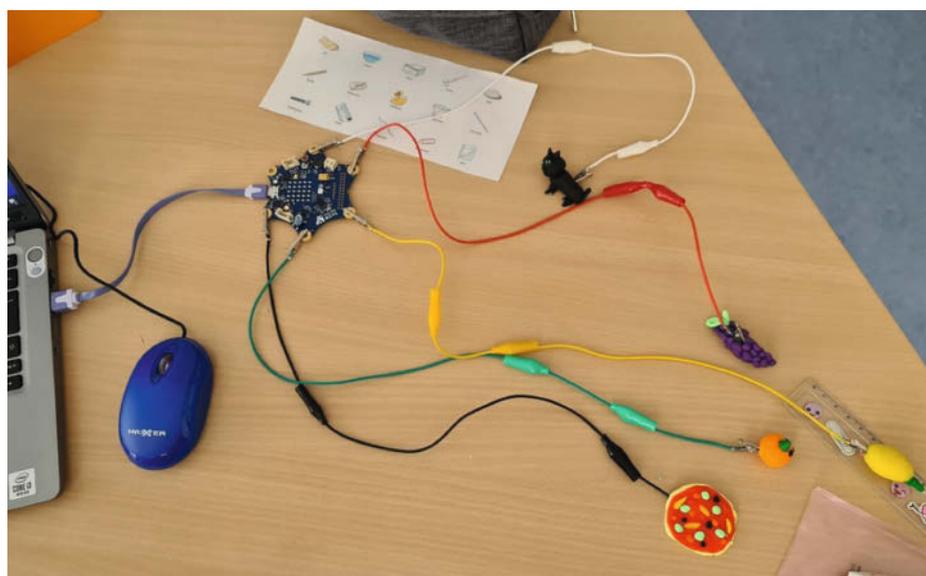
2 Die fertige Knete ist zwar essbar, schmeckt aber ziemlich eklig.



3 Kneten der Figuren aus Elektro-Knete (oder alternativ aus fertigem Play-Doh).



4 Minus-Pol und die vier berührbaren Pins am Calliope mini, wo die Krokodilklemmen angebracht werden.



5 Verkabelung der Knetfiguren mit dem Calliope mini und Anschluss an den Laptop

gratis im Artikel *Kneten statt löten* nachlesen. In diesem Artikel wird auch eine Forschungsarbeit vorgestellt, die festgestellt hat, dass die Leitfähigkeit von *Play-Doh*-Knete stark von der gewählten Farbe abhängig ist. Faszinierend, oder? Eigene Knete herzustellen macht aber deutlich mehr Spaß, als fertige Knete zu kaufen. Außerdem ist sie auch günstiger und nachhaltiger, da Du ohne die Dosen, in denen Du Knete kaufen kannst, viel weniger Plastikmüll produzierst 2.

### Knet-Figuren formen

Jetzt, wo wir Elektro-Knete haben, können wir sie für unser Musik-Projekt nutzen. Wir nehmen außerdem ein Mikrocontroller-Board zu Hilfe: Seit 2017 existiert der *Calliope mini*, der ähnlich wie der *micro:bit* und *MakeyMakey* kinderleicht Berührungen als Eingaben wahrnehmen kann und dann Befehle ausführt. Die Anschlüsse für die Berührungssensoren kannst Du an den goldenen Ringen an den Ecken des Boards finden. Von ihnen sind zwei mit + und - belegt und die restlichen vier Pins sind von 0 bis 3 durchnummeriert.

Leg alle Zutaten bereit: Für das Piano benötigen wir jetzt die Elektro-Knete in verschiedenen Farben, den *Calliope mini*, fünf Krokodilklemmen, ein Mikro-USB-Kabel und einen Rechner.

Forme zuerst fünf Figuren aus der Knete. Dabei sind Deiner Kreativität keine Grenzen gesetzt. Knete Dir beispielsweise eine Raupe, eine Schnecke, Schmetterlinge, Schafe oder Obst wie Weintrauben, Erdbeeren und Orangen 3.

### Knetfiguren mit dem Calliope mini verbinden

Jetzt machen wir aus den Knetfiguren Tasten für das Piano. Wie schon erwähnt, sind die goldenen Ringe am *Calliope* zum Erfassen von Berührungen geeignet. Schließe bei Minus (-) und den Pins 0 bis 3 jeweils eine Krokodilklemme an 4. Stecke anschließend das andere Ende der Krokodilklemmen jeweils in eine Deiner fünf Knet-Figuren. Verbinde dann mit einem Mikro-USB-Kabel den *Calliope* mit Deinem Laptop oder Desktop-PC 5.

Damit die Pins als Tasten funktionieren, musst Du immer gleichzeitig auch den Minus-Pin berühren. Aus diesem Grund ist eine Deiner Knet-Figur mit dem Minus-Pin verbunden. Halte diese Knet-Figur später immer mit einer Hand fest, bevor Du eine Deiner vier anderen Knet-Figuren berührst.

### Die erste Melodie abspielen

Nun geht es ans Programmieren: Öffne den Browser und gehe auf die Webseite [makecode.calliope.cc](http://makecode.calliope.cc) (siehe Link in der Kurzinfor). Klicke auf *Neues Projekt* und gib ihm einen Namen. Jetzt kannst Du aus bunten Blöcken ein Pro-

wenn Pin P0 gedrückt  
Beginne Melodie Blues Wiederhole einmal

6 Abspielen einer Melodie, wenn Pin 0 berührt wird.

wenn Pin P1 gedrückt  
Beginne Melodie Dadadum Wiederhole einmal

wenn Pin P3 gedrückt  
Beginne Melodie Ping ping Wiederhole einmal

7 Beispielprogramm zur Programmierung der restlichen drei Pins

# Richtig entschieden!

**Meine neue Homepage kommt von Heise RegioConcept!**

Heise Homepages sind handmade in Germany und immer am Puls der Zeit. Natürlich sind sie auch Smartphone tauglich, Google optimiert und überzeugen mit modernster Technik. Auf Wunsch sogar mit Shopsystem.

Wechseln Sie jetzt zu Heise Homepages: Wir bieten Ihnen eine bezahlbare Homepage mit Rundum-sorglos-Service.

Rufen Sie uns an. 0511 / 80 90 89 43.  
Wir freuen uns auf Sie!

[www.heise-homepages.de](http://www.heise-homepages.de)

# Fernstudium Digitaltechnik

KI - Künstliche Intelligenz, Smart Factory oder Industrie 4.0. Mit der Aus- und Weiterbildung zur Fachkraft für Digitaltechnik erlernen Sie die Grundlagen der Digitalelektronik und Mikrocontrollertechnik. Ein Beruf mit Zukunft. Kostengünstiges und praxisgerechtes Studium ohne Vorkenntnisse. Beginn jederzeit.

**NEU: Netzwerk-Techniker, Roboter-Techniker, Computer-Techniker**

Teststudium ohne Risiko.  
GRATIS-Infomappe gleich anfordern!

**FERNSCHULE WEBER - seit 1959**  
Neerstedter Str. 8 - 26197 Großenkneten  
Telefon 0 44 87 / 263 - Abt. K 13

**inkl. Arduino Board und Multisim**

[www.fernschule-weber.de](http://www.fernschule-weber.de)

# AGB VERSTEHER



8 Beispielprogramm zur Programmierung von 6 Tasten eines Pianos

programm zusammensetzen. Die wichtigsten Blöcke für dieses Projekt findest Du im Reiter *Musik*. Wenn Du Dich ein bisschen auf der Webseite umgesehen hast, erstelle ein Programm, das bei Berührung von Pin 0 eine Melodie abspielt. Schau Dir dafür Bild 6 an.

Lade jetzt das Programm auf den Calliope. Klicke dafür auf die lila Schaltfläche unten links mit der Aufschrift *Herunterladen*. Eigentlich müsste Dein Programm nun automatisch auf dem Calliope landen.

Manchmal öffnet sich aber auch ein Fenster und Du musst selbst die Datei abspeichern. Öffne in dem Fall anschließend Deinen *Downloads*-Ordner (unter *Windows*) und schaue, ob dort eine *.hex*-Datei liegt. Falls ja, dann verschiebe diese auf das Laufwerk namens *MINI*.

Wenn die orangefarbene LED beim Mikrocontroller nicht mehr blinkt, dann ist das

Programm erfolgreich hochgeladen und der Calliope mini neu gestartet.

Berühre nun Deinen Minus-Pin und dann Deinen Pin 0 gleichzeitig und höre Dir die Melodie an. Falls nichts passiert, dann ist eventuell das Herunterladen des Programms nicht erfolgreich gewesen. Versuche, es neu herunterzuladen oder den Reset-Knopf zu drücken, damit das Programm neu gestartet wird.

### Mehr Melodien

Auf dieselbe Art und Weise kannst Du nun für die anderen Pins auch Melodien festlegen 7. Programmiere die Pins 1 bis 3 und lade das Programm auf Deinen Mikrocontroller. Denke wieder an das Berühren vom Minus-Pin, um Deine Melodien abzuspielen.

### Bau eines 6-Tasten-Instruments

Im nächsten Schritt ändern wir die Ausgabe von Melodien zu Noten. In Bild 8 siehst Du, welchen Programmierblock Du benutzen musst, um Noten statt Melodien abzuspielen. Jetzt haben wir vier Noten für unser Piano. Allerdings brauchen wir, um Lieder wie *Alle meine Entchen* spielen zu können, sechs Noten: Uns fehlen also zwei. Dafür können wir die Knöpfe „A“ und „B“ auf dem Calliope Mini benutzen. An sie brauchst Du keine Knetfigur anzuschließen. Du kannst sie genauso programmieren wie die anderen Pins. Programmiere alle sechs Pins und spiele eine Melodie auf Deinem Piano.

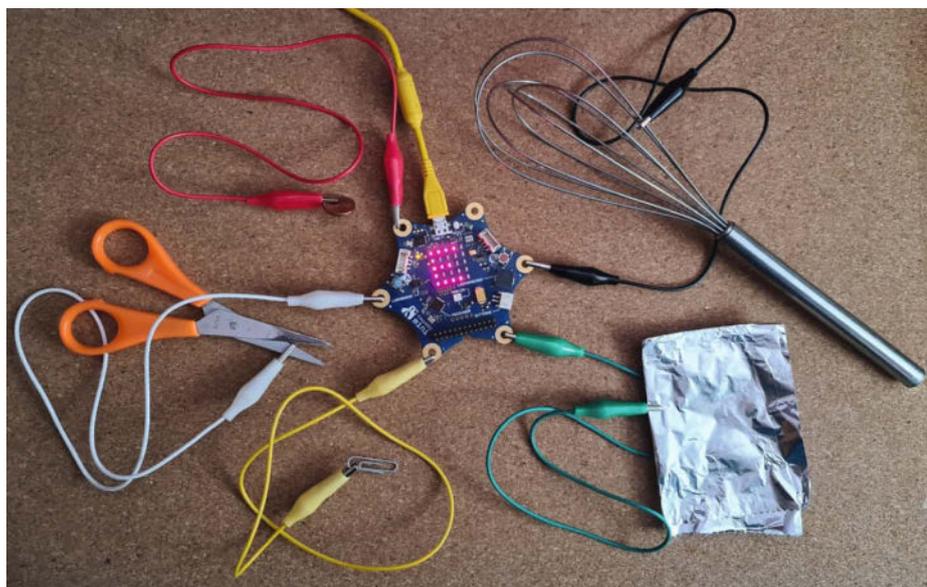
Wenn Du möchtest, kannst Du auf der LED-Matrix Deines Calliopes auch die Note anzeigen lassen, die abgespielt wird. Dein fertiges Programm kann dann so aussehen, wie in Bild 8. Lade das Programm auf Deinen Calliope und spiele damit Deine eigenen Melodien.

### Mehr Ideen

Probiere mal anstelle von Knete andere Gegenstände als Piano-Tasten aus. Du kannst auch richtiges Obst anschließen, beispielsweise einen Apfel oder eine Weintraube. Zu Hause findest Du bestimmt viele leitfähige Gegenstände wie Schere, Alufolie oder die Büroklammer vom Anfang des Artikels. Wie viele leitfähige Dinge kannst Du auf Deinem Tisch entdecken 9?

Du kannst auch mit Deiner Familie oder Freunden ausprobieren, wie lang eine leitfähige Menschenkette sein kann, um trotzdem noch einen Ton abzuspielen. Dafür berührt die erste Person den Minuspol und die letzte Person einen der berührbaren Pins 0 bis 3. Wie lang kann Eure Menschenkette werden?

Viel Spaß mit Deinem Piano! —rehu



9 Calliope mini mit leitfähigen Gegenständen als Piano-Tasten



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

**ct**

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

Jetzt gleich bestellen:

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

 +49 541/80 009 120

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

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

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

**Als Willkommensgeschenk erhalte ich eine Prämie nach Wahl,  
z. B. einen RC-Quadrocopter.**

© Copyright by Maker Media GmbH.



# Flexible Stativ im Eigenbau

Egal ob für Licht, Kamera oder als dritte Hand: Diese Stativ sind vielseitig einsetzbar und kommen überall hin, auch um die Ecke.

von Carsten Wartmann



**A**dam Savage, bekannt als *Mythbuster*, Maker und YouTuber, benutzt eine spezielle Form von Stativen, sogenannte *Loc-Line-Stativ*. Hierbei kommen flexible Schläuche, bestehend aus Einzelsegmenten zum Einsatz, die eigentlich Kühlmittel zum Schneidwerkzeug in Fräsen und Drehbänken transportieren. Neben dem Kühlmitteltransport wurden bald noch viele weitere Anwendungen gefunden und passende Adapter zu den Schläuchen entwickelt, vom Magnetfuß bis zum Spiegelhalter. Mit einfachen Werkzeugen kann jeder Maker hier seine Ideen verwirklichen. *Loc-Line* gibt es in drei verschiedenen Stärken (1/4, 1/2 und 3/4 Zoll Innendurchmesser!) für Flüssigkeiten und mit 75mm Durchmesser als Gas-Absaugung.

## Vorüberlegungen

Die Idee, flexible Stativ mit ähnlicher Mechanik zu bauen, wurde nach meinen Recherchen zuerst von *Joby* mit dem *GorillaPod* verwirklicht. Mein kleines *GorillaPod* (siehe 1 im Vergleich zu *Loc-Line*) hat sich sicher 15 Jahre lang bewährt, zeigt aber, aufgrund der etwas aufwändigeren Konstruktion der Kugelgelenke, schon so einige Defekte und Verschleiß. Natürlich hat dieses System ein paar Vorteile, wie die Gummi-Auflage an den Kugelgelenken, die es ermöglichen, das Stativ an Rohren und ähnlichem zu befestigen.

Hat man noch nie *Loc-Line* in den Händen gehabt, fällt es schwer zu glauben, dass diese Schlauchkonstruktion tatsächlich auch Lasten tragen kann. Es gibt einige billigere ähnliche Produkte, die ich aber nicht empfehlen kann, vor allem nicht für den Einsatz als Stativmaterial. *Loc-Line* ist ein gutes Beispiel dafür, wie gut Kunststoffe heute in der Fertigung beherrscht werden und welche Toleranzen erzielbar sind. Die Schläuche sind mechanisch sehr stabil und beständig gegen fast alles, was man so in der Maker-Werkstatt einsetzt (auch gegen Aceton, was die ABS-Konkurrenten

## Kurzinfo

- » **Stativ nach dem Schwanenhalsprinzip selbst bauen**
- » **Für Foto, Video oder als Haltehilfe**
- » **Kompatibel mit üblichem Stativzubehör**

### Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
2 Stunden
-  **Kosten:**  
90 Euro für 4 Stativ

### Werkzeug

- » **Stumpfes Werkzeug** zum Trennen von *Loc-Line*
- » **Selbstbau der Hülsen** Säge, Bohrmaschine, Kernloch- und Gewindebohrer

---

### Material

- » **Loc-Line Schlauch** 3/4 Zoll, Länge je nach Bedarf
- » **Federklemmen** Öffnung groß genug für dicke Tischplatten
- » **Vierkantmuttern** 1/4 Zoll - 20 UNC
- » **Gewindeadapter Hülsen** 1/4 zu 1/4 oder 3/8 Zoll UNC
- » **Alternativ** UNC-Schrauben, Alu-Rund- oder Quadratmaterial
- » **Kleber** Zwei-Komponenten-Epoxid oder 11mm Heißkleber

### Mehr zum Thema

- » **Make Sonderheft 2021**, Loslegen mit Metall
- » **Magic Arm**, Philip Steffan, *Make* 1/15, S. 30
- » **Weiches Videolicht**, Florian Fusco, *Make* 2/16, S. 128

↓ **Alles zum Artikel im Web unter**  
[make-magazin.de/x1s7](http://make-magazin.de/x1s7)

schnell zerstört), in speziellen Ausführungen auch gegen starke Säuren. Ersatzteile sind leicht zu bekommen, sollte man es tatsächlich einmal schaffen, ein Segment zu beschädigen.

Die Firma *Loc-Line* hat inzwischen selbst Produkte für Foto und Film im Angebot, aber unsere Selbstbaulösungen sind noch flexibler und ja immer kompatibel zu den bei *Loc-Line* käuflichen Produkten.

Anderthalb Meter *Loc-Line* in 3/4 Zoll kosten knapp 60 Euro. Das ist nicht billig, reicht aber je nach Baulänge für mehrere Stativ. Nur

die Adapter zu Klemmen und Befestigungen für Equipment müssen modifiziert werden, also kann man die Stativ dann je nach Anwendung durch Trennen und Zusammenfügen neu in der Länge konfigurieren und an die jeweilige Aufgabe anpassen.



## UNC/Fotogewinde

Ein 1/4-Zoll-Fotogewinde ist in Form des Stativgewindes in nahezu jeder heute erhältlichen Kamera verbaut. Das 3/8-Zoll-Fotogewinde wurde früher ebenfalls als Kameragewinde verwendet und ist heute oft an Mikrofonständern zu finden. Viele erhältliche Adaptersets besitzen auch 3/8-Zoll-Gewinde in die ein 1/4-Zoll-Reduzierstück geschraubt werden kann, um maximale Flexibilität zu erhalten.

Technisch sind die Stativgewinde UNC-Gewinde nach US-Norm: *UNC - Unified*

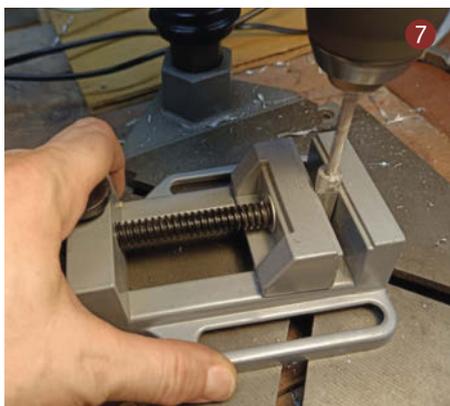
*Coarse Thread Series*, also Amerikanisches Einheits-Grobgewinde. Stativgewinde sind also 1/4 Zoll-20-Gang-Gewinde, mit ca. 6,35mm Außendurchmesser bei 5,35mm Kernlochdurchmesser.

Zu beachten ist die maximale Einschraubtiefe von 4,5 bis 5mm, um das zu befestigende Gerät nicht zu beschädigen. Ist man sich unsicher oder ist ein Gewinde zu lang, helfen Zwischenscheiben, gern auch aus dem 3D-Drucker.



### Bau und Montage

Egal, welche Anwendung Sie für Ihr ganz persönliches Stativ planen: Es müssen immer zwei Segmente so modifiziert werden, dass sie sich irgendwo befestigen lassen und sich Equipment daran fixieren lässt. Die wahrscheinlich flexibelste Verbindung ist hier wohl das sogenannte *Stativgewinde* (siehe Kasten *UNC/Fotogewinde*). Ich habe mich entschieden, auf beiden Seiten nur Innengewinde zusammen mit Adaptern einzusetzen, um Kugelköpfe, Smartphonehalter, LED-Videoleuchten und



viele weitere anzuschließen. So kann ich flexibel andere Sachen anschließen, die ich mit Fotogewinden bestückt habe: z. B. auf beiden Seiten Klemmen, um das Stativ dann als stabile „dritte Hand“ zu verwenden, eine magnetische Basis oder einen transparenten Schutzschirm anzubauen, ohne die Segmente trennen zu müssen.

Für den Bau sollten Sie nun die gewünschte Menge einzelner Segmente abtrennen (siehe Kasten *Locline trennen/fügen*) und so zusammensetzen, dass es für Ihren Einsatzzweck passt, also grob das Stativ auf dem Arbeitstisch zusammensetzen, inklusive der Klemme, den Stativgewinden und der Kamera oder was immer Sie befestigen möchten. Das vermeidet Fehler beim Bearbeiten und Kleben. Eingeklebt werden müssen Gewinde-Hülsen **2** oder Bolzen, die dann in die entsprechenden Gegenstücke an Equipment oder der Stativbefestigung geschraubt werden.

Zum Kleben habe ich 11mm Heißklebesticks **3** benutzt. Die 11mm Sticks haben eine höhere Schmelztemperatur und die Klebungen sind stabiler als die kleinen 7mm Sticks. Die zu klebenden Teile müssen gut entfettet und angeraut werden, sonst kann es passieren, dass die Teile beim festen Anschrauben von Equipment durchdrehen. Im Zweifelsfall bekommt man den Heißkleber aber wieder heraus und kann die Teile dann weiter verwenden. Zweikomponenten-Epoxidkleber ist die stabilere und dauerhaftere Möglichkeit. Sollten sich die Schraubverbindungen beim Ausrichten des Stativs zu leicht lösen, so kann man sich passende Gummischeiben fertigen oder kaufen. Diese sorgen dann beim Anziehen der Verbindung für einen Klemmeffekt bzw. eine Vorspannung an den Gewinden und verhindern so ein Lösen der Verschraubung.

Hat man genügend Hardware aus alten Stativen oder Beigaben zu Fotoequipment gesammelt oder ausgeschlachtet, so kann man eventuell auch direkt ohne Kleben Loc-Line mit Fotostativ-Anschlüssen versehen. Im Bild **4** sieht man eine komplett kleberlose Verbindung, leider bin ich nicht mehr sicher, woher das (entscheidende) linke Teil stammt. Man kann es sicher durch eine UNC-Schraube plus großer Scheibe (größer als der Innendurchmesser des Loc-Line-Schlauchs) ersetzen.

Beim Arbeiten mit den Stücken sollte man darauf achten, dass die Kugelsegmente und

Kugelpfannen nicht fettig werden, dies setzt die Klemmkraft herab. Hat ein Segment durch (Haut)-Fett oder Öl seine Klemmkraft verloren, so kann man die Segmente auch ohne Demontage entfetten. Man trägt großzügig Alkohol oder Isopropanol auf und bewegt die Kugelenke mehrfach, sodass der Alkohol durch die Bewegung in die Kugelpfannen dringt.

### Verstärkung

Möchte man schwerere Kameras oder Lichter befestigen oder sehr lange Stative bauen, so wird das Loc-Line diese je nach Segmentlänge nicht mehr sicher tragen. Besonders am fixen Ende wird es durch den langen Hebel nachgeben. Adam Savage verwendet für etwa das erste Drittel des Stativs *Armature-Wire*, einen gut biegbaren Draht, der bei Stop-Motion-Puppen zum Einsatz kommt. Ich bin in den Baumarkt gegangen und habe mir einen Meter *NYM-J 5 x 4mm<sup>2</sup>*-Leitung besorgt, das kostete nicht einmal 4 Euro und passt sehr gut in das Loc-Line.

An einem Ende isoliert man die Leitung ab und kann die vier Drähte nun in die Gewinde-Hülse in einem Loc-Line-Element einkleben. Was ebenfalls gut funktioniert: die Drähte einfach in das UNC-Gewinde einschrauben **5**. Eine Zange und ein Schraubstock erleichtern dies. Bei den Hülsen mit 3/8-Zoll-Gewinde auf einer Seite lässt man die Isolierung der Einzeladern dran. Bei 1/4-Zoll-Gewinde werden die Einzeladern abisoliert und man muss eventuell eine Ader weniger nutzen. Da die Seele aus NYM-Leitung bei der Benutzung des Stativs nicht gedreht wird, hält diese Methode erstaunlich sicher und mir ist noch keine Seele bei Verwendung des Stativs herausgerutscht. Wer die passende Löt-Technik und das Know-how hat, kann sicher auch verlöten. Der Biegeradius sinkt durch die Seele im Loc-Line-Strang nur unwesentlich: Im Bild **6** befindet sich, von rechts aus bis zur Mitte, eine Seele aus NYM-Leitung.

### Gewindehülsen

Man kann die Gewindehülsen auch selbst fertigen. Etwas Alu-Rund- oder Rechteckmaterial, das in die Hülsen passt, einen Kernlochbohrer 5,2mm, und einen (Einschnitt-)Gewindeschneider (1/4 Zoll x 20 UNC) werden benötigt.

Das Alumaterial langt man mit einer Säge ab, bohrt (am besten mit einem Bohrstander oder einer Standbohrmaschine) 7 und schneidet dann das Gewinde. Beim Bohren und Gewin- deschneiden 8 von Alu ist Spiritus oder auch Isopropanol ein tolles Schmiermittel, das keine Sauerei hinterlässt. Dieses kleine Teilprojekt eignet sich auch als praktischer Einstieg in die Metallbearbeitung, weiteres erfahren Sie in unserem Metall-Sonderheft (Link in der Kurz- info). Am Ende hat man dann Hülsen 9 in genau der gewünschten Länge.

## Klemmen

Hier gibt es so viele Möglichkeiten und Her- ausforderungen, wie es unterschiedliche Klemmenformen und Materialien gibt. Aber für den Maker mit einem Grundstock an Werkzeug ist es kein Problem. Je nach Klem- me muss Kunststoff oder Metall gebohrt 10 werden, ohne die Festigkeit der Klemme zu schwächen.

Ich habe bei den verwendeten Kunststoff- klemmen ein Loch gebohrt, was wegen der nicht mittigen Kunststoffstege in den Griffen nicht ganz einfach zu zentrieren war. Daher

sollte man die Stege vorher im Bereich, in dem die Mutter 11 oder der Schraubenkopf zum Liegen kommt, heraustrennen. Ein schnell drehendes Multifunktionswerkzeug (*Dremel*) ist hier sehr hilfreich.

Dann wird eine UNC-Mutter eingeklebt 12. Hier bieten sich Bund- oder Rechteck- Muttern an, die für größere Auflagefläche sorgen und das Durchdrehen gut verhindern. Alternativ lässt sich auch ein Bolzen verwenden, aber achten Sie auf eine passende Länge (siehe Kasten *UNC/Fotogewinde*).

## Fertig?

Ich habe meine drei Stative jetzt seit Mona- ten immer nahe an meinem Arbeitsplatz. Nun reicht ein Griff um Kamera oder Licht zu meinem aktuellen Projekt zu bekommen und schnell etwas zu dokumentieren. Auch unterwegs ist immer mindestens eines ein- gerollt im Rucksack dabei. Ein paar meiner Ideen, die ich noch ausprobieren möchte, habe ich im Kasten *Weitere Ideen* zusammen getragen. Von Ihren Anwendungen würden wir gerne per Mail an [info@make-magazin.de](mailto:info@make-magazin.de) erfahren!  
—caw



## Loc-Line trennen/fügen

Es gibt Spezialwerkzeug, um Loc-Line Segmente zu trennen und zu fügen. Mit etwas Kraft in den Händen und Know-how ist es aber auch ohne möglich. Längere Stücke trennt man, indem man den Strang an der Trennstelle über die Daumen knickt. Das Fügen gelingt bei längeren Stücken freihändig durch Zusammenste- cken oder indem man ein Segment auf einer stabilen Unterlage abstützt und das andere aufsteckt. Kurze Segmente fügt man zusammen, indem man sie gerade uebereinander gestapelt auf einem Tisch zusammendrückt.

Kurze oder einzelne Segmente, die man nicht sicher mit den Händen fassen kann, trennt man mit einem stumpfen (!) Werk- zeug, sonst droht Verletzungsgefahr für Material und Maker. Man führt es so weit ein, dass nur das äußere Segment auf dem Werkzeug steckt und knickt dann wieder über den Daumen oder eine Tischkante. Möchte man einen Strang von zwei oder drei Elementen trennen, steckt man diese auf einen längeren Strang und trennt dann die gewünschte Zahl einzelner Elemente ab. Das ganze sieht man auch in unserem Video (Link in der Kurzinfo).



## Weitere Ideen

- » beidseitige Klemme als „dritte Hand“
- » Magnethalter und magnetischer Standfuß
- » Blitzschuh nach Loc-Line (ggfs. 1/2 Zoll Loc-Line, Hebelkrafte beachten)
- » Multimeter/Oszilloskop-Tastkopf (1/2 Zoll Loc-Line oder noch kleiner)
- » Boden-Dorn mit Stativgewinde und Loc-Line für Aueneinsatze
- » Mikrofonhalter für Videokonferenzen
- » Pop-Schutz-Halter für Mikrofone

# Tipps & Tricks

Hier lernen Sie, wie man Rohre perfekt ablängt, sich das Arbeiten mit dem Raspberry Pi mit Pin-Headern vereinfacht und wie sich Bastlernaturen ihre Solardusche mit einer Mischbatterie für die perfekte Temperatur upgraden können.

von Stefan Baur, Michael Gaus, Miguel Köhnlein und Hans-Jürgen Pretzel

## Rohre perfekt ablängen

Beim Absägen von Kunststoff-Abflussrohren gelingt das Ablängen nie exakt rechtwinklig. Das sieht zwar nicht professionell aus, ist aber normalerweise in den Aufnahmestücken unkritisch, wenn man nicht extrem schief schneidet. Soll es für ein Maker-Projekt jedoch perfekt rechtwinklig werden, benötigt man ein Hilfsmittel.



Mit einer Muffe als Schiene werden die Schnitte perfekt.



Auch präzises Ablängen auf Maß funktioniert mit dieser Technik besser.

Für die Anfertigung von vier Garten-Tischbeinen aus 110er Abflussrohr kam mir die Idee, eine Überschiebemuffe zu verwenden: Sie wird stramm über das Rohr geschoben und bildet einen super Sägeanschlag – dabei ist sie auch noch preiswerter als die Anfertigung von anderen Selbstbauhilfsmitteln.

Für diese Anwendung sollten die beiden Dichtungen an den beiden Enden der Muffe entfernt werden. In der Mitte der Muffe befindet sich ein Steg, der minimal kleiner als der sonstige Innendurchmesser ist. Er fixiert die auf das Rohr geschobene Muffe ausreichend gut, ermöglicht aber noch ein Verschieben. Somit kann man mittels Zollstock leicht gleiche Längen einstellen, was bei Tischbeinen nicht ganz unwichtig ist. Sollte das Verschieben der Muffe auf dem Rohr wider Erwarten zu schwer sein, so kann das für die Abflussrohre übliche Gleitmittel oder zum Beispiel Spülmittel Abhilfe schaffen.

Bei meiner Anwendung – als Tisch für Gießkannen unter der Gartenpumpe – stützen sich die Kunststoffbeine im Boden durch eine Betonfüllung ab. Da wird zukünftig nichts wackeln, verrotten oder rosten!

Hans-Jürgen Pretzel

## Farbcodierte Pin-Header für Raspberry Pi

Beim Raspberry Pi sind die GPIO-Pins über eine 40-polige Stiftleiste verfügbar. Damit man beim Abgriff von Signalen (zum Beispiel über Dupont-Steckverbinder) eine Verwechslung beim Abzählen der gewünschten Pins und somit versehentliches Falschstecken verhindern kann, gibt es farbig kodierte *Stacking Header*. Diese werden mit der Buchsenseite auf die vorhandene Stiftleiste des Raspberry Pi aufgesteckt und stellen dann wiederum eine Stiftleiste mit Farbmarkierungen an den Pins bereit. So kann man direkt sehen, an welchen Pins beispielsweise die Versorgungsspannung oder der I<sup>2</sup>C-Bus anliegt.

Neben der Ausführung mit 6,2mm Stiftlänge gibt es auch eine Variante mit 13,3mm langen Stiften, die sich für HATs eignen. Hierbei

kann die Farbkodierung von den Stiften herunter geschoben und nach dem Zusammenstecken der Platinen oberhalb auf dem HAT angebracht werden, sodass sie sichtbar bleibt (so wie auf dem Foto angedeutet). Hat man einen Raspberry Pi Zero ohne eingelötete Stiftleiste, können auch farbcodierte Pin-Header anstelle einer Standard-Stiftleiste direkt eingelötet werden. Die Farbkodierung ist folgendermaßen aufgebaut:

### Pinbelegung

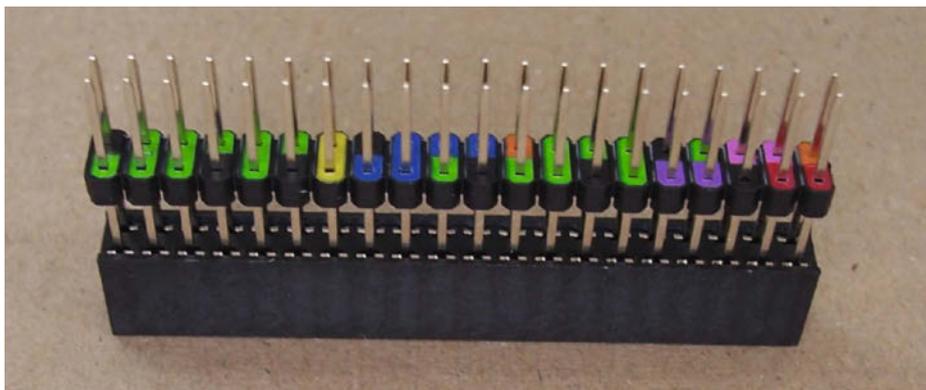
Farbe	Signal
orange	3,3V Versorgungsspannung
rot	5V Versorgungsspannung
pink	I <sup>2</sup> C
violett	UART
blau	SPI
gelb	DNC (Reversed I2C)
grün	GPIO
schwarz	GND (Masse)

Miguel Köhnlein und Michael Gaus

## Solardusche: Knobeln mit Gartenschlauchanschlüssen

Als Eigentümer eines etwas abseits gelegenen Gartengrundstücks, welches zwar über einen Leitungswasser-, nicht aber über einen Strom- oder Gasanschluss verfügt, wünscht man sich vor allem im Sommer eine Duschmöglichkeit. Immer nur mit eiskaltem Wasser duschen zu können, ist aber weder besonders angenehm noch besonders komfortabel. Mangels Strom bleibt daher nur die Sonne als Energielieferant zur Warmwassererzeugung übrig.

Eine Gartendusche älteren Baujahrs habe ich beim Erwerb des Grundstücks vom Vorbesitzer übernommen. Solar-Gartenschläuche sind immer wieder mal bei Discountern im Angebot. Meine Gartendusche hat, im Gegensatz zu den neueren Modellen desselben Herstellers, keinen Absperrhahn direkt an der Dusche. Somit sah das Prozedere anfangs so aus: Solarschlauch anschließen und füllen. Warten, bis das Wasser im Schlauch sich erwärmt hat. Den Wasserhahn aufdrehen und



Bei dieser Variante mit langen Stiften kann die Farbkodierung herausgenommen und über einem aufgesteckten HAT angebracht werden, sodass sie sichtbar bleibt.

schnell zur Dusche rennen, damit nicht zu viel warmes Wasser verloren geht. Knapp vier Liter fast kochend heißes Wasser abbekommen, danach ganz kurz angenehm temperiertes Wasser, und schlussendlich eiskaltes. Zum Wasserhahn zurücklaufen und ihn zudrehen. Die *User Experience* dieser Kombination war somit noch stark verbesserungswürdig.

Meine erste Idee war, eine Mischbatterie zu improvisieren, bestehend aus einem Y-Stück ohne Ventil, das den vom Wasserhahn abgehenden Schlauch auf zwei Anschlüsse verteilt, und einem 2-Wege-Ventil, das entgegen seiner eigentlich angedachten Anschlussrichtung zum Einsatz kommt: An den einen Anschluss kommt ein normaler Gartenschlauch, der im Schatten verlegt wird, an den anderen der Solarschlauch. Zwar ist so eine Mischbatterie nicht so komfortabel wie ein Einhebelmischer, aber durchaus eine akzeptable Alternative. Zum Anschluss wollte ich die vorhandene Steckkupplung der Dusche ab- und dort das 2-Wege-Ventil anschrauben. Problem: Das passt nicht, denn der Hersteller hat hier statt des für Garten-Wasserhahn-Auslässe üblichen Gewindes ein abweichendes verbaut. Die Steckkupplung der Dusche passt dank des leicht größeren Gewindes auch auf den Wasserhahn (ist dabei aber nicht dicht zu bekommen), das 2-Wege-Ventil passt dagegen gar nicht erst auf die Dusche.

Als ich vor kurzem im Baumarkt war, um ein paar neue Schlauchkupplungen zu erwerben, fiel mir im Regal ein weiteres Kupplungsbauteil auf, welches der Hersteller als *Übergangsstück* bezeichnet. Und siehe da: Dieses hat das zum 2-Wege-Ventil passende Gewinde! Somit hatte ich jetzt eine passende Kupplung, mit der ich das 2-Wege-Ventil entgegen der vorgesehenen Fließrichtung an die reguläre Steckkupplung der Dusche anschließen konnte. Leider zeigte der Praxistest dann, dass die Angabe der Fließrichtung auf dem 2-Wege-Ventil nicht ohne Grund vorhanden ist: Im „trockenen“ Testlauf (Durchpusten) sperren die Ventile zwar auch in der Gegenrichtung ab;

mit Wasser sind sie aber entgegen der vorgesehenen Fließrichtung leicht überfordert, sodass die Dusche ständig läuft, nur je nach Ventilstellung unterschiedlich stark.

Für Besitzer neuerer Gartenduschen ist das kein Problem – sie haben einen Absperrhahn direkt an der Dusche, können also die Mischbatterie verwenden, um das Mischungsverhältnis aus Warm- und Kaltwasser zu justieren, und den Absperrhahn, um die gesamte Durchflussmenge bis auf 0 herunterzuregeln. Ich habe mir daher für mein älteres Gartenduschen-Modell noch ein separat erhältliches Absperrventil zugelegt und zwischen Dusche und Mischbatterie gekoppelt. Da diese Konstruktion durch ihre Länge eine ziemliche Kraft auf den Anschluss an der Dusche ausübt, werde ich mir dazu noch eine Befestigung an den Holm der Dusche und an das 2-Wege-Ventil montieren.

Grundsätzlich kommt man mit den knapp vier Litern Warmwasser aus dem Schlauch überraschend weit, wenn man den Schlauch lang genug in der Sonne liegen lässt und beim Duschen Kaltwasser beimischt, zumal der Solarschlauch auch an das nachströmende kalte Wasser noch etwas Wärme abgibt, speziell bei reduzierter Fließgeschwindigkeit.

Stefan Baur  
—rehu



2-Wege-Ventil mit Gardena-Übergangsstück



Diese Konstruktion spart gut 75 bis 100 Euro im Vergleich zu fertigen Solarduschen, braucht bei ihrer Länge allerdings eine Befestigungslösung.

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x5r3](https://make-magazin.de/x5r3)

### Machen Sie mit!

Kennen Sie auch einen raffinierten Trick? Wissen Sie, wie man etwas besonders einfach macht? Wie man ein bekanntes Werkzeug oder Material auf verblüffende Weise noch nutzen kann? Dann schicken Sie uns Ihren Tipp – gleichgültig aus welchem Bereich (zum Beispiel Raspberry, Arduino, 3D-Druck, Elektronik, Platinenherstellung, Lasercutting, Upcycling ...).

Wenn wir Ihren Tipp veröffentlichen, bekommen Sie das bei Make übliche Autorenhonorar. Schreiben Sie uns dazu einen Text, der maximal 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)



# KI für den ESP32

Mit Python und Tensorflow modellieren und trainieren wir mit wenigen Zeilen Code interaktiv ein neuronales Netz, das Ziffern von Wasser-, Strom- und Gaszählern erkennen kann.

von Josef Müller

Im ersten Teil lag der Fokus auf der Installation der Python-Umgebung und vor allem der Vorbereitung der Trainingsdaten. Dabei wurde durch die Verwendung von *Data Augmentation* aus wenigen Trainingsbildern ein umfangreicher Datensatz generiert. Mit diesen Trainingsbildern soll nun im zweiten Teil ein neuronales Netz trainiert werden, das wir noch bauen müssen, was aber dank des grandiosen Frameworks *Tensorflow* gar nicht so schwer ist und auch wenig bis gar keine mathematischen Kenntnisse voraussetzt. Dennoch kurz ein wenig Theorie.

Der Begriff *neuronales Netzwerk* zeigt schon im Namen, an welche biologische Analogie diese Struktur angelehnt ist. Im Vergleich zwischen Nervenzellen und künstlichen neuronalen Netzen sieht man sehr ähnliche Strukturen: Nervenzellen/Neuronen, die als Eingang und Ausgang dienen, Verbindungen zwischen beiden und einen vielschichtigen Informationsfluss über ein komplexes Netzwerk mit vielen Verbindungen.

Die Idee hinter neuronalen Netzen ist es, eine Art selbstoptimierendes System zu schaffen. Neuronen sind die Knoten des Netzes. Man kann sich einen Knoten im Prinzip wie einen kleinen Rechner vorstellen ❶, der mit seinen Eingangsdaten viele Multiplikationen und Additionen durchführt und das Ergebnis an seinem Ausgang weitergibt. In einem neuronalen Netz sind die Neuronen in Schichten bzw. *Layern* gruppiert, innerhalb derer sie jedoch nicht untereinander verbunden sind. Neuronen unterschiedlicher Schichten sind hingegen miteinander verbunden.

Übliche neuronale Netze haben eine Eingabeschicht für die Daten (hier unsere Bilder), mindestens eine (verborgene) Zwischenschicht (*Hidden Layer*) und eine Ausgabeschicht (zur Ausgabe der Antwort). Alle Neuronen des Hidden Layers sind typischerweise an ihren Eingängen mit allen Neuronen der vorherigen und am Ausgang mit allen Neuronen des folgenden Layers verbunden ❷. Wenn jedes Neuron mit jedem Neuron des nächsten Layers verbunden ist, spricht man von *Fully Connected Layer* oder *Dense Layer*.

Die Eingänge eines Neurons werden für jede Verbindung mit einem individuellen Faktor multipliziert, der sogenannten *Gewichtung* ( $w$ , englisch *weight*). Es gibt so viele Gewichte, wie es Eingänge bzw. Verbindungen zu anderen Neuronen gibt. Im Training eines neuronalen Netzes werden die Werte für die Gewichte jeder einzelnen Verbindung in vielen aufeinander folgenden Durchgängen so lange angepasst, bis die Ausgabe näherungsweise zum erwarteten Ergebnis passt.

Bildlich kann man sich das Trainieren wie das Durchprobieren beim Einparken eines Autos in eine Lücke vorstellen: Rechts einschlagen, rückwärts, links einschlagen, Stopp, vorwärts, zu weit, rechts einschlagen, nochmal von

## Kurzinfo

- » Neuronale Netze verstehen
- » Datenaufbereitung und -aufteilung
- » Layer für Bilderkennung anwenden
- » Netz modellieren, trainieren, bewerten und speichern

### Checkliste

-  **Zeitaufwand:** 2 Stunden
-  **Kosten:** keine, nur PC erforderlich
-  **Software:** Python und Anaconda Navigator

### Mehr zum Thema

- » Josef Müller, ESP32CAM liest Wasseruhr, Make 2/21, S. 14
- » Daniel Bachfeld, Einstieg in KI, Make 6/18, S. 36
- » Josef Müller, KI für den ESP32, Teil 1, Make 6/21, S. 48

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

vorne, bis es irgendwann passt. Abstand zur Lücke, Lenkeinschlag, Geschwindigkeit usw. wären dann die Gewichtungen. Wie gut man am Ende in der Parklücke steht, würde ein Fehleralgorithmus ermitteln und an den Fahrer senden. Passt das nicht, probiert man nochmal. Weitere Details und weniger hinkende Vergleiche zu Gewichten, bildverarbeitenden Netzen und Verarbeitungsschritten finden Sie in unserem Online-Artikel (Link siehe Kurzinfo).

## Vorbereitung

Die Arbeitsschritte bis zu einem fertig trainierten neuronalen Netz für eine Verwendung

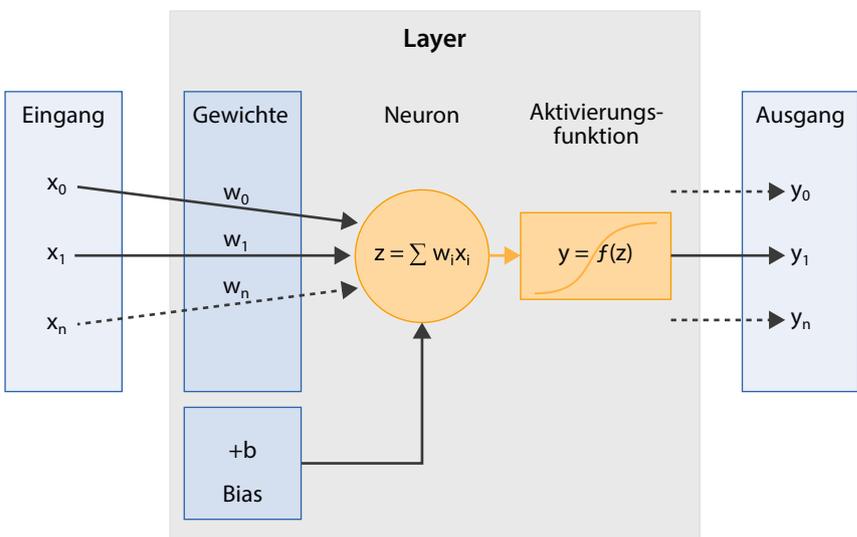
für den ESP32 haben wir in einzelne Skripte respektive Jupyter-Notebooks unterteilt. Sie finden alle Jupyter-Notebooks für den zweiten Teil auf Github (siehe Link). Die Python-Skripte sind durchnummeriert und bauen aufeinander auf ❸. Wie man Jupyter-Notebooks verwendet, haben wir im ersten Teil erklärt.

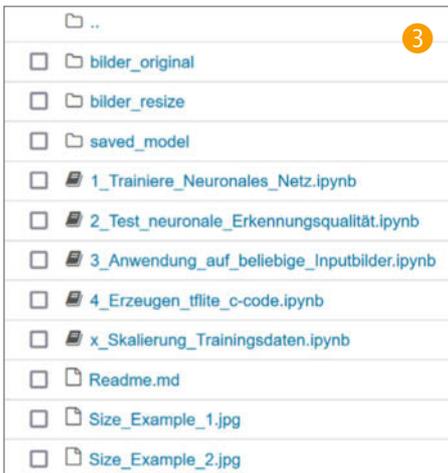
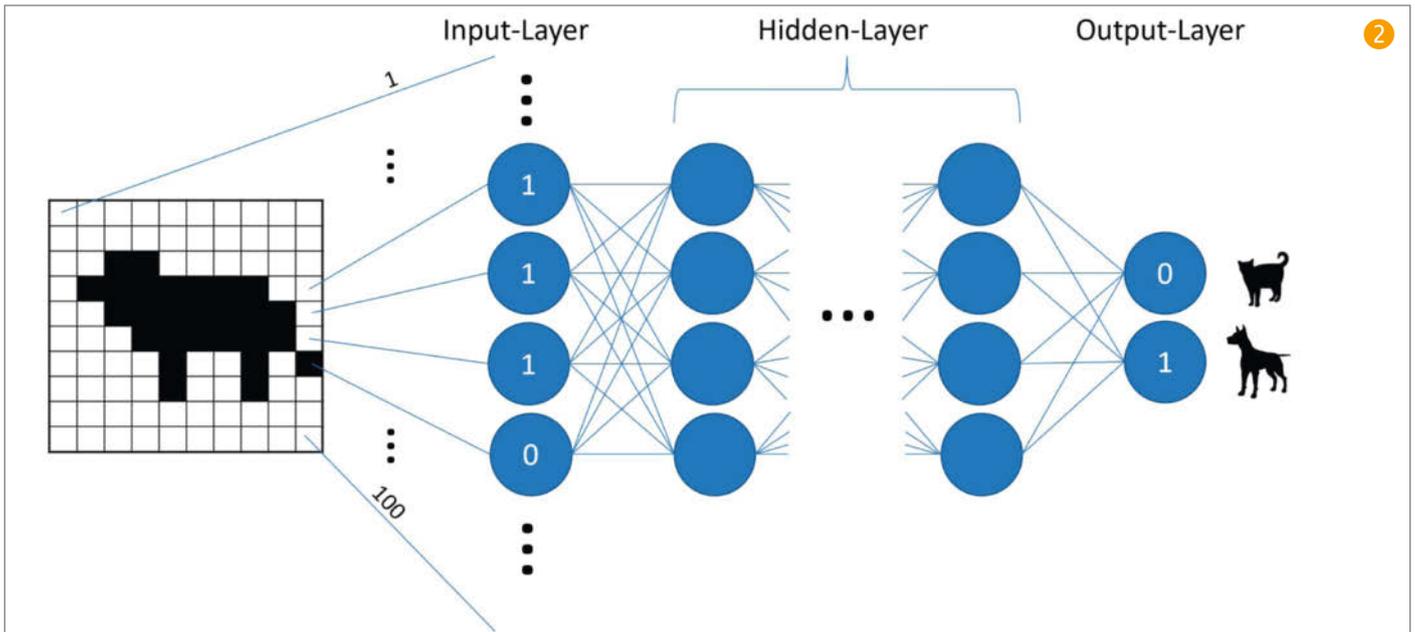
In den dazugehörigen Bildordnern sind bereits zahlreiche Bilder für das Training vorhanden. Eine noch viel größere Anzahl und Variation an Ziffern findet Sie im Trainings-Repository zum Wasserzähler-Projekt (siehe Link).

Am Anfang aller Notebooks steht die Variable `ModelNameAndVersion`, in der ein

## Aufbau eines Neurons

Ein Neuron arbeitet wie ein kleiner Taschenrechner. Es multipliziert und addiert und gibt sein Ergebnis aus.





eindeutiger Name definiert ist. Unter ihm speichern wir später das neuronale Netz auf dem Dateisystem. Wenn man mit den Notebooks der Reihe nach arbeitet, muss man darauf achten, dass dort immer derselbe Name steht. Wenn man später mit unterschiedlichen Parametern und Optionen experimentieren will, kann man den Namen einfach ändern, ohne das zuvor erstellte und trainierte Netz zu überschreiben.

### Netzdefinition

Im ersten Skript wird das neuronale Netz aufgebaut und trainiert. Das Notebook `1_Trainiere_neuronales_Netz.ipnb` folgt folgendem Ablauf:

1. Laden der Bibliotheken und Einstellungen
2. Laden der Bilder
3. Erzeugen der Trainingsdaten & Testdaten
4. Definition und Aufbau des Netzes
5. Training

Der erste Schritt lädt alle benötigten Bibliotheken, neben dem Modul `tensorflow` auch `matplotlib` zum Zeichnen von Graphen für die Visualisierung des Trainingsfortschritts und der Qualität. Anlehnend an die Skripte für Data Augmentation aus dem letzten Teil werden die Bilddateien geladen. Im Vergleich zum Skript des ersten Artikels muss das hier verwendete um zwei Punkte erweitert werden: Laden und Speichern aller Bilder und Auslesen des Soll-Wertes, also der Ziffer, aus dem Dateinamen.

Wir nehmen an, dass alle Trainingsbilder bereits reskaliert in dem vorhandenen Verzeichnis (`Input_dir = 'bilder_resize'`) vorliegen. Wenn dies nicht der Fall ist, lassen Sie das Notebook `x_Skalierung_Trainingsdaten`.

`ipynb` einfach nochmal laufen, wir haben es in die Skript-Sammlung des zweiten Teils aufgenommen.

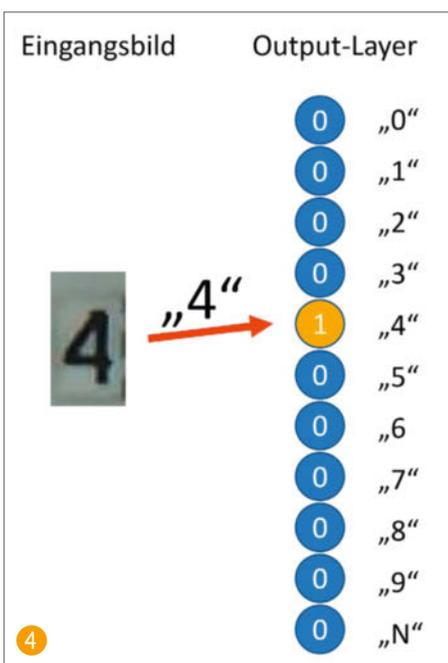
Wir nutzen die Python-Systembibliothek `glob`, um die Bilder zu laden. Sie liest alle Dateinamen eines Verzeichnisses und speichert sie in einer Liste, die wir in einer Schleife durch iterieren:

```
files = glob.glob(Input_dir + '/*.jpg')
for aktfile in files:
    img = Image.open(aktfile)
    x_data = np.array(img)
    x_data.append(data)
```

Anschließend wird das Bild mittels `Image.open()` geladen, mit der Bibliothek `Numpy` in ein besonders formatiertes Array umgewandelt und in das Datenarray `x_data` geschrieben, respektive angehängt. Das geschieht mit allen Bildern im Verzeichnis, womit die Bilddaten in den Speicher geladen sind. Zusätzlich müssen wir für die Klassifizierung jedem einzelnen Bild noch seine Klasse (Label) zuordnen. Welche Ziffer (Klasse) auf dem jeweiligen Bild zu erkennen ist, ist im ersten Zeichen des Dateinamens angegeben.

Das Zeichen enthält entweder die abgebildete Zahl oder ein N, falls es sich um die Kategorie `Not-A-Number` handelt. Zur Erinnerung: Der Zustand N beschreibt eine uneindeutige Zahl, wenn zum Beispiel das Ziffernrad zwischen zwei Werten steht. Dies wird einem elften Zustand zugeordnet, so dass insgesamt elf Klassen existieren. Das bedeutet im Vorgriff zur Definition des neuronalen Netzes, dass am Ausgangslayer elf Ausgangsneuronen definiert werden, die den einzelnen Klassen entsprechen.

Wenn jetzt also zum Beispiel das Bild eine 4 darstellt, so soll im Idealzustand am Ausgang



nur das Neuron mit der Nummer 4 aktiv sein (=1), alle anderen sollen eine 0 ergeben, inklusive des elften Neurons für Not-A-Number (NaN).

Da dies eine typische Aufgabe für Klassifizierungsnetzwerke ist, gibt es in Tensorflow eine Funktion, die aus einer Zahl einen Vektor erzeugt, der genau diesem Schema entspricht:

```
category_vektor = tf.keras.utils.to_categorical(category, 11)
```

Dieser Zielvektor **4** wird in einem weiteren Array `y_data` beigefügt, wobei die Indizes der beiden Arrays dann jeweils auf die zusammengehörenden Daten zeigen. Im Ergebnis hat man nun zwei Arrays, deren erster Index jeweils über die Trainingsbilder iteriert und die entweder die Bilddaten als Array ( $20 \times 32 \times 3$ ) oder den Zielzustand (11) enthalten. Das Skalar 3 in  $20 \times 32 \times 3$  bezieht sich auf den Farbraum der Bilder: je 1 Byte für R, G und B (3 Bytes, zusammen 24 Bit). Bei der Zuordnung der Zielzustände ist wie bei allen Arrays zu beachten, dass das 11. Element für N der Klasse 10 zugeordnet ist – wir fangen ja bei 0 an zu zählen.

## Trainings- und Testdaten

Um den Trainingserfolg unseres Notebooks zu messen, ist es notwendig, dass man mindestens zwei Datensätze hat: einen Trainingsdatensatz, mit dem das Netz trainiert wird, und einen zweiten Satz an Evaluierungsdaten, an dem man die Erkennungsleistung misst.

Ansonsten besteht die Gefahr, dass das neuronale Netz zwar auf den ersten Blick immer besser wird und seine Fehler stetig abnehmen. In Wahrheit lernt es aber alle Bilder eines Trainingsatzes einfach auswendig. Sobald man dann untrainiertes Bildmaterial verwendet, sinkt die Erkennungsleistung erheblich.

Da wir nur einen Datensatz haben, teilen wir ihn einfach auf. Praktischerweise hat Tensorflow dafür eine eingebaute Funktion. Da die Bilder aufgrund des Dateinamens in fester Reihenfolge geladen wurden, müssen die Bilder aber zunächst einmal zufälliger angeordnet werden. Dazu verwenden wir die Funktion `shuffle()` des am Anfang des Notebooks eingebundenen Moduls `Sklearn`. Zwar ändert sich damit die Reihenfolge, die Zuordnung von Bild und Ergebnis (Klasse) in beiden Arrays bleibt aber erhalten. Anschließend kann man über die Funktion `train_test_split()` das Array in einem vorgegebenen Verhältnis aufteilen und hat somit die beiden Datensätze. Wir teilen den Datensatz zu 80 Prozent Training und 20 Prozent Evaluierung auf:

```
x_data, y_data = shuffle(x_data, y_data)
Training_Percentage = 0.2
x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(x_data, y_data, test_size=Training_Percentage)
```

```
datagen = ImageDataGenerator(width_shift_range = [-Shift_Range, Shift_Range],
                             height_shift_range = [-Shift_Range, Shift_Range],
                             brightness_range = [1-Brightness_Range, 1+Brightness_Range],
                             zoom_range = [1-ZoomRange, 1+ZoomRange],
                             rotation_range = Rotation_Angle)
Batch_Size = 4
train_iterator = datagen.flow(x_train, y_train, batch_size=Batch_Size)
validation_iterator = datagen.flow(x_test, y_test, batch_size=Batch_Size)
```

Im Training wird wieder Data Augmentation mit der Funktion `datagen = ImageDataGenerator()` eingesetzt, um die Bildersammlung künstlich zu erweitern. Bei den möglichen Variationen wurden im Notebook gut funktionierende Standardwerte verwendet. Sie können hier gerne mit Variationen spielen, um zu sehen, was am besten für Sie funktioniert.

Um später das neuronale Netz mit den Bildern zu füttern, benutzt man sogenannte Iteratoren. Ein Iterator funktioniert unter Python im Prinzip wie ein Nummern-Zieh-Automat in Behörden. Wenn man den Knopf drückt, spuckt der Automat einen Zettel mit der nächsten Wartenummer aus.

Das funktioniert unter Python mit beliebigen Objekten: Immer wenn man den Iterator abfragt, gibt er das nächste Objekt aus seiner Liste zurück, hier Bilder **5**. Genau genommen ist es hier immer eine Sammlung von Bildern, nämlich ein Batch. Der Parameter `Batch_Size` legt im Notebook fest, wieviele Bilder geliefert und in einem Lernzyklus des neuronalen Netzes gleichzeitig bewertet werden sollen, bevor die Gewichte angepasst werden sollen.

Da man zwei Datensätze hat, werden zwei Iteratoren im Notebook definiert – einen für die Trainings- und einen für die Testdaten.

## Datenreduktion

Für Bilderkennungsaufgaben besteht ein neuronales Netz meist aus einer Abfolge von *Convolutional*- und *Pooling*-Layer (siehe Einführungs-Artikel unter dem Link) und daran

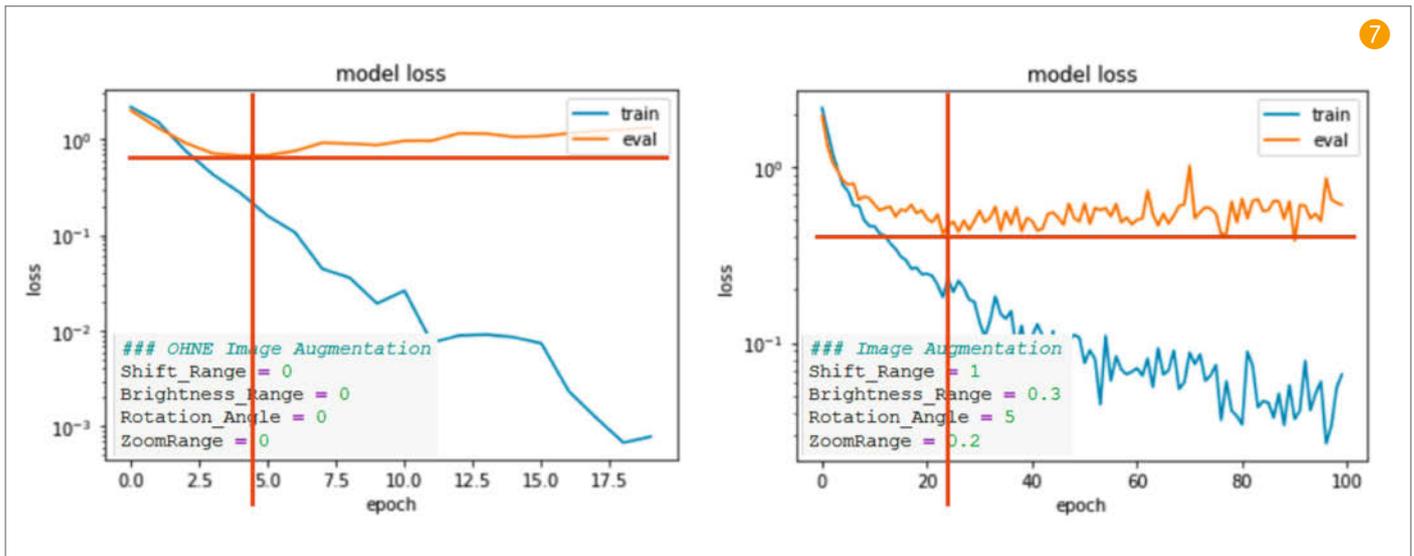
haben wir uns auch hier orientiert. Die Anzahl und Größe der Layer hängen wiederum von den Eingangsdaten ab, hier der Größe der Bilder und den zugeordneten Klassen. Im Vorfeld haben wir einige verschiedene Optionen getestet. Im Folgenden zeigen wir einen Netzaufbau, der sich für diese Aufgabe bewährt hat.

Im Eingangslayer findet zunächst eine Normalisierung der Bilddaten statt **6**. Dies wird immer dann angewandt, wenn der Wertebereich nicht gut zum optimalen Wertebereich der Neuronen passt. Die Farbinformationen in Bilddaten geht typischerweise pro Farbkanal von 0 bis 255, Neuronen rechnen vereinfacht gesagt aber lieber mit kleineren Werten zwischen 0 und 1.

Dann wird dreimal hintereinander die Kombination aus *Faltungs*- und *Pooling*-Layer angewendet (Details zu diesen Layern finden Sie unter dem Link). Die Funktion `Conv2D` definiert die Faltung, wobei der erste Parameter die Anzahl der *Featuremaps* angibt und der anschließende Vektor die Größe des Operatorkerns. Als letzter interner Layer wird ein einzelner flacher vollverbundener Layer eingefügt (*Flatten*). Er macht quasi aus der Matrix des letzten *Pooling*-Layers eine lange Kette von Neuronen.

Der Ausgang besteht aus den oben beschriebenen elf Zuständen. Die Aktivierungsfunktion `softmax` sorgt dafür, dass die Ausgangswerte aller Neuronen zwischen 0 und 1 liegen und in der Summe genau 1 ergeben. Man kann also den Wert jedes einzelnen Ausgangs-Neurons als Wahrscheinlichkeit interpretieren, dass das Bild dessen zugeordnetem

```
model = tf.keras.Sequential()
model.add(BatchNormalization(input_shape=(32,20,3)))
model.add(Conv2D(16, (3, 3), padding='same', activation="relu"))
model.add(MaxPool2D(pool_size=(2,2)))
model.add(Conv2D(32, (3, 3), padding='same', activation="relu"))
model.add(MaxPool2D(pool_size=(2,2)))
model.add(Conv2D(32, (3, 3), padding='same', activation="relu"))
model.add(MaxPool2D(pool_size=(2,2)))
model.add(Flatten())
model.add(Dense(256,activation="relu"))
model.add(Dense(11, activation = "softmax"))
model.summary()
model.compile(loss= tf.keras.losses.categorical_crossentropy,
              optimizer= tf.keras.optimizers.Adadelta(learning_rate=0.6, rho=0.95),
              metrics = ["accuracy"])
```



Wert entspricht. Bei einer 4 liefert beispielsweise das dazugehörige Neuron einen Wert von 0,99 während alle anderen Neuronen 0,01... liefern.

Die Vorhersage des neuronalen Netzes erhält man, indem man einfach nach dem Neuron mit dem höchsten Wert sucht. Ist es das erste Neuron, so entspricht es der 0, beim zweiten der 1, usw. bis zum zehnten Neuron für die 9 und dem elften Neuron für den Zustand *Not-A-Number* und die Klasse 10.

Über die Funktion `model.summary()` bekommt man einen Überblick über das neuronale Netz und auch die Anzahl der zu trainierenden Parameter. Als letzten Schritt muss die Struktur noch kompiliert werden, dies ist gleichbedeutend mit dem Aufbau des Netzes im System, so dass es anschließend trainiert und verwendet werden kann. Die in der `compile()`-Funktion übergebenen Parameter beziehen sich auf bestimmte Verfahren zur Minimierung des Fehler respektive zur Optimierung während der Trainingsphase.

## Training

Das eigentliche Training ist nach all diesen Vorbereitungen sehr einfach. Es besteht eigentlich nur aus einem einzigen Befehl mit der Funktion `model.fit()`. Ihr übergibt das Skript die Trainings- und Evaluierungsdaten sowie die Anzahl der *Epochen*, die man trainieren möchte. Eine Epoche entspricht genau einem Umlauf über alle Trainingsdaten. Dies ist der rechenaufwändigste Schritt und er kann je nach Rechenpower und Anzahl der Bilder viel Zeit in Anspruch nehmen. Die Anzahl der Testbilder und die Größe des hier gewählten Netzes sollte jedoch ein Training auf nahezu allen üblichen Rechnern ermöglichen.

Der Rückgabewert der Trainingsfunktion liefert ein Array über den Trainingsverlauf. Darin wird der Fehler (die Loss-Funktion) so-

wohl der Trainings- wie auch der Testdaten für jede Trainingsepoche gespeichert.

Eine grafische Darstellung über `plt`-Funktion ermöglicht einen guten ersten Eindruck **7**. Die Fehler sollten zunächst mit jeder Trainingsepoche abnehmen. Um zu erkennen, wie viele Epochen sinnvoll sind, kommt jetzt der Unterschied zwischen Trainings- und Evaluierungsdaten zum Tragen. Meistens kann man beobachten, dass die Fehler bei den Trainingsdaten noch sehr lange abnehmen.

Da die Evaluierungsdaten nicht zum Anpassen der Gewichtungen verwendet werden, können diese auch nicht gelernt werden. Daher ist deren Fehlerquote ein gutes Maß für das Lernvermögen. Zu Beginn nimmt der Fehler auch hier noch mit fortschreitender Epochenzahl ab. Ab einem bestimmten Punkt stagniert dies jedoch. Dies ist ein klares Zeichen dafür, dass jetzt keine weiteren allgemeinen Eigenschaften der Trainingsbilder gelernt werden.

## Erkennungsqualität

Wenn die Variationen in den Bildern sehr gering sind, so kommt es auch vor, dass die Fehler für die Testdaten sogar wieder zunehmen, obwohl die Fehler für die Trainingsdaten noch weiter zunehmen. Ab diesem Punkt wird die Gesamtperformance des Netzwerkes in der Regel wieder schlechter, denn die Gewichte beginnen, sich sehr spezifisch an die individuellen Trainingsdaten anzupassen, sie quasi auswendig zu lernen. Ein längeres Training ist nicht mehr sinnvoll.

Dank Data Augmentation und den zusätzlich variierenden Eingangsbildern tritt dies erst sehr spät auf. Die Kurven in **7** zeigt ein solches Verhalten im Vergleich. Um das Verhalten ohne Data Augmentation zu beobachten, ist es am einfachsten, die Parameter der Bildvariation auf 0 zu setzen. Man sieht, dass nach rund vier Epochen der Fehler in den Testdaten

wieder zunimmt. Aber auch mit Augmentation erkennt man, dass bei diesem Datenset nach ca. 20 Trainingsepochen kein signifikanter Fortschritt in den Evaluierungsdaten mehr zu erkennen ist.

Um die trainierten Eigenschaften des neuronalen Netzes dauerhaft zur Verfügung zu haben, wird im letzten Schritt das neuronale Netz gespeichert:

```
model.save('saved_model/' +
ModelNameAndVersion)
```

Das Model wird vollständig (Aufbau, Trainingsergebnis) im H5-Format (*Hierarchical Data Format 5*) gespeichert. Da es aus mehreren Dateien besteht, wird es unter dem am Anfang definierten Namen in dem Unterverzeichnis `saved_model` gesichert. Von dort kann es dann in den späteren Schritten wieder geladen werden, ohne dass das Training erneut durchgeführt werden muss.

Die Fehlerfunktion liefert zwar ein gutes Indiz, ob das neuronale Netz Epoche für Epoche noch lernt, aber daraus kann man nur schlecht direkt auf die Qualität der Erkennungsrate schließen. Einen besseren Eindruck von der Qualität kann man bekommen, wenn man zunächst erst einmal das trainierte Netz auf die ursprünglichen Bilder anwendet. Im zweiten Skript `2_Test_neuronale_Erkennungsqualität.ipynb` wird gezeigt, wie man ein trainiertes gespeichertes Netz wieder zur Verfügung stellt und anschließend dieses Netz auf die ursprünglichen Trainingsdaten anwendet.

## Anwendung

Das gespeicherte Netz kann genauso einfach geladen werden, wie es auch gespeichert wurde:

```
model = tf.keras.models.load_
model('saved_model/' +
```

```
ModelNameAndVersion)
model.summary()
```

Die zweite Zeile zeigt einen Überblick und man erkennt an der Ausgabe die vorab definierte Netzstruktur. Somit ist man jetzt in demselben Status wie nach dem direkten Training des Netzes. Man könnte sogar das Training von hier aus weiterführen.

Im zweiten Teil dieses Skriptes werden die Trainingsbilder durch das neuronale Netz geschickt. Ähnlich zum Laden der Trainingsbilder wird auch hier über alle Dateien in dem Ordner mit den normierten Bildern ( $20 \times 32 \times 3$ ) iteriert. Auch wird zunächst aus dem ersten Zeichen des Dateinamens der erwartete Zahlenwert bestimmt und in `Classification_SOLL` hinterlegt. Als nächstes wird das Bild geladen. Die Erkennung des Bildes über das neuronale Netz erledigt eine einzelne Zeile:

```
result = model.predict(img)
```

Die Funktion `model.predict()` liefert als Ergebnis den Output-Layer zurück, also ein Array (Vektor) mit elf Wahrscheinlichkeiten. Glücklicherweise gibt es eine Funktion in der Bibliothek *Numpy*, die die Klasse mit dem höchsten Wert zurückgibt:

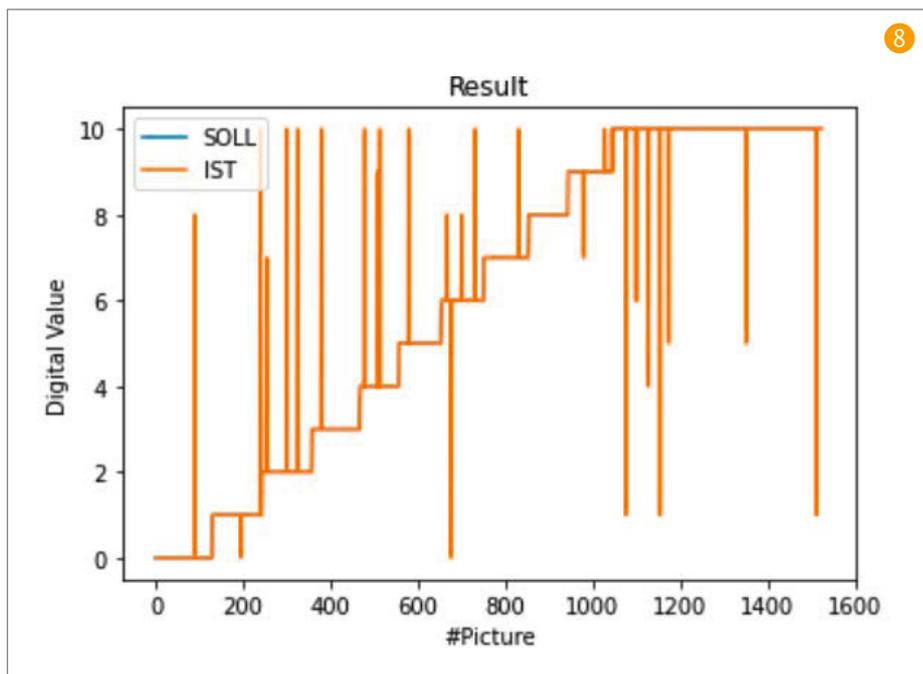
```
classes = np.argmax(result, axis=-1)
Classification_IST = classes[0]
```

Die erste Funktion findet das Maximum, liefert dieses aber in einem 1-dimensionalen Array, welches dann in der zweiten Zeile der Ergebniszahl `Classification_IST` zugewiesen wird.

Im Rest des Notebooks wird zum einen der Soll- und der Ist-Zustand in einem Array abgelegt. Zum anderen wird bei einer Abweichung zwischen Soll und Ist eine Ausgabe mit den Ergebnissen und dem zugehörigen Bild erzeugt. Dies ist sehr nützlich, um einen Eindruck der nicht erkannten Bilder zu bekommen. Oft erkennt man schon an den falsch erkannten Bildern eine Systematik, wie zum Beispiel sehr geringer Kontrast oder ähnliches.

Die abschließende Visualisierung **8** zeigt die Abweichung zwischen Soll- und Ist-Werten und gibt einen guten Überblick, welche Anzahl an Bildern falsch klassifiziert wurden. Die 0 wurde beispielsweise einmal fälschlicherweise als 8 erkannt. Die 1 einmal als 0. Die 2 wurde einmal als 7 erkannt, zweimal wurde sie gar nicht erkannt, also jeweils 10 für NaN.

Man darf nicht die Erwartung haben, dass Bilder immer fehlerfrei klassifiziert werden. Selbst große und aufwendig trainierte neuronale Netze haben eine Erkennungsrate deutlich kleiner als 100 Prozent. Daher sollte die Verwendung von Ergebnissen aus neuronalen Netzen auch immer weiteren Plausibilitätskontrollen oder Fehlerkorrekturmechanismen unterliegen. Wird etwa bei der Wasseruhr eine Ziffer nicht erkannt, so wird zunächst versucht, diese aus dem vorherigen Wert abzuleiten.



Wenn dies auch nicht sinnvoll gelingt, wird der gesamte Wert verworfen. Dies hat sich als sehr effektiv und nützlich herausgestellt. Fehlertolerante Konzepte sind ein wesentlicher Teil einer Anwendung von neuronalen Netzen.

Das Skript `3_Anwendung_auf_beliebige_Inputbilder.ipynb` ist eine geringfügige Modifikation des vorherigen. Der Unterschied besteht darin, dass nun ein einzelnes beliebiges Bild geladen, skaliert und erkannt wird. Sie müssen es dazu im Ordner der Jupyter-Notebooks ablegen und gegebenenfalls den Dateinamen im Skript anpassen.

## ESP32-Verwendung

Wir haben nun ein Modell, das auf dem PC in Python gut funktioniert. Um es auch auf dem ESP32 zu verwenden, muss es quasi übersetzt werden. Die Tensorflow-Bibliotheken, die später auf dem ESP32 verwendet werden, sind speziell angepasste C-Implementierungen. Sie sind besonders kompakt und auf die Ausführung auf kleineren CPUs mit geringem Speicher ausgelegt.

Dafür ist auch ein spezielles Speicherformat vorgesehen, welches sich *tflite* nennt. Darin ist die gesamte Information zu Netzaufbau und den trainierten Gewichten in einer einzigen durchgängigen Struktur in einem binären Datenformat abgelegt. Diese Binärdaten können nachher einfach mit einer *tflite*-Funktion geladen werden und das neuronale Netz ist quasi einsatzbereit.

Hier sollen zwei Möglichkeiten gezeigt werden, mit denen man das Netz in dem kompakten Format speichert und später im Quellcode verwenden kann:

1. Die Speicherung als C-Datenobjekt zur Einbindung im Quellcode oder

2. Die Speicherung als Datei, um es dynamisch von einer Datenquelle zu laden.

Wie das funktioniert, ist im Notebook `4_Erzeugen_tflite_c-code.ipynb` gezeigt. Die Umwandlung in das *tflite*-Format wird mittels eines Konverters durchgeführt:

```
converter =
tf.lite.TFLiteConverter.from_keras_
model(model)

tflite_model = converter.convert()
```

Im Datenobjekt `tflite_model` steht nun die binäre Codierung unseres Netzes. Diese kann einfach in eine Datei geschrieben werden:

```
open(ModelNameAndVersion + ".tfl",
"wb").write(tflite_model)
```

Ich verwende hier typischerweise die Endung *.tfl* oder *.tflite*.

## C-Datenobjekt

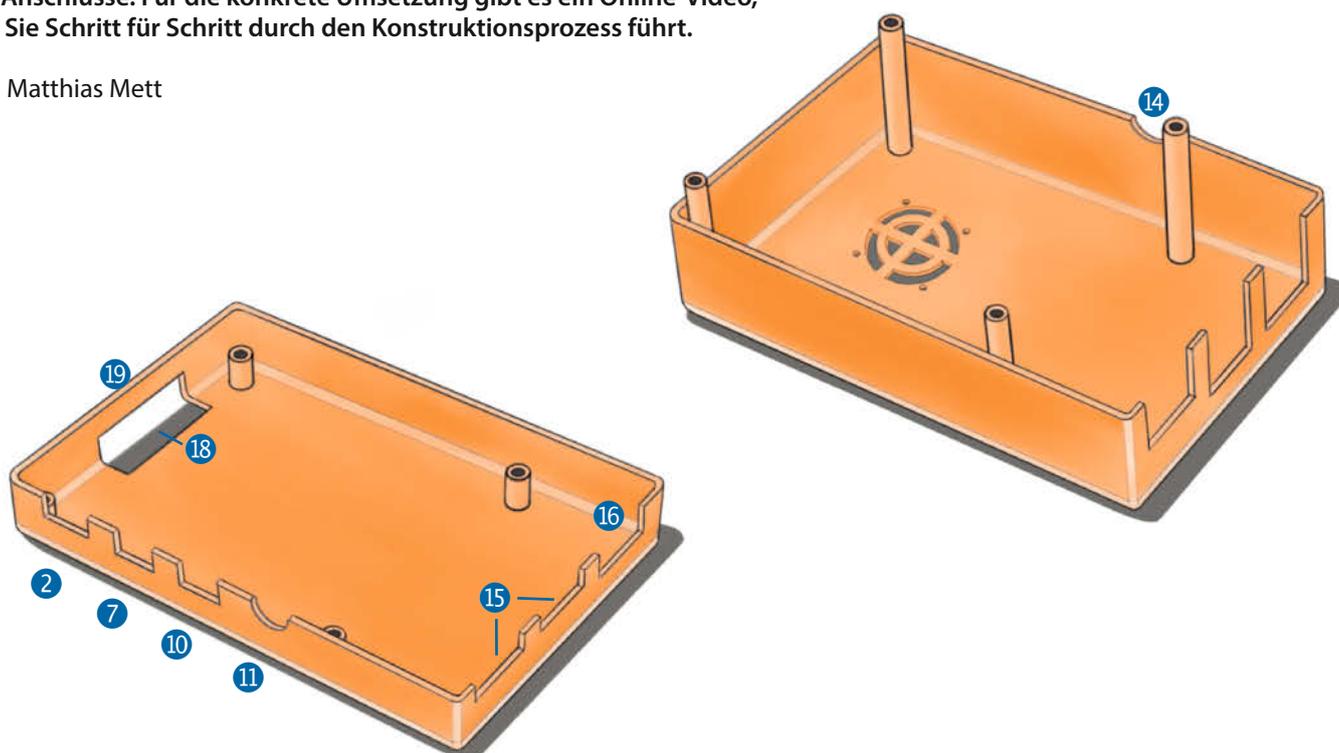
Wenn man im späteren Programm keine Dateien dynamisch verwenden kann oder möchte, so besteht auch die Möglichkeit, das *tflite*-Modell in einer C-Headerdatei direkt als `unsigned char`-Array zu definieren und in der Firmware direkt mit zu kompilieren. Dazu wird das Binärobjekt mittels einer Hilfsfunktion Byte-weise in Hexcode umgewandelt und im C-Headerformat codiert. Am Ende wird noch die Größe des Arrays in einer gesonderten Variablen gespeichert und das ganze dann als h-File, also im Klartext und nicht als Binärtyp-Datei, gespeichert.

Im kommenden dritten Teil unserer Serie zeigen wir dann, wie man das Netz in den C-Code für ESP32CAM einbindet und direkt auf dem ESP32 und Bilder von Ziffern klassifiziert. —*dab*

# Gehäusebau mit FreeCAD, Teil 3

In unserer Artikelserie zeigen wir, wie Sie mit der kostenlosen Software FreeCAD Ihr eigenes Gehäuse für Einplatinenrechner wie den Raspberry Pi entwerfen. Nach der Ermittlung der äußeren Maße des Gehäuses im vorigen Teil geht es diesmal um die Position und Maße der Öffnungen für die Anschlüsse. Für die konkrete Umsetzung gibt es ein Online-Video, das Sie Schritt für Schritt durch den Konstruktionsprozess führt.

von Matthias Mett



Die Grundform des Gehäuses für den Raspberry Pi haben wir in der vorigen Folge unserer Artikelserie und im dazugehörigen Video gezeigt (siehe Link in der Kurzinfor). Diesmal ermitteln wir zuerst die Position und die Größe der Anschlussbauteile auf der Platine, um dafür genau passende Aussparungen konstruieren zu können. Auch hierfür gibt es ein Schritt-für-Schritt-Video online.

Für die Abstände und die Position der Anschlüsse können wir wieder auf die technische Zeichnung ① der *Raspberry Pi Foundation* zurückgreifen, die Sie auf der Webseite herunterladen können – Sie finden diese im Bereich *Raspberry Pi 4 Model B specifications* unter *Raspberry Pi 4 Model B mechanical drawings* (oder schneller über unsere Short-URL in der Kurzinfor). Die Befestigungshülsen für die Platine selbst und die Aussparungen für den Lüfter zeichnen wir erst im nächsten Teil unserer Artikelserie, damit sie uns beim Erstellen der

Aussparungen für die Anschlüsse in dieser Folge nicht im Weg sind.

## Anschluss für Anschluss

Wir beginnen mit dem USB-C-Anschluss auf der Längsseite ②. In der technischen Zeichnung ist der Mittelpunkt des Anschlusses mit 7,7mm Distanz ③ bis zum Mittelpunkt der linken Befestigungsbohrung ④ angegeben. Deren Mittelpunkt wiederum liegt 3,5mm vom äußeren Rand der Platine entfernt ⑤, ergibt zusammen 11,2mm Entfernung. Die Breite des Anschlusses ist in der Zeichnung leider nicht angegeben, am echten Raspi gemessen ergibt sich dafür ein Maß von 9mm ⑥. Hier geben wir auf beiden Seiten noch zwei Zehntelmillimeter hinzu, da im FDM-3D-Druck das Filament an den Rändern eines Werkstücks meist ein wenig in die Breite gedrückt wird und Öffnungen dadurch minimal kleiner ausfallen.

Wenn wir die so ermittelten 9,4mm Breite durch 2 teilen und von den 11,2mm Distanz zwischen Platinenrand und Mitte des USB-Anschlusses abziehen, kommen wir auf den Abstand von 6,5mm zwischen der linken Anschlussseite und dem Rand der Platine.

Wie im vorigen Artikel beschrieben, verläuft der Schnitt zwischen den beiden Gehäusenhälften oberhalb der Anschlüsse für USB-C und Micro-HDMI ⑦, sodass die Ausschnitte dafür nur in der unteren Schale des Gehäuses vorgesehen werden müssen, dort dann aber in voller Tiefe. Die ist in der Zeichnung mit 3,2mm angegeben ⑧. Auch hier geben wir noch zwei Zehntelmillimeter hinzu und kommen damit auf eine Tiefe von 3,4mm.

Der rechts neben dem USB-C-Anschluss gelegene Micro-HDMI-Anschluss ⑦ hat von diesem laut Plan einen Abstand von 14,8mm ⑨, wieder von Mittelpunkt zu Mittelpunkt gemessen. Hierzu rechnen wir wiederum die

7,7mm und die 3,5 mm bis zur linken Seite der Platine. Dann messen wir den Anschluss, der sich nach außen öffnet, an seiner breitesten Stelle und kommen dabei auf eine Breite von 7,1mm. Auch hier geben wir wieder auf beiden Seiten zwei Zehntelmillimeter hinzu.

Die sich so ergebene HDMI-Anschluss-Breite von 7,5mm teilen wir wieder durch 2 und runden die resultierenden 3,75mm auf 3,8mm auf; damit rechnet es sich einfacher. Die Mittel-Positionen der drei Elemente 4, 2 und 7 von 3,5mm, 7,7mm und 14,8mm rechnen wir wieder zusammen. Vom Resultat, 26mm, ziehen wir dann die 3,8mm für die halbe Anschlussbreite ab und kommen dann auf einen Abstand des HDMI-Anschlusses von 22,2mm zwischen linker Öffnungsseite und linkem Rand der Platine. Auch hier sparen wir die Höhe von 3,4mm in der Unterschale aus. Laut Plan sind die beiden HDMI-Anschlüsse zwar nur 3,0mm hoch, aber die obere Kante der Ausschnitte wird ohnehin durch die Teilung in die beiden Gehäusenhälften bestimmt und die Unterkante der Anschlüsse liegen auf einem gemeinsamen Niveau, nämlich der Platinenoberseite.

### Maßlücken überbrücken

Mit derselben Methodik rechnen wir dann auch den Abstand des zweiten Micro-HDMI-Anschlusses 10 aus, das wären 35,7 mm vom linken Rand der Platine. Darauf folgt der 3,5mm-Klinkenanschluss 11, bei dem in der Zeich-

## Kurzinfo

- » Konstruieren eines einfachen Raspberry-Pi-Gehäuses (4, Model B) mit kostenloser Software in 3D
- » Ermitteln der richtigen Maße der Platine mit Messschieber und anhand technischer Zeichnungen
- » Zeichnen eines Gehäuses und Platzieren der richtigen Aussparungen für die Anschlüsse

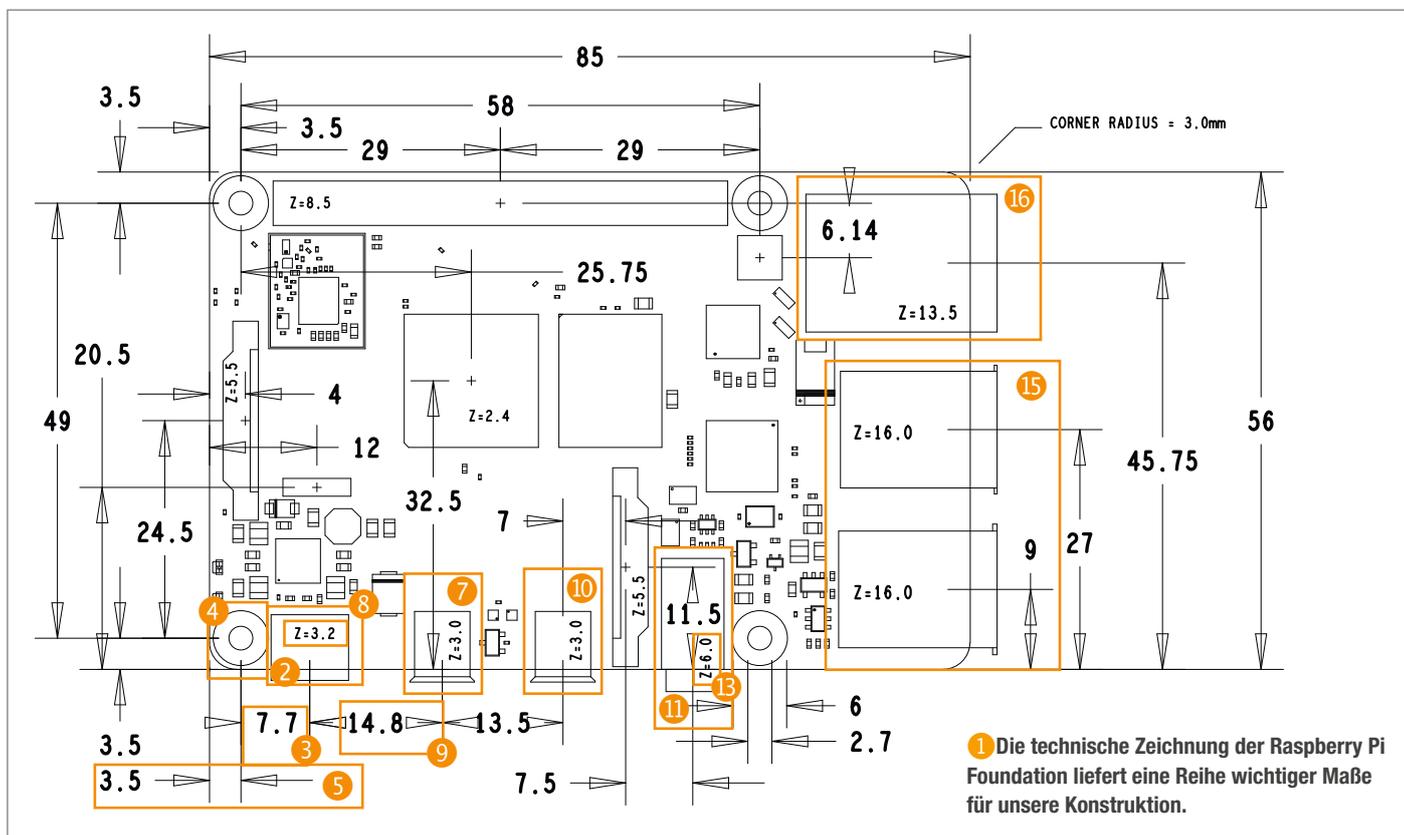
## Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
etwa drei Stunden für die komplette Konstruktion
-  **Kosten:**  
keine für die Konstruktion, je nach Material für den Druck ab 1 Euro mit dem eigenen Drucker und ab 25 Euro beim Dienstleister
-  **Konstruieren:**  
Arbeit mit CAD-Software, aber keine Vorkenntnisse nötig
-  **Computer:**  
Desktop oder Notebook mit Windows, macOS oder Linux
-  **3D-Druck:**  
mit eigenem Drucker, im Fablab oder beim Dienstleister

## Mehr zum Thema

- » Matthias Mett, Gehäusebau mit FreeCAD, Teil 1, Make 5/21, S. 116
- » Matthias Mett, Gehäusebau mit FreeCAD, Teil 2, Make 6/21, S. 116
- » Matthias Mett, 3D-Entwurf mit FreeCAD, Make 1/21, S. 128
- » Matthias Mett, Stempeln mit FreeCAD, Make 4/20, S. 106
- » Matthias Mett, Ring frei für FreeCAD, Make 2/20, S. 114
- » Billie Ruben, CAD-Designtipps für den 3D-Druck, Make 1/21, S. 138
- » Peter König, Gratis-CAD für Maker, Make 4/18, S. 19

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





6 Messen des USB-C-Anschlusses

nung leider kein Abstand vom linken Rand der Platine angegeben ist. Wir messen diesen daher mit dem Messschieber 12 und kommen auf ein Maß vom linken Rand der Platine bis zum äußeren rechten Rand des Klinkenanschlusses von 57,2mm. Zum Durchmesser von 6mm (der auch der Höhe des Bauteils entspricht 13) geben wir wieder vier Zehntelmillimeter hinzu.

Von dem gemessenen Abstand 57,2mm ziehen wir den ermittelten Durchmesser von 6,4mm der äußeren Rundung ab, um wieder den Abstand der linken Seite des Anschlusses zum linken Rand der Platine zu erhalten, in Zahlen 50,8 mm. Die runde Buchse ragt wie die danebenliegenden Anschlüsse 3,6mm in die Unterschale hinein, aber auch 2,4mm in die Oberschale 14. Der Schnitt zwischen oberer und unterer Gehäusehälfte verläuft also hier nicht ganz mittig.

Für die USB-Anschlüsse 15 und den Netzwerkanschluss 16 auf der kurzen Seite der Platine gilt die gleiche Vorgehensweise wie bei den anderen Anschlüssen. Wir messen die Breite der USB-Anschlüsse mit jeweils 13,2mm, also 13,6mm mit Spiel. Den Netzwerkanschluss messen wir mit 16mm, mit Spiel 16,4mm. Der erste USB-Anschluss hat somit einen Abstand von 2,2mm bei einer Breite von 13,6mm. Der zweite USB-Anschluss von 20,2mm bei der

gleichen Breite und der Netzwerkanschluss von 37,55mm zum linken Rand der Platine bei einer Breite von 16,4mm. Für die beiden USB-Anschlüsse ist jeweils 16mm Höhe angegeben, sie sind jedoch beim Nachmessen hinter dem Falz nur 14mm hoch, mit Ausgleich 14,2 mm. Sie haben jedoch – anders als alle anderen Anschlüsse des Raspi – einen horizontalen Abstand zur Platine von 1,5mm 17. Dadurch ragen die USB-Ports nur jeweils 2,1mm in die Unterschale hinein. Mit dem Spiel-Ausgleich wären es dann jeweils 2,3mm. Dadurch ergibt sich eine Aussparung von 12,1mm in der Oberschale. Der Netzwerkanschluss sitzt direkt auf der Platine, wobei bei einer Höhe von 13,5mm beziehungsweise 13,9mm mit Ausgleich wieder 3,4mm in die Unterschale hineinragen. Das ergibt für den Ausschnitt in der Oberschale eine Höhe von 10,5mm.

### Unterboden-SD-Karte

Der Micro-SD-Kartenhalter auf der Unterseite der Platine hat eine Größe von 12mm x 12mm. Da es dazu keine Angaben auf der Zeichnung gibt, messen wir die Abstände links und rechts zur Platine – es sind jeweils 22mm. Da wir für den Einschub der Karte nicht allzuviel Raum brauchen, reicht für die Aussparung in der Unterschale 18 eine Breite von 12mm, und weil

der Kartenhalter nicht direkt mit dem Gehäuse in Kontakt kommt, brauchen wir hier den sonst üblichen Zuschlag von zwei Zehntel nicht.

Die Aussparung kommt nicht nur in den Boden der Unterschale, sondern wir entfernen außerdem ein Stück der Seitenwand, wobei wir einen Steg 19 stehen lassen. Dessen Höhe muss so bemessen sein, dass die eingeschobene Karte zwar möglichst nah am Steg sitzt, sich trotzdem aber leicht herausziehen und einschieben lässt.

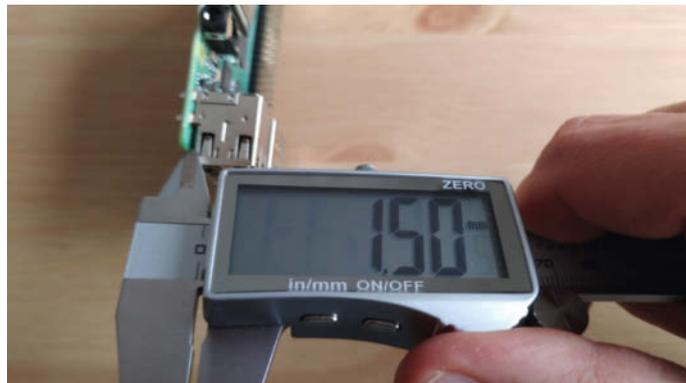
Aufgrund der USB-C- und Micro-HDMI-Anschlusshöhen von 3,2mm sitzt die Oberkante der Raspi-Platine später um so viel tiefer als die Oberkante der Oberschale, dazu kommen noch 1,5mm für die Platinendicke, ergibt eine Stegdicke von 4,7mm, damit dessen Unterseite bündig mit der Unterseite der Platine ist. Hier runden wir auf 4mm ab, da der Kartenhalter bündig am Steg sitzt und je nach Drucktoleranz die Karte sich sonst vielleicht später nur schwer einschieben lässt. Für ein klein wenig zusätzliche Luft sorgt die Tatsache, dass die Oberseite der eingeschobenen Karte einen kleinen Abstand zur Unterseite der Platine hat. Bei 4mm Steghöhe und einer Unterschalenhöhe von 12mm ergibt sich eine Höhe der Aussparung von 8mm. Die Tiefe der Aussparung im Boden legen wir ebenfalls auf 8mm fest.

Beim 3D-Druck lässt man die Slicer-Software für den Steg eine Stützstruktur anlegen, die man nach dem Druck entfernt; die Unterseite des Stegs bearbeitet man mit Feile oder Schleifpapier nach. Dies ist – abgesehen von den Senkungen für die Schraubenköpfe, dazu demnächst mehr – die einzige Stelle, die beim 3D-Druck des Gehäuses gestützt werden muss.

Somit hätten wir alle Maße zusammen, um die Aussparungen für die Anschlüsse in FreeCAD zeichnen zu können. In unserer Schritt-für-Schritt-Anleitung als Video dazu zeigen wir, wie Sie mit den FreeCAD-Werkzeugen *Abziehender Quader* und *Abziehender Zylinder* 3D-Objekte aus dem Gehäuse herausnehmen und so die Aussparungen für die Anschlüsse erzeugen. —pek



12 Messen des Abstandes des Klinkensteckers zum linken Rand der Platine



17 Die USB-Anschlüsse haben einen Höhenabstand von 1,5 mm zur Platine.

# Maker Faire®

Das Format für  
Innovation & Macherkultur

---

## Die nächsten Events



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

# Speaking Face

Dieses wohlgeformte Silikon-Gesicht im Kunststoffrahmen labert bei Berührung oder lauten Geräuschen los, als wäre es der 150jährige Türsteher beim Galadiner aus Anlass des 500sten Geburtstags Graf Draculas. Schauen wir mal, was hinter den bewegten Lippen steckt – und was man damit anfangen kann.

von Heinz Behling



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

**D**as musste ich beim Discounter einfach mitnehmen: Ein aus Silikon geformtes Gesicht, das animatronisch bewegt bei Berührung mit Horrorgelächter und englisch-dämonischer Stimme zum Eintreten auffordert, falls man sich traut. Schon an der Kasse entwickelte ich Ideen, was man aus dem Innenleben wohl noch machen könnte.

Zu Hause begann die Erkundung der inneren Werte. Nach Abnahme der nur leicht angeklebten, hauchdünnen Plastikrückwand offenbart der Runzlige seine Geheimnisse: In einem schwarzen (wie passend) runden Gehäuse sitzen außer dem Batteriefach (3 AA-Zellen) ein Kleinstlautsprecher sowie die Steuerelektronik, die man allerdings mangels Typenbezeichnung und Programmieranschluss kaum für andere Aufgaben nutzen kann.

Von der kleinen Platine führen zwei Drähte zum daneben auf die Rückwand aufgeklebten Piezo-Piepser. Weitere sechs Drähte gehen zum Vorderteil des Monsterrahmens. Vier davon sind für die beiden LEDs der rot leuchtenden Augen zuständig. Zwei weitere führen zu einer Motor-/Getriebeeinheit. Zusammengehalten wird das alles von einer transparenten Formfolie hinter dem Gesicht, einem Kabelbinder und mehreren Heftklammern.

Der Motor ist ein einfacher Gleichstrommotor, der über ein nicht selbst hemmendes Getriebe und einen Hebel den Silikon-Unterkiefer des Gesichts nach unten bewegen kann. Ausgelöst wird der Vorgang über einen Piezosummer, der hier allerdings umgekehrt als

Mikrofon und Klopfsensor arbeitet. Laute Geräusche oder Berührung des Rahmens starten das *Speaking Face*.

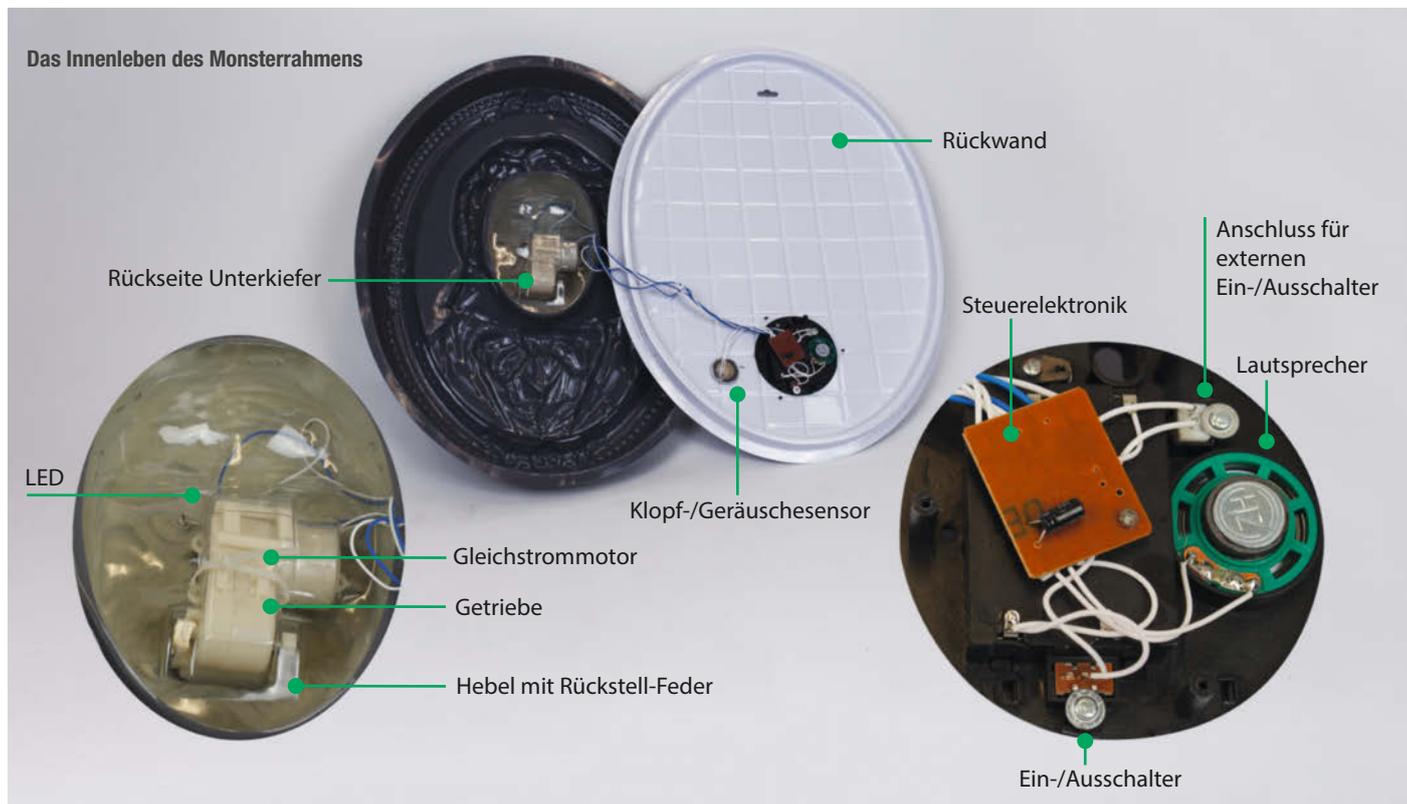
Um herauszufinden, mit welchen Signalen der Motor gesteuert wird, habe ich seine Anschlussdrähte zunächst von der kleinen Platine abgelötet und an ein Labornetzteil angeschlossen (blauer Draht an den Pluspol). Langsam wurde die Spannung (nicht nur am Netzteil) erhöht: Die Bewegung des Unterkiefers begann bei etwa 1V Spannung, bei 2,5V war der Mund komplett geöffnet. Das Schließen besorgte eine starke Feder, sobald die Spannung verringert wurde. Insgesamt war das also ein sehr einfach zu steuernder Mechanismus. Während des Öffnens zog der Motor allerdings locker 0,5A Strom. Daher ist die Lebensdauer des Batteriesatzes nicht allzu lang.

Dieses einfache Prinzip macht die Mechanik auch für viele andere Zwecke geeignet, bei denen Sprachausgabe im Spiel ist. Man muss nur aus dem Sprachsignal eine passende Gleichspannung mit genügender Belastbarkeit machen. Dazu sollte ein kleiner NF-Verstärker mit 1 – 2W Leistung genügen (und 5V Versorgungsspannung, damit der Batteriesatz verwendet werden kann), dessen Ausgangsspannung gleichgerichtet wird und den Motor steuert. Verwendet man einen Stereo-Verstärker, kann man einen Kanal für die Motorsteuerung verwenden und mit dem zweiten die Sprache über den Lautsprecher ausgeben. Solche Module gibt es schon für etwa einen Euro zu kaufen.



**Die Steuerelektronik: Der Motor des Unterkiefers wird über den Transistor (oben in der Mitte) direkt vom Contoller-Chip (unter der Vergussmasse) angesteuert.**

Dann steht auch skurrilen Anwendungen nichts mehr im Wege: Wie wäre es denn zum Beispiel mit einem sehr originellen MP3-Vorleser, der den Kindern Märchen vorträgt? Das müssen zwar nicht unbedingt Horrorgeschichten sein, die meisten Märchen gehören aber ohnehin in diese Rubrik. Insofern wäre das Äußere dieses „Hänsel-und-Gretel“-Erzählers gar nicht so verkehrt —hgb



# Der Weg zur Platine

## Teil 2: SMD-Löten mit dem Pizza-Ofen

Nachdem wir im ersten Teil unserer „Kleinserie“ gezeigt haben, wie man mit einer preiswerten CNC-Fräse in Nullkommanix eigene Platinen fertigt, geht es nun um die Frage, wie man diese mit SMDs bestückt und verlötet. Nebenbei entsteht aus einem Pizza-Ofen eine praktische Reflow-Maschine mit App-Fernsteuerung.

von Gustav Wostrack



**K**lein – kleiner – SMD: Das Kürzel steht für *Surface Mounted Device* und das beschreibt diese kleinen Bauteile ohne lange Durchsteckbeinchen schon recht treffend. Sie waren bis vor nicht allzu langer Zeit nur auf kommerziellen Platinen zu finden. Nun halten sie auch Einzug in die Welt der Maker. Manchmal ist es ganz schick, wenn man miniaturisiert, oftmals bleibt einem auch gar keine andere Wahl, weil die gewünschte Funktion nur in einem SMD-Format angeboten wird oder Platine und Bauteile einfach so klein sein müssen.

Irgendwie müssen diese kleinen Teilchen dann auch auf eine Platine. Ab einer gewissen Winzigkeit hat auch die feinste Lötspitze verloren. Da muss was anderes her. Wenn man schon die einzelnen Bauteile aufgrund ihrer Größe nicht mehr löten kann, dann kann man vielleicht die ganze Platine erhitzen. Dieser Satz beschreibt prinzipiell bereits die neue Vorgehensweise, die sich unter dem Namen *Reflow-Verfahren* etabliert hat.

## Das Reflow-Verfahren

Hierbei braucht man auf der Platine keine Löcher (denn es gibt ja, wie gesagt, keine Beinchen zum Durchstecken), sondern sogenannte Löt pads, auf welche eine Löt paste – ein Gemisch aus Löt zinn und Flussmittel – aufgetragen wird. Anschließend werden die Bauteile leicht in diese Löt paste eingedrückt. Die fertig bestückte Platine wird dann bei der industriellen Fertigung mittels eines Förderbandes durch einen Heizofen gefahren. Dabei passiert die Platine mehrere Zonen unterschiedlicher Temperatur. In der letzten Phase wird dann die maximale Löttemperatur mit ca. 220 bis 230°C erreicht. Und fertig ist die Platine!

Den Aufwand mit dem Förderband kann sich der Maker, der vielleicht alle paar Wochen eine Platine lötet, natürlich nicht leisten. Allerdings muss das Prozedere mit verschiedenen Phasen unterschiedlicher Temperatur erhalten bleiben. Und das geht auch statisch in einem Ofen. Wenn sich die Platine nicht bewegt, dann muss sich eben die Temperatur bewegen. Zwar gibt es bereits chinesische Reflow-Öfen für rund 300 Euro, aber es geht noch deutlich billiger: Wenn man in einem handlichen Mini-Ofen eine Pizza goldbraun bekommt, dann wird man wohl auch darin eine Platine „braten“ können. Bevor wir aber die Ärmel hochkrepeln, um unseren Reflow-Ofen zu bauen, schauen wir noch kurz auf mögliche Alternativen.

## Alternativen

Es soll nicht verschwiegen werden, dass es neben dem Handlöten zumindest ein simples Alternativverfahren zu einem Reflow-Ofen gibt. Das Verfahren heißt Heißluft. Dafür gibt es recht preiswerte Geräte, die als *Heißluft-*

## Kurzinfo

- » Reflow-Verfahren kurz beschrieben
- » Umbau eines Mini-Backofens
- » Löten einer eigenen Platine

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
5 Stunden



**Kosten:**  
60 Euro



**Löten:**  
Einfache Bestückungsarbeiten



**Feinwerkzeug:**  
Pinzette, Lupe

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

### Material

- » Pizza- oder Mini-Backofen einfache Bauart
- » ESP-32-Modul
- » 3 Transistoren BC517
- » Solid State Relais min. 250V/10A
- » MAX31855-Breakout-Board mit Thermoelement Typ K
- » Buzzer, LED und Widerstände laut Schaltplan

### Mehr zum Thema

- » Carsten Meyer, SMD-Löten in der heißen Pfanne, c't Hardware Hacks 1/12, S. 40
- » Moritz König, Löten mit dem Bügeleisen, Make 5/20, S. 116

*Lötstation* bzw. *Rework-Station* angeboten werden. Mit etwas Übung kann man sie auch zum Verlöten verwenden. Man bringt zunächst auf die Pads ein wenig Löt paste auf. Anschließend folgen die Komponenten und werden mit besagter Heißluft festgelötet.

Hört sich ganz einfach an, allerdings lauert die Gefahr in der Windgeschwindigkeit. Stellt man den Luftstrom zu stark ein, reicht die natürliche Adhäsion nicht aus, die Komponenten auf ihrer Position zu halten und man sitzt wieder vor einer leeren Platine und die Bauteile liegen daneben. Aber mit etwas Übung, der richtigen (sparsamen) Menge Löt paste und einem angemessen zurückhaltenden Luftstrom bekommt man das auch hin. Im Unterschied zum Handlöten besteht aber immer die Gefahr, dass einzelne Bauteile überhitzen.

## Temperaturprofil

Sie ahnen vielleicht schon, dass es nicht damit getan ist, die bestückte Platine in den Ofen zu schieben, die Temperatur auf 220°C einzustellen und abzuwarten. Die Temperatur muss einem bestimmten Verlauf folgen. Beim Reflow ist entscheidend, dass die elektronischen Bauteile nicht überhitzt und dadurch beschädigt werden. Insbesondere sollen die Bauteile keinen Hitzeschock erleiden, und auch die Löt paste soll sich in ordentliche Lötstellen verwandeln.

Deshalb macht es Sinn, sich mit dem notwendigen Temperatur-Profil, das die Platine

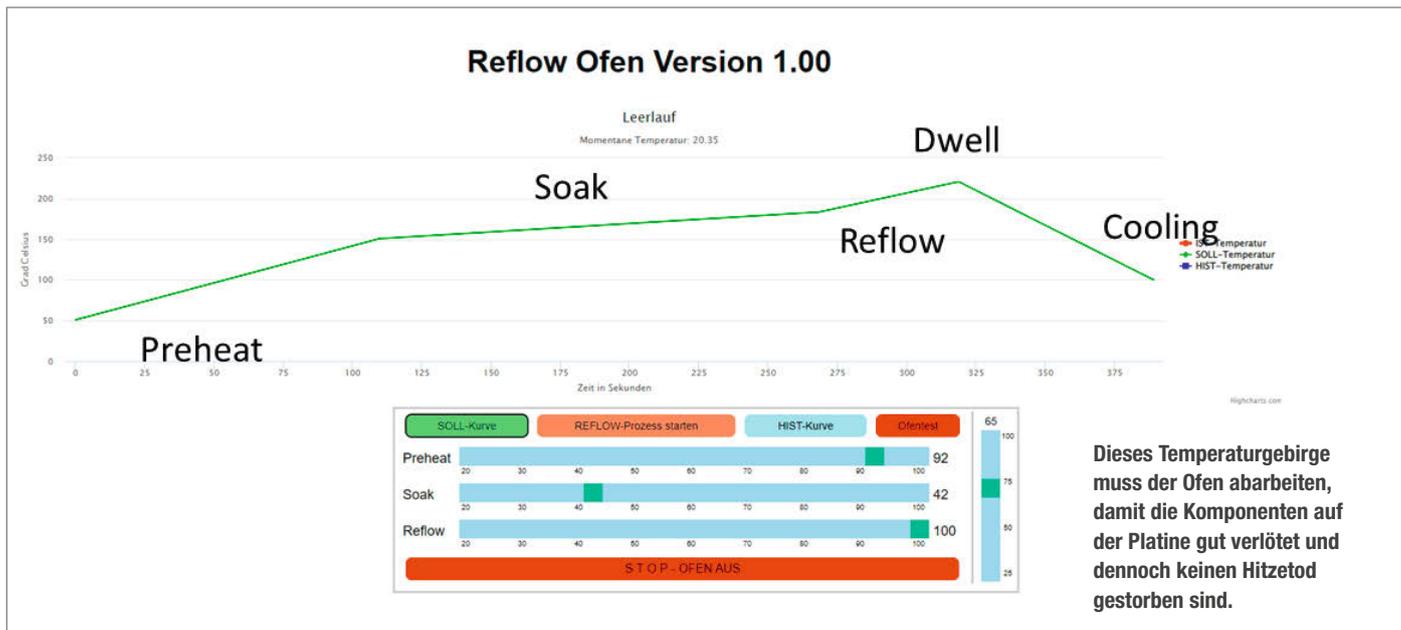


## Vorsicht Hochspannung!

Beim Umbau des Pizza-Ofens muss die 230V-Verdrahtung geändert werden. Sie sollten hierbei gute Erfahrung mitbringen, ansonsten überlassen Sie den Umbau lieber dem Fachmann. Fehler in der Verdrahtung können zu potenziell tödlichen elektrischen Schlägen oder zu einer Überhitzung des Ofens führen (Brandgefahr). Lassen Sie sich aus diesem Grund das Gerät niemals unbeaufsichtigt arbeiten!

durchlaufen darf, etwas näher zu beschäftigen. Der Temperatur-Verlauf, insbesondere für bleifreie Löt pasten, ist nicht unkritisch. Der Ofen, in dem die Platine aufgeheizt wird, muss in der Lage sein, stufenweise eine maximale Temperatur von 220 bis 230 °C zu erreichen. Dabei ist nicht nur die absolute Temperatur von Wichtigkeit, sondern ebenso die Geschwindigkeit, wie diese Temperaturstufen erreicht werden.

Das empfohlene Reflow-Profil kann in die folgenden Phasen unterteilt werden: Im ersten Schritt, der *Preheat Phase* (Vorwärmphase), trocknet die Löt paste und deren flüchtige Bestandteile verdampfen. Der Temperaturanstieg kann hier sehr schnell mit einer Obergrenze von ca. 3°C pro Sekunde bis 150°C



erfolgen. Darauf folgt die *Soak Phase* (Aktivieren des Flussmittels). In dieser Phase wird die Temperatur für etwa zwei Minuten auf ca. 150°C gehalten. Ziel dabei ist, dass das Flussmittel in der Lötpaste die Metalle an den Komponenten und den Löt pads säubert. Innerhalb dieser Zeit erreichen alle Anteile der Löt paste in etwa die gleiche Temperatur.

Anschließend kommt die *Reflow Phase*, hier findet der eigentliche Löt vorgang statt. Die Temperatur steigt um etwa 1 bis 3°C pro Sekunde, bis die Maximaltemperatur von 220 bis 230°C erreicht ist. Nun schmilzt die Löt paste und verläuft auf den Metalloberflächen. Um kalte Lötstellen zu vermeiden, soll der Zeitraum, in dem die Temperatur oberhalb des Schmelzpunktes der Löt paste (183°C bei

bleihaltigen, 217°C bei bleifreien Loten) liegt, mindestens 60 Sekunden dauern, andererseits soll die Maximaltemperatur möglichst nur etwa 10 Sekunden anhalten, um Hitzeschäden an den Komponenten zu vermeiden. Die Zeitdauer der Maximaltemperatur wird gelegentlich auch als *Dwell Phase* bezeichnet.

Danach beginnt die letzte Phase, die *Cooling Phase*. In dieser Phase wird die Platine abgekühlt, damit sich das Löt zinn verfestigt und man die Platine dann auch wieder anfassen kann. Wie beim Temperaturanstieg muss auch der Abstieg in vernünftigen Bahnen verlaufen. Bei einem zu rasanten Temperaturabfall können Schäden an der Platine entstehen. Empfehlenswert sind 2-4°C pro Sekunde, ein Maximum von 6°C pro Sekunde sollte nicht

überschritten werden. Zusammengefasst: Die Temperatur soll stets so niedrig sein, dass die verlöteten Bauteile keinen Schaden nehmen, aber andererseits wiederum so hoch, dass die Löt paste ordentlich schmilzt.

### Ofen-Kriterien

Wie man an dieser Stelle schon ahnen kann, kommt der Temperaturmessung eine ganz besondere Bedeutung zu. Im aufgeheizten Ofen spielen zwei Komponenten der Wärmeübertragung eine Rolle, nämlich Strahlung und Konvektion. Wenn man nun einen Messfühler in den Ofen hält, wird primär die Temperatur der heißen Luft gemessen, aber sicherlich auch Anteile der Strahlungshitze.

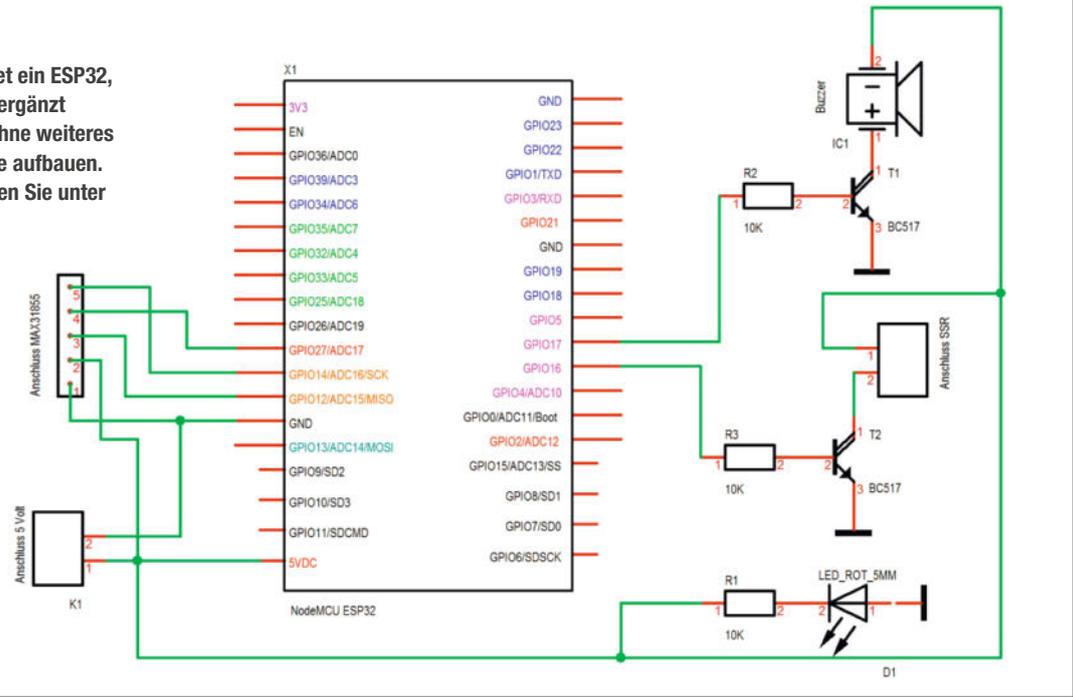
Die Frage, was nun genau gemessen wird, wäre dann ohne Bedeutung, wenn sich die Platine temperaturmäßig genauso verhalten würde wie der Sensor. Das ist aber aufgrund der größeren und andersfarbigen Oberfläche eher nicht zu erwarten. Vielmehr dürfte die Platine wegen eines höheren Anteils der Strahlungshitze heißer werden als der Sensor. Da eine verlässliche Temperaturmessung der Platine aber aus praktischen Erwägungen unüberwindliche Schwierigkeiten nach sich zieht, begnügen wir dem Problem damit, die Maximaltemperatur in der Reflow-Phase eher konservativ bei ca. 220 Grad anzusetzen, vermutend, dass die tatsächliche Temperatur dort höher liegt.

Da wir uns gegen den Kauf eines fertigen Reflow-Ofens und für die Bastlerlösung entschieden haben, müssen wir uns zunächst einen Ofen besorgen. Geeignete Öfen gibt es im Handel in ausreichender Vielfalt. Große Ansprüche muss der Ofen gar nicht erfüllen, da das Reflow-Lötverfahren wie bei Ihrem Backofen auf dem Prinzip der Konvektionsheizung



So sieht der Mini-Backofen aus, den wir mit wenigen Maßnahmen zu einem Reflow-Ofen mit Browser-Fernsteuerung umbauen.

Den Kern der Reglerplatte bildet ein ESP32, der mit einer Handvoll Bauteile ergänzt wird. Die Schaltung lässt sich ohne weiteres auch auf einer Lochrasterplatte aufbauen. Unterlagen zu einer Platine finden Sie unter dem Link im Info-Kasten.



beruht. Einen geeigneten Mini-Backofen gibt es bereits für etwa 50 Euro, mehr als 100 sollten es nicht sein. Kleine Modelle sind von Vorteil, da die thermische Leistungsfähigkeit mit wachsendem Volumen sinkt (so benötigt ein größerer Ofen mehr Kilowatt Leistung pro Liter Volumen als ein kleiner). Ein guter Richtwert ist das Verhältnis von 100 Watt pro Liter Ofenvolumen. So sollte ein Ofen mit 15 Litern mindestens 1500W Leistungsaufnahme aufweisen.

In diversen Foren im Internet wird der Umbau von Mini-Backofen zu Reflow-Öfen beschrieben, und regelmäßig wird dort der Ofen zerlegt und der Garraum mit Glaswolle umwickelt, um Verluste wegen schlechter Isolation zu vermeiden. Bei meinen Experimenten war das nicht notwendig. Versuchen Sie den Ofen zunächst mal so zu nutzen, wie er ist. Falls Sie allerdings feststellen, dass das Erreichen der Maximaltemperatur problematisch ist, können Sie mit Glaswolle noch nachlegen.

In der Regel haben die Öfen zwei Bedientknöpfe für Zeit und Endtemperatur. Beide Knöpfe können so nicht weiterverwendet werden, denn die grobe Bimetall-Temperaturregelung ist für unsere Zwecke vollkommen ungeeignet. Falls der „Zeitknopf“ allerdings eine Stellung „permanent“ aufweist, kann dieser Knopf in dieser Stellung so bleiben. Ansonsten muss dieses Bedienelement wie auch der Thermostat überbrückt werden.

Um das geforderte Temperaturprofil abfahren zu können, benötigt unser Ofen eine deutlich komplexere Regelung, als es der eingebaute Bimetall-Schalter zu leisten vermag. Geeignet ist zum Beispiel ein sogenannter PID-Regler (Proportional-Integral-Derivative controller), der so eingestellt wird, dass die Temperatur

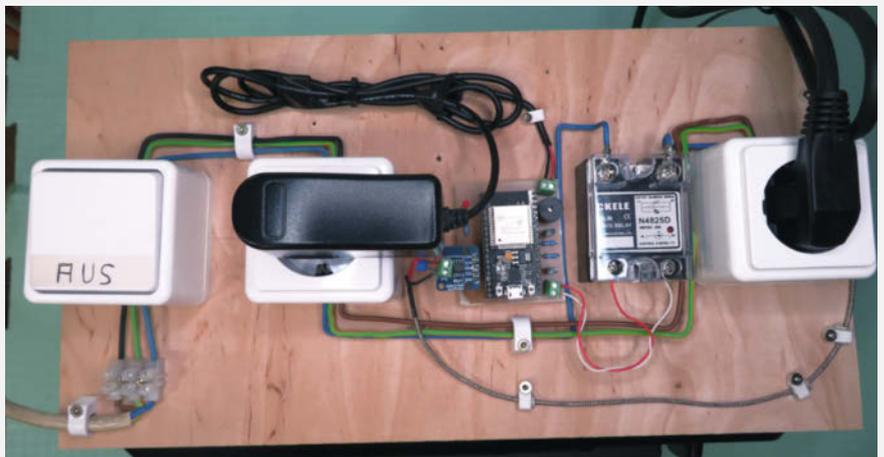
### Praktischer Aufbau

Alle Komponenten, die den Ofen ergänzen, habe ich auf einer Platine montiert. Man sieht links die Zuleitung, die das System mit Netzspannung versorgt. Sie wird zunächst zu einem Schalter geführt, mit dem in einem Notfall die Anlage stromlos geschaltet werden kann. Dann folgt eine Steckdose für das Steckernetzteil, das den ESP32 mit 5V versorgt. Das silberne Kabel im Vordergrund führt die winzige Spannung des Temperatursensors aus dem Ofen zu der kleinen MAX31855-Platine mit dem 100nF-Kondensator.

Neben der eigentlichen Reglerplatte sitzt das Halbleiter-Relais, das die Netzspannung dem Regleralgorithmus ent-

sprechend an eine weitere Steckdose anlegt, mit dem dann der Ofen (schwarzes Kabel) versorgt wird. Für einen sorgenfreien Aufbau müssen die netzspannungsführenden Anschlüsse abgedeckt werden, oder man baut die Schaltung gleich in ein isolierendes Gehäuse ein.

Wenn der Timer des Ofens keine „Dauernd-Ein“-Stellung hat, sollte er überbrückt werden, damit er nicht versehentlich vorzeitig abschaltet. Der Thermostat wird auf Maximaltemperatur (250°C) gestellt oder ebenfalls überbrückt. Beachten Sie bei Umbauten, auf jeden Fall die Über-temperatursicherung in der Ofen-Schaltung zu belassen.



# Regelprozess

Zunächst wird auf der Basis der Eckdaten des Reflow-Profils ein Temperaturgebirge berechnet, das die Temperaturen in 1-Sekunden-Schritten festlegt. Diese Soll-Temperaturkurve besteht aus kontinuierlich an- oder absteigenden Geraden und den jeweiligen Stoßstellen bzw. Knicken. Der nachfolgende Reglerprozess versucht nun, diesem Profil zu folgen. Dabei gibt es mehrere Herausforderungen zu meistern, insbesondere vor dem Hintergrund der extremen Trägheit, also der großen Verzögerung zwischen einmal dem Einschalten der Heizung und einem wahrnehmbaren Temperaturanstieg und genauso zwischen dem Ausschalten der Heizung und dem messbaren Abfall der Temperatur.

Zunächst gilt es also, die Temperatur auf den Geraden stabil zu halten, also die Abweichung zwischen Soll- und Ist-Temperatur möglichst klein zu halten. Vereinfacht gesagt machen wir das, indem die Heizung je nach Steigung der gerade durchlaufenen Geraden entsprechend mehr oder weniger stark „aufgedreht“ wird. Dazu wenden wir eine Pulsweitenmodulation (PWM) an. Die Heizung wird in schneller Folge ein- und ausgeschaltet. Bei geringer Heizung sind die Lücken (also keine Heizung) größer, bei starker Heizung kleiner.

Da die Zeitkonstante der Heizstäbe sehr hoch ist, kann man davon ausgehen, dass die Leistung in etwa dem Mittelwert der Ein- zu Ausschaltedauer entspricht. Selbst wenn man ein ideales Verhältnis zwischen Ein- und Ausschalten finden würde, wäre dieses Verhältnis nur für eine kleine Zeitdauer gültig, denn das Aufheizen ist insgesamt nicht linear. Deshalb muss auf jedem Abschnitt noch nachgesteuert werden. Man beginnt die jeweilige Strecke also mit einem

guten Durchschnittswert und versucht dann im weiteren Verlauf die Abweichung mit kleinen Korrekturen nach unten und oben zu eliminieren. Das funktioniert auch recht gut. Aber wie kommt man an den durchschnittlichen Startwert? Dazu habe ich eine Funktion *Ofentest* eingebaut, die einmal den Ofen ausmisst (auch das bereits erwähnte Überschwingen) und dabei den gesamten Temperaturbereich von 50 bis 220 Grad durchläuft. Während des Aufheizens wird die Zeit gemessen, die benötigt wird, um die einzelnen Phasen abzudecken. Ergebnis ist dann die Maximalleistung des Ofens, also wie stark die Temperatursteigerung in Grad pro Sekunde ist. Setzt man dazu die geforderte Leistung in den einzelnen Phasen ins Verhältnis, hat man bereits einen brauchbaren Startwert.

Nun gibt es noch die zweite Herausforderung. Das ist die Umsetzung der Knickstellen. Wir erinnern uns an die oben beschriebene Trägheit des Systems. Würde man die Heizleistung genau an den Knickpunkten nach unten oder oben verändern, so hätte das ein starkes Über- oder Unterschwingen zur Folge. Genauso wie ein Ozeanriese nicht um die Ecke fahren kann, so geht das auch mit unserem Ofen nicht. Wie geht der Kapitän des Wasserfahrzeuges damit um? Er leitet den Richtungswechsel bereits vorher ein, um dann in einer sanften Kurve die Richtung zu ändern. Und analog dazu gehen wir bereits vorher mit einem gewissen zeitlichen Vorlauf zu dem PWM-Wert der nächsten Phase über und geben dem Ofen damit Zeit sich umzustellen. Unsere Steuerung arbeitet also ähnlich wie ein Zustandsautomat. Für jede der beschriebenen Phasen existiert im Programm ein zugehöriger Ablauf, der beschreibt, wie die entsprechende Aufgabe zu erledigen ist.

möglichst rasch und ohne (für die Bauteile gefährliches) Überschwingen erreicht wird.

Das ist gar nicht so einfach: Dummerweise reagiert unsere Heizung mit einer Verzögerung (*Totzeit*), also immer zu langsam und damit zeitversetzt. Dieses Verhalten kann den PID-Regler an seine Grenzen bringen. Wenn man es dann einfach mit einer Zweipunkt-Regelung versucht, stößt man selbstverständlich auf das gleiche Phänomen. Wenn die Temperatur erreicht ist und man dann die Heizung ausschaltet, so erzeugt die vorhandene Restwärme ein nicht zu unterschätzendes Überschwingen. Fällt dann die Temperatur unter die Solltemperatur, tritt bei Einschalten der Heizung der gewünschte Effekt zu spät ein.

Wie groß das Überschwingen tatsächlich ist, zeigen letztendlich nur Experimente. So könnte man den Ofen auf 100 Grad aufheizen, dann abschalten und messen, wieweit die Temperatur noch nachläuft und welcher Zeitbedarf dafür benötigt wird. In einer ersten Näherung könnte man dann noch folgende Annahmen ergänzen: Das Unterschwingen (entsteht beim Absinken der Temperatur unter den Sollwert) kann analog zum Überschwingen und alle weiteren Zwischenwerte proportional angewendet werden. Damit gelingt es dann schon recht gut, den vorgeschriebenen Temperaturverlauf abzufahren (siehe hierzu Kasten *Reglerprozess*).

## Regler-Platine

Wer den ersten Teil dieses Löt-Specials gegessen hat, kennt bereits die zugehörige Platine. Das Besondere an unserer Schaltung ist, dass sie auf Bedienelemente verzichtet und stattdessen per Browser-App gesteuert wird: Sie arbeitet nämlich mit einem ESP32-Funkmodul. Das Zusammenlöten ist keine Herausforderung und von jedem zu leisten. Deshalb beschränken wir uns auf den Gesamtschaltplan, also wie die Reglerplatine mit dem Ofen zusammenarbeitet.

Zunächst haben wir den Temperaturfühler, den wir im Ofen positionieren und dessen Zuleitung aus dem Ofen kommt. Der wird nicht direkt angeschlossen, sondern über ein Breakout-Board mit dem Baustein MAX31855. Diesen kleinen Helfer findet man unter dem Begriff *MAX31855 K Type Temperatur Sensor* bei den einschlägigen Anbietern. Der Baustein MAX31855 funktioniert nur mit einem bestimmten Temperatursensor, nämlich dem *Thermocouple K-Type*. Andere wie der D-Typ haben einen anderen Temperaturverlauf und würden falsche Werte anzeigen. Parallel zum Temperatursensor habe ich einen 100nF-Kondensator angeklemt. Der unterbindet eventuelle Schwingungen und sorgt damit für stabile Verhältnisse.

Die Temperaturinformationen werden von der MAX31855-Platine über einen SPI-Port



Temperaturverlauf im Ofen und die zugehörigen Parameter: Die rote Linie entspricht dem tatsächlichen Temperaturverlauf und weicht nur geringfügig von der grünen Sollvorgabe ab.

an unsere Reglerplatine und dort auf den ESP32 übertragen. Was dort mit diesen Daten geschieht, beschreibe ich etwas später. Im Endeffekt werden sie dort verarbeitet und als Ergebnis kommt ein Signal heraus, das den Ofen ein- oder ausschaltet. Sicherlich kann der Ofen nicht direkt vom ESP32 gesteuert werden. Damit der ganz einfach mit seinen 230 Volt geschaltet werden kann, lassen wir ein SSR über einen Transistor vom ESP32 schalten. Das SSR steht für *Solid State Relay* und verhält sich wie ein mechanisches Relais. Da der Strom für den Ofen über einen Optokoppler im SSR geschaltet wird, besteht so keine Gefahr, dass gefährliche Ströme oder Spannungen auf die Reglerplatine gelangen. Weiterhin sind eine LED und ein Buzzer an den Prozessor angeschlossen. Der Summer gibt immer dann Laut, wenn die Ofentemperatur eine weitere Stufe erreicht hat.

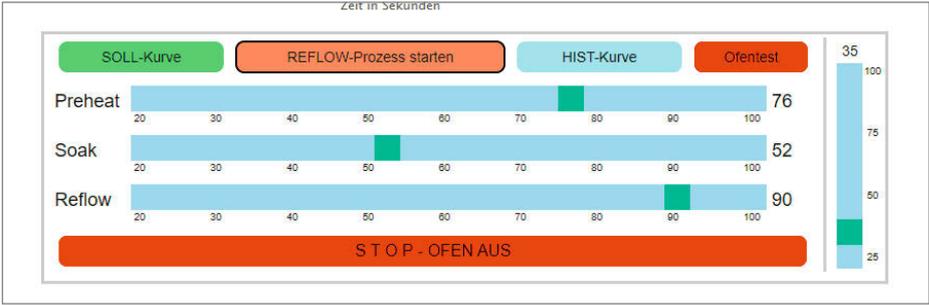
**ESP32-Firmware**

Da unsere Ofen-Steuerung per Browser bedient werden soll, muss sie sich nicht nur um die Regelung kümmern, sondern auch um das Aufbereiten einer recht aufwendigen Webseite mitsamt einiger für das User-Interface nötigen Javascript-Schnipsel und um das Anmelden im heimischen WLAN.

Wer sich schon einmal mit den ESP-Funkmodulen beschäftigt hat, wird nun auf einen Bekannten treffen: Das *Serial Peripheral Interface Flash File System* oder kurz SPIFFS stellt dem Prozessor ein einfaches Dateisystem zur Verfügung, das man üblicherweise zum Abrufen von Webseiten-Inhalten verwendet; es kann aber auch User-Daten (etwa Einstellungen) speichern.

Der Prozess läuft aus Nutzersicht folgendermaßen ab: Auf dem PC wird der Browser gestartet und die IP-Adresse des ESP32 eingegeben. Das wiederum veranlasst den Webserver auf dem Modul, eine bestimmte Datei mit dem Webseiteninhalt über das WLAN zum Browser zu schicken. Diese Datei enthält den Code, den der Browser nun ablaufen lässt. Daraus ergeben sich allerdings noch mindestens die beiden Fragen: Wie kommt die Software auf den ESP32, und woher bekommt man die IP-Adresse des ESP32?

Die Software habe ich in C++ mit dem kostenlosen (und sehr empfehlenswerten!) Microsoft-Tool *Visual Studio Code (VSC)* mit dem Plug-in *PlatformIO* erstellt. Ich empfehle, dieses Werkzeug zu installieren und die Software für den Regler herunterzuladen. Anschließend kann sie übersetzt und auf den ESP32 übertragen werden. Soweit alles einfach und wie gewohnt; Arduino-Nutzer werden sich schnell an den guten Editor und das etwas andere Upload-Verfahren gewöhnen. Es sei angemerkt, dass die ESP32- und SPIFFS-Libraries natürlich auch in der Arduino-IDE installiert



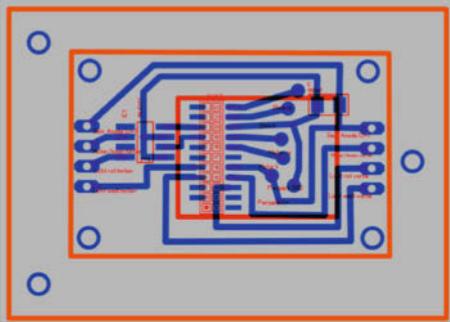
Dieses Bedienfeld wird auf dem PC in einem Browserfenster dargestellt. Damit werden die Parameter des Reflow-Ofens eingestellt und der Heizprozess gestartet.

werden können, sollten Sie partout diese verwenden wollen.

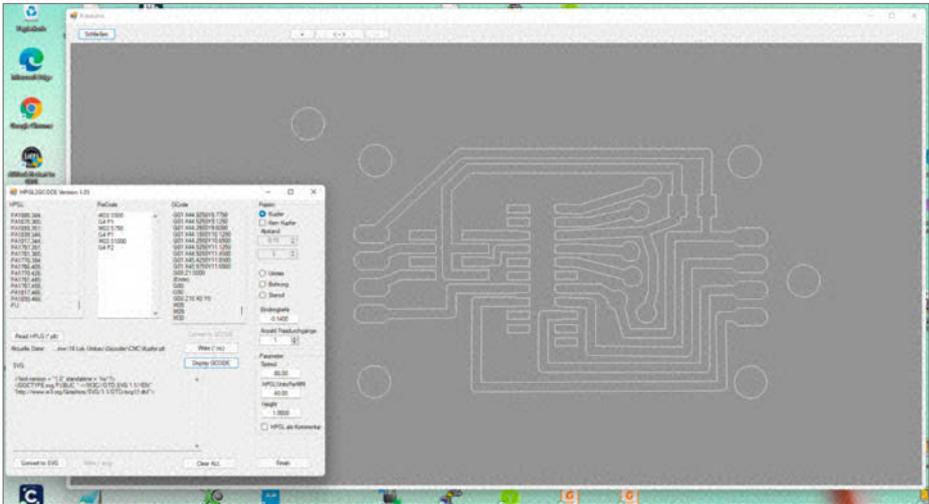
Für die von SPIFFS benötigten Daten (hier unsere Webseiten) findet man im Verzeichnis einen Ordner mit dem Namen „data“. Dort liegen vereinbarungsgemäß die Dateien, die SPIFFS verwaltet. Damit der Browser die Datei, die wir ihm schicken, auch richtig interpretiert, haben wir sie *index.html* genannt. Um sicherzustellen, dass diese Datei auch tatsächlich mundgerecht auf den ESP32 kommt, sind noch zwei Schritte notwendig, die wir mit dem VSC bzw. PlatformIO ausführen. Dazu klicken wir auf den Home-Button des PlatformIO in der linken Spalte unten. Es erscheinen mehrere Menüeinträge, von denen wir zunächst einmal *Build Filesystem Image* anklicken. Wenn der Prozess beendet ist, führen wir *Upload Filesystem Image (xxx)* aus (**nicht Upload Filesystem Image OTA (xxx)!**). Damit ist der ESP32 für die weiteren Schritte gut gerüstet.

Zur Ermittlung der IP-Adresse hilft uns der ESP32. Um die Software auf den kleinen Rechner zu laden, musste der ESP32 ja über ein USB-Kabel mit dem PC verbunden werden. Sobald die Software läuft, meldet sich der ESP über USB als virtuelle serielle Schnittstelle. Nun starten wir ein Terminalprogramm, wie beispielsweise

*Tera Term*. Die blaue LED auf dem Rechner blinkt schnell und der ESP32 meldet sich in der Tera-Term-Konsole. Nachdem wir die Fragen nach der SSID und dem Passwort für den Router korrekt eingeben haben, verbindet sich der ESP mit dem WLAN und zeigt uns seine IP-Adresse an, die wir später im Browser eingeben. Eine Veränderung in der Frequenz der blauen LED zeigt uns, dass sich der ESP mit dem ausgewählten Netzwerk verbunden hat. Diesen Anmeldeprozess müssen wir nur einmal durchlaufen,



Das Layout der Beispielplatine wurde mit dem sehr einfachen Programm *Sprint Layout* entworfen.

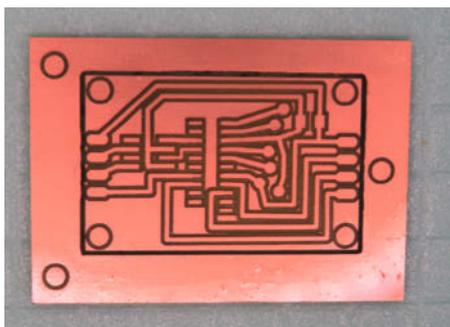


Mit dem Programm *hpgl2gcode.exe* erzeugt man den G-Code zum Fräsen der Platine, wenn das Layout-Programm (wie meines) nur Plotterdaten liefert.

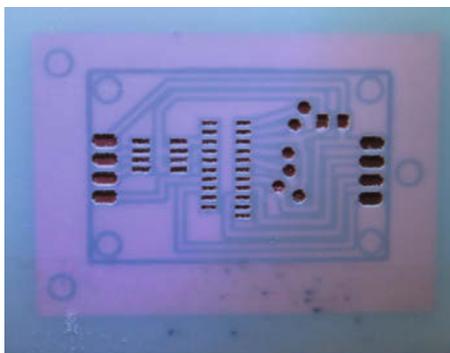
solange es keine Änderungen am Router gibt. SSID und das Passwort sind nun auf dem ESP32 gespeichert.

### Bedienung

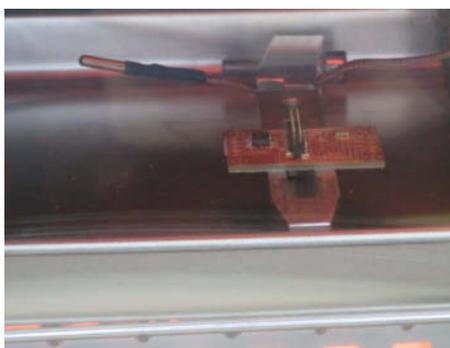
Die Bedienung des Ofens muss außer dem Start des Reflow-Prozesses noch einige andere Funktionen anbieten. Denn die Anpassung der Ofenparameter an die Notwendigkeiten des Temperaturverlaufes muss hier ebenso geleistet werden. Nach dem Start wird die aktuelle Ofentemperatur angezeigt, die se-



Die Platine wurde, wie im ersten Teil des Artikels beschrieben, mit einer CNC-Fräse hergestellt. Die Isolationsgräben sind durch mehrfaches Fräsen künstlich verbreitert, um eventuelle Kurzschlüsse beim Lötvorgang zu verhindern.



Damit die Lötpaste kontrolliert auf die Lötstellen der Platine gelangt, wird diese Maske aus Mylar-Folie als Stencil genutzt.



Die Platine ist gefräst, mit Lötpaste versorgt und die Bauteile sind aufgesetzt. Nun ist sie im Ofen und wird gelötet.

kündlich aufgefrischt wird. In der Darstellung des Bedienfeldes erkennt man diverse Schieberegler sowie einige Buttons.

Die Knöpfe in der oberen Reihe dienen der eigentlichen Bedienung. Mit dem grünen Knopf wird der Soll-Temperaturverlauf auf den Bildschirm gebracht. Damit kann man später beim eigentlichen Reflow-Prozess beobachten, wie genau der Ofen sich an diese Vorgabe hält. Mit dem nächsten Knopf wird das Aufheizen des Ofens gestartet. Der Temperaturverlauf wird dann durch eine rote Linie dargestellt. Weiterhin werden die aktuelle Temperatur sowie Phase angezeigt. Läuft irgendetwas schief, kann dieser Prozess unmittelbar durch Betätigen des roten breiten Buttons ganz unten unterbrochen werden.

Mit dem bläulichen Knopf in der oberen Reihe kann der Verlauf der letzten Aufheizung angezeigt werden. Diese Funktion kann bei der Einjustierung des Ofens hilfreich sein. In diesem Zusammenhang muss man auch den roten Knopf mit der Bezeichnung *Ofentest* sowie die drei waagerechten und den einen senkrechten Schieberegler sehen. Mit dem *Ofentest* wird der oben bereits beschriebene Prozess ausgelöst, der die Startwerte für das Heizen in den einzelnen Phasen feststellt. Wenn dieser Prozess durchlaufen ist, muss die Seite im Browser neu geladen werden, um die ermittelten Werte zu laden. Die Werte liegen zwischen 20 und 100 und stellen damit die PWM-Rate ein. Man kann sie als Prozent-Werte nehmen für die Heizleistung, also beispielsweise steht 20 für 20 Prozent Heizleistung. Bei anschließenden Tests können diese Werte durch Veränderung der Schieberegler den tatsächlichen Bedürfnissen angepasst werden. Beim Betätigen des Reflow-Knopfes werden diese eingestellten Werte an den ESP32 gesendet, dort gespeichert und als Basis für die folgenden Heizprozesse genommen.

Neben dem Temperaturverlauf, der im Browser dargestellt wird, gibt es übrigens noch weitere Informationen, die über die USB-Schnittstelle des ESP32 und einem Terminalprogramm abgerufen werden können. Dort sieht man zum Beispiel, wie das Programm den PWM-Wert verändert, um den aktuellen Temperaturwert dem Sollwert anzugleichen.

Nun fehlt noch der eine senkrechte Schieberegler. Wie dargestellt wird beim *Ofentest* auch das Überschwingen in den einzelnen Phasen ermittelt. Um diese Werte werden die Heizdaten jeweils vor die Phase verschoben. Also wird beispielsweise die Reflow-Phase um den Überschwingwert der Soak-Phase vorgezogen. Diese Werte können ebenso variiert werden. Man versteht auch diesen Wert als Prozentwert, wie die Überschwingwerte zu modifizieren sind. Vermutlich müssen Sie nach dem ursprünglichen *Ofentest* den Aufheiz-

prozess mit veränderten Werten mehrmals durchlaufen, um die bestmögliche Anpassung des tatsächlichen Verlaufs an den Soll-Verlauf zu bekommen.

### Schrittweise zur Platine

Der Entwurf einer Platine für SMD-Bauelemente unterscheidet sich prinzipiell nicht von einer herkömmlichen Leiterplatte – allerdings liegen die Bauteile üblicherweise auf der Oberseite und die Isolationsabstände sind deutlich kleiner. Für den Anfänger empfehlen wir, bei passiven Bauteilen nicht unter Baugröße 0805 und bei mehrpoligen ICs nicht unter 1,27mm Beinchenabstand (SO-Gehäuse) zu gehen. Die besser ausgestatteten Layout-Programme liefern neben den *Gerber*-Leiterbahndaten auch eine *Gerber*-Datei, die nur die Löt pads der Bauteile umfasst. Diese wird hier unbedingt für das *Stencil* (Löt pastenschablone) gebraucht, dazu später. Statt der *Stencil*-Daten kann man notfalls auch die Löt stoppmaske nutzen, deren Ausschnitte möglicherweise aber um einen kleinen Betrag größer sind und die auch die Pads für bedrahtete Bauteile umfasst.

Wie man ein Layout erstellt und die *Gerber*-Daten exportiert, haben Sie bereit im ersten Teil erfahren. Für den Fall, dass Ihr Programm nur die *Plotter*sprache *HPGL* exportieren kann (das ist zum Beispiel bei *Sprint Layout*, einem sehr einfachen Platinenlayout-Programm ohne Schaltplaneditor, der Fall), habe ich das kleine Tool *hpgl2gcode.exe* geschrieben (siehe Link im Info-Kasten), das aus *HPGL*-Fräsdaten *G-Code*-Dateien für die Fräse macht. Es zeigt auch eine Vorschau der Fräsdaten.

Da die Isolationsgräben zwischen den einzelnen Löt pads sehr klein sind, kann es passieren, dass beim Reflow flüssiges Zinn den Graben überwindet und eine unerwünschte Verbindung schafft. Bei professionellen Platinen wird dieser Effekt durch Löt stopplack verhindert. Wir schaffen Abhilfe, in dem wir die Gräben breiter ausformen. Dabei bietet das Programm auch Hilfe an, in dem es die Isolationsgräben mehrfach mit parallelem und geringem Abstand ausformen kann. Genauso kann man mit einem etwas breiteren Fräser kupferfreie Flächen schaffen. Das ist unser Ersatz für den Löt stopplack.

### Paste und Elaste

Es war bereits mehrfach die Rede davon, dass statt des festen Löt zinns eine Löt paste zur elektrischen Verbindung der Bauteile mit der Platine verwendet wird. Nachdem nun die Platine fertig gefräst ist, wird im nächsten Arbeitsschritt diese zähflüssige Masse auf die Stellen der Platine aufgebracht, an denen anschließend die Beinchen der Bauteile festgelötet werden. Das ist leider eine ziemlich mühselige Angelegenheit, wenn man die

Paste von Hand mit einer Spritze und einer kurzen Kanüle aufbringen will.

Deshalb setzt man hier eine Schablone ein – das oben erwähnte *Stencil*. Üblicherweise bestehen diese Schablonen aus Edelstahlblech mit 0,1 bis 0,2mm Stärke und werden gegen einen Aufpreis (im Bereich 8 bis 30 Euro, je nach Platinengröße) zu kommerziell gefertigten Platinen mitgeliefert. Man kann sie aber auch einzeln bestellen. Der übliche Vorgang für den Hausgebrauch: Platine auf einer ebenen Fläche fixieren (dazu ein paar Reststücke drumherum mit doppelseitigem Klebeband befestigen), Schablone passgenau auflegen und mit Klebeband an einer Seite ein „Scharnier“ herstellen. Etwas Lötpaste auf das Stencil geben und mit einem Japan-Spachtel oder einer Kunststoff-Rakel in die Öffnungen verteilen. Dann die Schablone „aufklappen“ und die Platine zum Bestücken vorsichtig entnehmen.

Da wir unser Stencil nicht für die Massenproduktion einsetzen, reicht auch eine maximal 0,2mm starke Folie aus Polystyrol oder Mylar. Letztere kann man sogar auf einem Lasercutter ausschneiden; ein Foren-Tipp lautet, sie mit etwas Spülwasser auf eine Plexiglasplatte zu „kleben“, damit keine störenden Grate entstehen und sich enge Stege

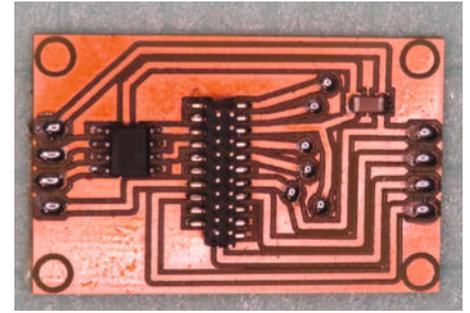
nicht verziehen. Ich habe die Öffnungen für die Lötpaste mit meiner kleinen CNC-Fräse ausgeschnitten, wieder unter Verwendung eines spitzen Gravierstichels.

Die Bauteile werden nun mit ruhiger Hand auf der Platine platziert. Dabei sollte die eben aufgebrauchte Paste natürlich nicht verschmiert werden. Auch beim SMD-Bestücken fängt man mit den zweipoligen, flachen Teilen an (Widerstände, Kondensatoren) und arbeitet sich dann langsam in Richtung mehrpoliger und höherer Bauteile vor.

### Ofenreise

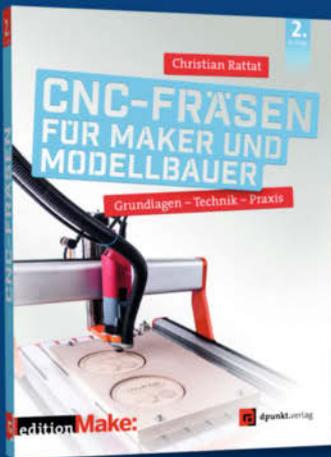
Jetzt kommt der Ofen zum Einsatz, den wir in den obigen Abschnitten aufgebaut haben. Auf nebenstehendem Bild sieht man die Platine sowie dahinter den Temperatursensor, der so gehalten wird, dass er mit keinem Metall in Berührung kommt und deshalb tatsächlich nur die Konvektionswärme misst.

Wenn sich die Platine im Ofen befindet und der Reflow-Prozess eingeleitet wurde, befindet sich man sich wie auf hoher See: Man ist dem Geschehen ausgeliefert und kann nur noch zusehen. Allerdings mit dem Unterschied, dass der Prozess meist zufriedenstel-



Das Ergebnis der Arbeit hat sich gelohnt. Insbesondere das Löten der 21-Pin-Stiftleiste wäre für einen ungeübten „Handlötler“ schon eine größere Herausforderung.

lend abläuft und man im Notfall unterbrechen kann. Von einigen Steckverbindern abgesehen vertragen die meisten Bauteile übrigens mehrere Reflow-Phasen, sodass man den Vorgang, falls nötig, wiederholen kann. Übung macht auch hier den Meister: Beginnen Sie mit einem kleinen Projekt wie dem abgebildeten; zum Experimentieren kann man auch mit von Hand mit der Spritze aufgetragener Lötpaste und defekten oder unbekanntem Bauteilen aus der Restekiste starten. —cm



314 Seiten · 32,90 €  
ISBN 978-3-86490-752-4



296 Seiten · 36,90 €  
ISBN 978-3-86490-545-2

## Zum Tüfteln und Heimwerken



308 Seiten · 34,90 €  
ISBN 978-3-86490-567-4



456 Seiten · 32,90 €  
ISBN 978-3-86490-426-4



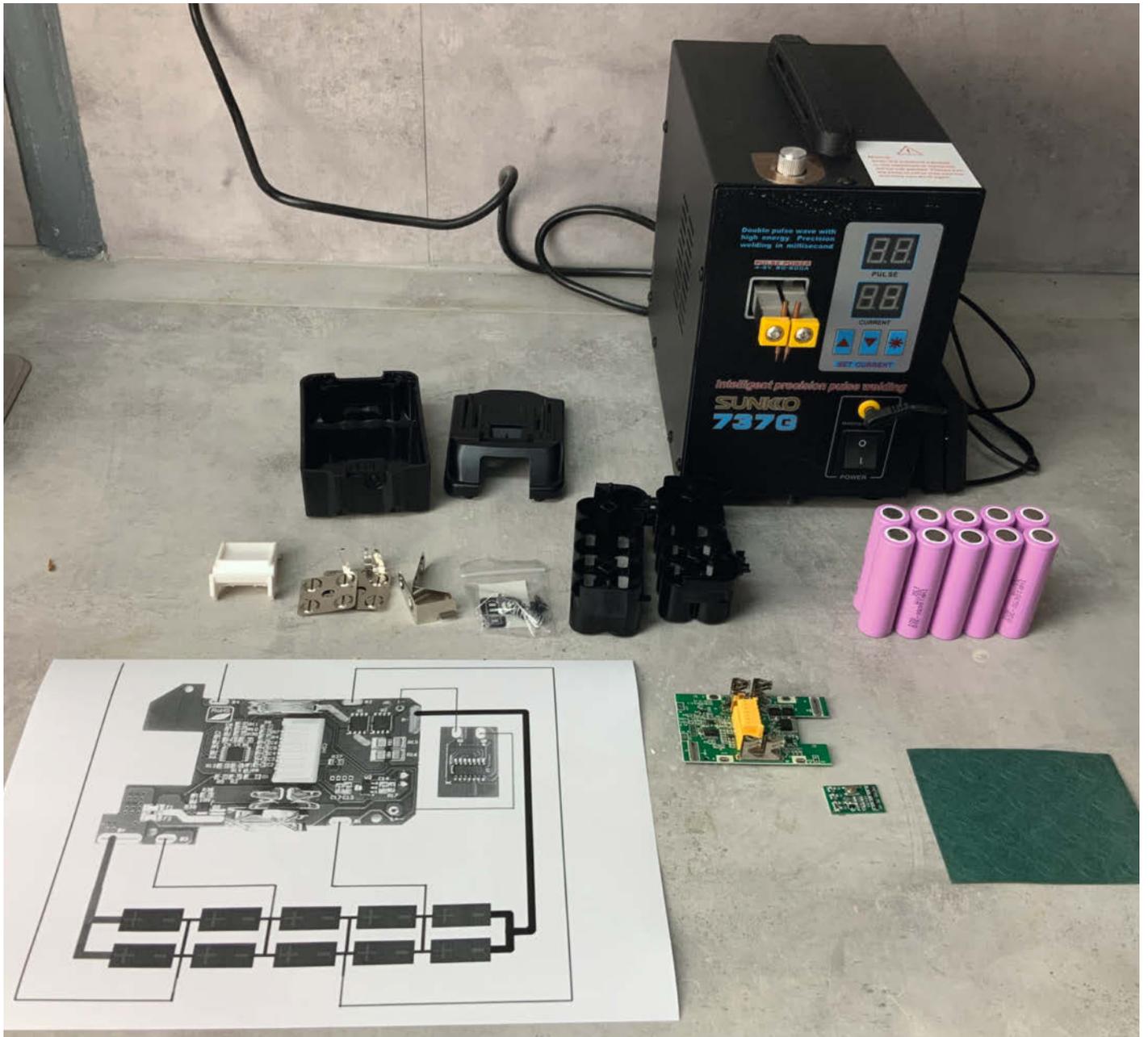
352 Seiten · 34,90 €  
ISBN 978-3-86490-640-4

**Bundle up!**  
Print & E-Book nur auf  
[www.dpunkt.de](http://www.dpunkt.de)

# Akkupacks selbst reparieren und bauen

Jeder gut sortierte Heimwerker besitzt heute akkubetriebene Werkzeuge. Hersteller, Baumarktketten und sogar Discounter werben für jeweils ihre Systeme – ein Akku und ganz viele Möglichkeiten. Doch was, wenn die Batterie-Packs in die Jahre kommen und nicht mehr so frisch sind wie am ersten Tag? Reparieren Sie sie doch. Hier erfahren Sie, worauf es dabei ankommt.

von Mark Liebrand



Elektrowerkzeuge ohne Stromkabel werden mit aufladbaren Batterien, den Akkus, betrieben. Der Akku macht bei den Anschaffungskosten oft den größten Teil aus. Das merkt man spätestens beim Ersatzkauf. Neben den Originalen vom Werkzeughersteller gibt es natürlich für Produkte namhafter Hersteller auch No-Name-Angebote, doch hier weiß man nicht so recht, was man bekommt. Gerade fernöstliche Anbieter versprechen hier utopische Leistungswerte 1.

Wie gut die Zellen darin sind, ob es eine effiziente Ladeelektronik gibt, weiß man erst durch Ausprobieren. Selbstbau kann da eine echte Alternative oder auch der günstige Einstieg in Akku-Werkzeuge überhaupt bedeuten.

Die Werkzeuge werden nämlich oft auch in einer Solo-Ausführung angeboten. Hier erhält man nur das eigentliche Gerät ohne Ladegerät und Akku. Baut man sich den Akku dazu und kauft das Ladegerät eines Drittanbieters, kann dies deutlich günstiger sein.

Dieser Artikel erklärt, wie man Akkupacks entweder selbst baut oder betagte Akku-Packs mit neuen Zellen versieht. Vorweg sei gesagt, dass sich dieser Aufwand in erster Linie lohnt, wenn man mehrere Packs baut oder erneuert, was aber beim Einsatz mehrerer Werkzeuge schnell der Fall sein wird. Die Anschaffungskosten für ein Punktschweißgerät sind sonst im Vergleich zu einem neuen Pack zu hoch. Auch sollte man ein gewisses Verständnis von der Elektrik mitbringen. Es liegt in der Natur der Sache, dass die Zellen nicht ladungsfrei sind. Konstruktionsfehler und Kurzschlüsse sollte man vermeiden, denn sonst fließen hohe Ströme, die eine gewisse Brandgefahr mit sich bringen.

### Geeignete Akkus

Im Prinzip lassen sich alle Akkus erneuern. Die Zellen bekommt man regelmäßig bei Online-Händlern. Im Zweifel findet man auf Plattformen wie AliExpress die nötigen Teile. Interessant sind Standard-Zellen vom Typ 18650. Diese Zellen sind weitverbreitet und finden nicht nur Anwendung bei Werkzeugen, sondern oft auch bei Fahrrad-Akkus, E-Zigaretten, Taschenlampen etc. Die Bezeichnung beschreibt die äußerlichen Abmessungen der Batterie, in diesem Fall einen Durchmesser von 18mm und eine Länge von 650mm 2.

Die Spannung einer Zelle beträgt nominal 3,6V. Allerdings ist die Batterie keine konstante Spannungsquelle. Die Spannung liegt bei vollgeladener Zelle bei ungefähr 4,2V, leer bei unter 3V.

Wer an dieser Stelle damit liebäugelt, seine Laptop-Batterie zu ersetzen – der sei hier darauf hingewiesen, dass in Laptops regelmäßig Spezial-Bauformen eingesetzt werden. Diese

### Kurzinfo

- » Unterschiede bei Akkuzellen
- » Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Akkus
- » Nachbau eines Werkzeug-Akkus

#### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
1 bis 2 Stunden



**Kosten:**  
von Gerät abhängig

#### Material

- » Leergehäuse gebraucht oder neu
- » Akkuzellen Anzahl und Strombelastbarkeit entsprechend dem Gerät
- » Verbindungsbleche Nickel, 6mm Breite
- » Isolierpapier

#### Werkzeug

- » Punktschweißgerät für Akkuzellen
- » Lötkolben
- » Seitenschneider

#### Mehr zum Thema

- » Jan Wegener, Lithium-Ionen-Akkus testen und wiederverwenden, Make 2/21, S. 70
- » Clemens Verstappen, Kapazitätsmessgerät für Powerbanks und Akkuzellen, Make 1/20, S. 100

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x4rv](https://make-magazin.de/x4rv)

Zellen sind schwierig zu beschaffen. Falls jedoch 18650er (genaue Typenbezeichnung beachten!) verwendet werden, kann man auch diese Akkupacks reparieren 3.

Wie viele Zellen in einem Akkupack sitzen, lässt sich bei 18650er an den Spannungen der Packs ablesen, die ein Vielfaches von 3,6V betragen. Verbreitete Spannungen sind 7,2, 10,8, 14,4, 18 und 36 Volt. Teilt man die Spannung durch die 3,6V, erhält man die Anzahl der hintereinander verschalteten Batterien. Oftmals werden die

Batterien paarweise hintereinander geschaltet, um mehr Strom liefern zu können. Dann hat ein 18V-Pack zehn 18650er-Akkus verbaut.

Bei 12V muss man etwas genauer hinschauen. Eigentlich geht die Rechnung mit den 3,6 Volt hier nicht auf. Bei Bosch hat man sich vor ein paar Jahren entschieden, 10,8V-Akkus einfach 12V-Akkus zu nennen, ohne die Spannung angepasst zu haben. Bei älteren Makita-Geräten gibt es 12V-Akkus, die nicht mit 18650er Zellen gebaut sind. Erkennen kann man das

for Bosch

## 18V 10000mAh



For 18V Bosch 10000mAh Rechargeable Power Tools Battery with LED Li-Ion Replacement BAT609, BAT609G, BAT618, BAT618G, BAT614

★★★★★ 5.0+ 15 Reviews 61 orders

Add to cart before sale

PRICE:

**US \$25.03 - 34.16**

**US \$35.64** US \$74.26 -52%

Price includes VAT

US \$6.00 11.11 Sale surprise coupon [Get coupons](#)

Color: 10000mAh

3000mAh
6000mAh
10000mAh

Quantity:

1 + 2990 pieces available

Delivery @ Germany

**Free Shipping**

To Germany via Seller's Shipping Method  
Estimated delivery on Jan 09 [More options](#)

Buy Now

Add to Cart

♥ 38

🛡️ 75-Day Buyer Protection  
Money back guarantee

1 Zu schön, um war zu sein: 10Ah schafft in dieser kompakten Form selbst der Original-Akku des Herstellers nicht.



2 Weitverbreitete Akkuzellen vom Typ 18650: Die Buchstaben oder Zahlen hinter der Typenbezeichnung stehen für herstellerspezifische Varianten.



3 Wichtig ist das Kürzel hinter der Bezeichnung 18650: -30Q bezeichnet Hochstrom-fähige Zellen.



4 Rechts eine Zelle mit erhöhtem (button top), links eine mit flachem Pluspol (flat top)

an zwei Stellen. Zum einen lassen die Dimensionen des Akkupacks erahnen, dass dieser nicht kompakt mit 18650ern gefüllt ist. Der zweite eindeutige Hinweis kommt aus dem Akku-Typ. 18650er sind Lithium-Zellen. Wenn also der fragliche Akku NiMH (Nickel-Metall-Hybrid) ausweist, sind das keine 18650er. Das heißt nicht, dass so ein Akku nicht auch aufgefrischt werden kann. Man muss hier herausfinden, was genau verbaut wurde und versuchen diesen Typ zu bekommen.

Nachdem klar ist, ob eine Frischzellen-Kur mit 18650er Batterien möglich ist, gilt es den geeigneten Batterietyp innerhalb der Bauform zu finden und zu entscheiden, ob man ein bestehendes Gehäuse recycelt. Dazu später mehr.

### Bauformen

Die Ableitung der Größe aus der Typenbezeichnung 18650 wurde bereits erklärt. Die Zellen unterscheiden sich noch in weiteren Details, die für die Anwendung wichtig sind. So gibt es Zellen mit flachem und erhöhtem Pluspol 4.

Bei den flat-top-Zellen gibt es außerdem eine Ausführung mit Lötflächen. Die etwas längeren button-top-Zellen werden in der Regel nicht fest verbaut und verfügen zudem auch über eine Schutzschaltung (PCB), die Überladen und Tiefentladen verhindert. Bei den flat-top-Zellen fehlt diese Schutzschaltung und sie werden meist fest verbaut. Die Schutzschaltung sitzt dann in der Ladeelektronik des Geräts.

Es ist möglich, aus einer flat-top- eine button-top-Zelle zu machen, indem einfach ein meist magnetisch haftender Aufsatz aufgesteckt wird. Solche Teile, meist aus Nickel, sind zum Beispiel über AliExpress erhältlich. Diese Umrüstung ist aber nicht zu empfehlen. Setzt man solch eine Zelle in ein Gerät ohne Batterie-Management ein, kann das wegen der fehlenden Schutzschaltung schiefgehen.

Bei der Herstellung der Batterien haben die Hersteller die Wahl zwischen hoher Kapazität und hohem Entladestrom (und einer Mischung daraus). Die Fähigkeit, ausreichend hohen Strom zu liefern, sollte man unbedingt beachten. Der Zusammenhang zwischen hoher Ka-

pazität und hohem Entladestrom besteht über den Innenwiderstand der Batterie. Hochstrom-Zellen haben einen sehr geringen Innenwiderstand, während Zellen mit hoher Kapazität einen höheren Innenwiderstand haben.

Der Innenwiderstand einer Batterie lässt sich nur indirekt messen. Ein Ohm-Meter hilft hier nicht weiter. Es wird stattdessen zum Beispiel ein Ladegerät mit dieser Funktionalität benötigt. Ist der Innenwiderstand bekannt, lässt sich über das Ohmsche Gesetz ermitteln, wie die Spannung der Batterie unter Last abnimmt. Bekanntlich erhält man den Widerstand, in dem man Spannung durch den Strom teilt ( $R=U/I$ ). Dementsprechend ist die Spannung also das Produkt von Widerstand und Strom ( $U=R \cdot I$ ).

Angenommen, eine Batterie hat einen Innenwiderstand von 0,1 Ohm und der Verbraucher zieht 10A. Dann ergibt sich daraus eine Spannung von 1 Volt, die am Innenwiderstand abfällt. Das heißt, die Spannung der Batterie sinkt von angenommenen 3,6 Volt im Leerlauf auf 2,6 Volt bei 10A Last.

Das hat nun folgende Auswirkungen: Das Werkzeug funktioniert eventuell nicht, weil die Spannung nicht reicht. Aus einer 18V-Stromversorgung wird dann im Ergebnis 13V. Die andere Auswirkung betrifft die Verlust-Leistung, die in den Akkuzellen anfällt, und ist potenziell viel dramatischer: Leistung ist das Produkt aus Spannung und Strom, in diesem Fall also 10 Watt ( $1V \cdot 10A$ ) Verlustleistung pro Zelle. Bei zehn Zellen im Pack sind das im Beispiel 100 Watt. Da kann es dann schon mal etwas wärmer werden. Hier ist also Vorsicht geboten. Geeignete Zellen für Werkzeug-Akkus haben einen Innenwiderstand im tiefen zweistelligen Milliohm-Bereich. Mit entsprechenden Ladegeräten lässt sich dies auch nachmessen.

Gerade bei Werkzeugen kommt es auf hohen Strom an. Dies lässt sich gut nachvollziehen, wenn man einen Blick auf die netzbetriebenen Geräte wirft. Sägen oder Schlagbohrmaschinen haben normalerweise mehrere hundert Watt Leistung. Der Leistungshunger gilt genauso für die Batterie-Geräte.



5 Zerlegter Bosch-18V-Akku: Die einfache Ladeelektronik balanciert die Zellen nicht aus. Ein Kandidat für ein Upgrade.

Eine Leistung von 600 Watt wird regelmäßig von einem größeren Werkzeug benötigt, damit es seinen Dienst vernünftig verrichten kann. Nimmt man als Beispiel ein 18V-Pack, dann werden 600 Watt Leistung bei Strömen von über 30A erreicht. Bei zwei parallelen 18650ern muss eine Zelle also zwischen 15A und 20A abgeben können.

Diese Ströme können längst nicht alle Akkus liefern. Hier muss man schauen, dass man den genau richtigen Typ anhand der kompletten Typenbezeichnung und notfalls einem Blick ins dazugehörige Datenblatt auswählt. Der Hersteller Samsung bietet hier Akkus mit der Bezeichnung *INR18650-30Q* an. Sony bietet eine ähnliche Zelle als *US18650VTC6* an. In der Praxis scheinen die Hersteller der Akkugeräte primär den Samsung-Typ zu verwenden. Der 30Q-Typ ist aus Erfahrung die geeignete Zelle zum Selberbauen von Akku-Packs.

Bei Geräten wie Taschenlampen hält sich der Stromhunger vergleichsweise in Grenzen. Meistens sind die LED die Wärmeerzeuger und nicht die Batterien. Bei Werkzeug-Akkus sind Kapazitäten einer Einzelzelle bis 3000mAh glaubwürdige Werte. Die Technik macht zwar Fortschritte und vielleicht sind in Zukunft auch höhere Werte möglich. Diese sind aber wohl zunächst bei den Markenherstellern zu erwarten und nicht bei den Nachbauten.

### Gehäuse – Recyceln oder neu?

Möchte man seinen Bestand an Akkus erweitern, braucht man neben den richtigen Akkus auch das richtige Gehäuse. Hier gibt es die Option, ein Leergehäuse oder gebrauchte/defekte Akkus zu kaufen. Defekte oder gebrauchte Akkus findet man leicht bei z.B. eBay. Hier lassen sich Packs für wenige Euro ersteigern. Da die Versandkosten ins Gewicht fallen, sind Angebote über mehrere Packs lohnenswert.

Bevor solch ein Gehäuse nutzbar ist, müssen zunächst die alten Akkus entfernt werden. Das Akkupack sollte dazu möglichst entladen sein. Etwas Spannung wird aber immer noch sein. Daher ist entsprechende Vorsicht geboten. Es kann sinnvoll sein, vor dem Ausbau mit dem Handy noch ein paar Fotos zu machen – insbesondere dann, wenn man mit den neuen Zellen alles wieder so zusammenbauen möchte, wie es war.

Nachdem das Gehäuse auseinander geschraubt ist, sollte man zunächst mit einem Seitenschneider die Verbindungen zur Ladeelektronik kappen. Das verringert die Kurzschlussgefahr an den freiliegenden Kontakten. Aufgeklebte Isolierungen entfernen, damit die punktgeschweißten Verbindungen frei liegen. Danach kann man Schritt für Schritt die Batterie-Zellen ausbauen.

Am gefahrlosesten ist es, jeweils am Minuspol der Zellen mit einem Seitenschneider



6 Nachdem das Isolationspapier entfernt ist, fängt man am besten an den Minuspolen (oben links) an und befreit sie von den Blechstreifen.

Stück für Stück die geschweißten Bleche zu entfernen. Das funktioniert am besten durch eine Kombination aus Hebeln, Drehen und Schneiden. Auf jeden Fall sollte man in Ruhe daran gehen und insbesondere keine Gewalt in Richtung der Zellen ausüben. Sobald eine Zelle (oder ein Zellenpaar) frei liegt, kann man es mit vorsichtigem Druck auf den Minuspol aus dem Pack herausschieben. Die Batterien sind dann fachgerecht zu entsorgen. Dabei sollten unbedingt die Pole der Batterien mit Isolierband geschützt werden.



7 Ausgebautes Batterie-Paar eines Alt-Akku. Vor dem Entsorgen die Enden mit Isolierband abkleben!

Arbeiten mit Werkzeug am Pluspol sollte man vermeiden. Dies hängt mit der Bauform der Akkus zusammen. Eine 18650er-Zelle ist im Prinzip ein Becher, in dem die Akkubestandteile eingeschoben sind. Der Becher ist der Minuspol. In der Mitte des Einschubs ist



8 Leergehäuse mit Bauteilen: Hier sind Bleche zum Schweißen bereits dabei.



9 Das Schweißgerät Suunko 737G: Ausgelöst wird der Schweißvorgang mit dem Fußtaster (rechts vorn).

der Pluspol. Zwischen der oberen Kante des Bechers und der Fläche mit dem Pluspol liegen also nur wenige Millimeter. Isoliert wird das Ganze nur mit der Folie, mit der die Batterie eingeschweißt ist. Die Folie bietet mechanischen Einwirkungen praktisch kaum Schutz. Arbeitet man also am Pluspol, kann man recht schnell einen Kurzschluss erzeugen.

Neue Leergehäuse sind eine Alternative zum Recyclen der gebrauchten Akkupacks. Die Vorteile sind ein Gehäuse ohne Gebrauchsspuren, ggf. eine neue Ladeelektronik und vorgefertigte Verbindungen für die Batterien. Außerdem muss man keine alten Zellen entsorgen. Preislich liegen die Leergehäuse etwas über den gebrauchten Akkupacks. Man sollte bei der Ladeelektronik schauen, dass die Elek-

tronikverbindungen zu allen Zellen hat, damit die Zellen balanciert werden 8.

Nach der Erfahrung des Autors sind neue Leergehäuse vorteilhafter gegenüber gebrauchten, defekten Akkupacks. Zum einen entfällt das Entkernen des alten Gehäuses. Bei dem neuen Leergehäuse kann man eines mit einer Ladeelektronik auswählen, die die Batterien auf jeder Spannungsstufe beim Hintereinanderschalten balanciert. Dies ist vorteilhaft, weil sonst die Ladeelektronik nur das ganze Paket laden kann. In diesem Fall bestimmt die schwächste Zelle die Qualität des gesamten Packs. Gerade alte Gebraucht-Akkus haben oft keine Ladeelektronik, die die Batterien einzeln laden kann. Ein weiterer Vorteil der Leergehäuse ist, dass man passgenaue Bleche zum Verschweißen der Zellen bekommt. Das macht den Zusammenbau um einiges angenehmer.

Neben den 18650er Zellen findet man manchmal auch Gehäuse für 21700er Zellen. Auch hier beschreiben die Zahlen die Abmessungen. Diese Zellen und damit auch die Bauform des Packs sind dann eher exotisch. Der Vorteil kann in höherer Leistung bestehen, man muss jedoch schauen, ob der Akku mit den größeren Abmessungen ins Gerät passt und nicht zu schwer wird.

### Einkaufsliste

Neben Gehäuse und Batterien braucht man Werkzeug und weiteres Zubehör. Das wichtigste Werkzeug ist das Punktschweißgerät. Dies wird benötigt, um die Akkuzellen miteinander zu verbinden 9.

Hier gibt es ein Spektrum unterschiedlicher Geräte. Preislich am unteren Ende (für weniger als 20 Euro) sind Geräte, die selber mit 18650er Akkus oder mit Steckernetzteilen als Stromversorgung arbeiten. Das kann funktionieren. Aber besonders die Netzteil-betriebenen Billigteile müssen, um den hohen Impulsstrom zum Punktschweißen aufbringen zu können, oft mit einem dicken Elektrolytkondensator von ein paar hundert Mikrofarad nachgerüstet werden, damit die versprochene Leistung zustande kommt. Solche Lösungen sind eher was für wenige Schweißpunkte.

Wer zügig und ohne Bastelei arbeiten möchte, sollte ein Gerät mit Netzanschluss in der Preisklasse ab 90 Euro (eBay) in Betracht ziehen. Die günstigeren Geräte haben einen Schweißarm am Gerät. Das schränkt die Handhabung zwar ein, ist für das Bauen von Packs aber in der Regel kein Problem und voll ausreichend.

Deutlich teurer sind Geräte mit einer Leitung, an deren Ende die Schweißelektroden sind. Der Preisaufschlag begründet sich wohl im Anspruch an die flexible dicke Kupferzuleitung. Bei den hohen Strömen machen wenige Milliohm einen spürbaren Unterschied in der Leistung aus. Diese Geräte kosten dann ab 150 Euro aufwärts.

Zu beachten ist die Leistungsaufnahme der Geräte. Der Autor besitzt ein *Suunko 737G*. Nach Typenschild ist die maximale Stromaufnahme 15A. Das hindert das Gerät nicht daran, einen normalen (B-Charakteristik) 16A-Sicherungsautomaten beim Schweißvorgang auszulösen. Erst eine C-Charakteristik-Sicherung hat Abhilfe gebracht. Es mag auch helfen, das Gerät an eine aufgerollte Kabeltrommel anzuschließen, weil die Induktivität der Kabelspule den Spitzenstrom reduziert. Da das Gerät immer nur Sekunden in Betrieb ist, kommt es dabei zu keiner nennenswerten Erwärmung der Kabeltrommel. Wenn der Austausch des Sicherungsautomaten in Betracht kommt, sollte dies auf jeden Fall von einer entsprechenden Fachkraft vorgenommen werden.

Wer die Investition in ein Schweißgerät scheut oder auch Problemen mit der häuslichen Elektrik aus dem Weg gehen möchte, der greift zum LötKolben. Das ist aber allenfalls die zweitbeste Alternative. Abgesehen davon, dass das Rumbraten an einer Batterie zu Recht ein ungutes Gefühl auslöst, scheinen geschweißte Verbindungen haltbarer zu sein. Wenn ein Pack mal runterfällt, dann können die Lötverbindungen aufplatzen.

Einen LötKolben braucht man trotzdem, um die Ladeelektronik im Pack anzuschließen. Wenn es nur um das Anlöten von Blechen und dünnen Kabeln zum Balancieren der Batterien geht, dann reicht ein kleiner LötKolben bis 30 Watt. Sollen dicke Kabel verlötet werden, reicht diese Leistung nicht aus. Das Kabel führt einfach zu viel Wärme ab und man kann es mit 30W nicht löten. Da sollten es dann schon 60



10 Fish-Paper (Isolierpapier) schützt zusätzlich die Plus-Pole der Zellen.

Watt sein. Zum Glück gibt es einfache Lötkolben mit dieser Leistung für wenige Euro im Versandhandel.

Weiteres wichtiges Zubehör sind Isolierband und Isolierpapier, sogenanntes *Fish Paper*. Beim Arbeiten am Pack sollte man sich angewöhnen, offene Kontakte mit Isolierband abzukleben. Beim Isolierpapier gibt es speziell für den Pluspol Ringe mit ausgestanzter Mitte. Diese sind sehr zu empfehlen, weil dadurch die Batterie am Pluspol besser vor Kurzschlüssen nach mechanischer Einwirkung geschützt wird.

Die Akkuzellen werden mit Nickelbändern verbunden. Wegen der hohen Ströme sollte man hier auf die Breite achten. Es sollten schon 6-7mm breite Streifen verwendet werden. Die 5mm-Streifen, die beim Punktschweißgerät des Autors beilagen, wurden im Gebrauch später doch recht heiß.

Nützlich ist außerdem ein Ladegerät für die 18650er Zellen, welches nicht nur lädt, sondern auch über weitere Funktionen verfügt. Damit lassen sich die Batterien dann *graden*. Mit der *Grading*-Funktion ermittelt das Ladegerät die Kapazität der Akkus. Dies geschieht, indem die Batterie einen vollen Ladezyklus (laden und entladen) durchläuft. Beim Entladen wird dann gemessen, wie lange die Batterie mit einem bestimmten Strom bis zum Erreichen der unteren Spannung (ca. 2,6 Volt) entladen werden kann. Ein solches Gerät ist z. B. das XTAR VC8.

Gerade wenn man mehrere Akku-Packs hat, lässt sich nicht immer nachvollziehen, welcher Akku wie alt ist oder wie er bestückt ist. Wer dies nachhalten möchte, der besorgt sich RFID-Aufkleber. Diese lassen sich beispielsweise mit einem Android-Smartphone lesen und beschreiben.

## Umgang mit Akku-Zellen

Bevor es an die Umsetzung geht, noch ein paar Worte zum Umgang mit den Zellen. Die 18650er sind nicht zuletzt deswegen so populär, weil sie recht viel Leistung speichern. Wird diese Leistung unkontrolliert abgegeben, kann es gefährlich werden. Diese Lithium-Zellen sollte man daher genauso behandeln wie rohe Eier. Das schließt beispielsweise den Transport in der Hosentasche aus. Auch sollte man diese Zellen nicht lose mit anderen leitenden Gegenständen aufbewahren oder transportieren. Man sollte die Zellen auch möglichst nicht fallen lassen oder Hitze (Feuer) aussetzen. Dass eine Zelle bei einer unkontrollierten Entladung explodiert, scheint zwar eher selten der Fall zu sein. Ströme von 100A und mehr richten allerdings einigen Schaden an – bis hin zum Auslösen eines Brandes. Soll-

## Beschaffung in Fernost

Viel Zubehör lässt sich über AliExpress beschaffen: Fish-Paper, Batterien, Gehäuse. Seit dem ersten Juli 2021 ist eine neue Regelung bezüglich der Umsatzsteuer in Kraft. In der Vergangenheit hat es sich gelohnt, beim Bestellwert unter 22 Euro zu bleiben, damit keine Umsatzsteuer anfällt. Wenn Umsatzsteuer angefallen war, kam noch eine weitere Gebühr für die Abfertigung durch den Transporteur hinzu. Niedrige Versandkosten taten ihr übriges, um unter der Umsatzsteuer-Grenze zu bleiben. Ökologisch ist das natürlich nicht. Mit der neuen Regelung wird auch bei Kleinbeträgen regelmäßig die Mehrwertsteuer beim Kaufabschluss mitberechnet und einbehalten. Das macht dann das Einkaufen einfacher, aber teurer.

Vor der Einführung der Mehrwertsteuer-Regelung konnte man in Fernost für ca. 20 Euro zehn Batterien und für nochmal 10 Euro ein Leergehäuse erstehen. Mit der neuen Regelung fallen nun mindestens 19% mehr Kosten an. Es sollte damit aber immer noch möglich sein, die Akku-Packs unter dem Preis des Hersteller-Originals zu reparieren oder herzustellen.

Bei Akkus ist die Lieferzeit länger als bei anderen Artikeln. Während man gewöhnliche Artikel nach 10-20 Tagen erhält, dauert es bei Batterien oft 2 Monate. Die Sendungsverfolgung bei der Bestellung bei AliExpress zeigt nichts an. Nach einigen Wochen kann man mit der Sendungsnummer auf [17track.net](http://17track.net) gehen und findet dort

die Sendung. Man könnte vermuten, dass die Zeit durch Transport auf einem Schiff zustande kommt. Die Sendungsverfolgung legt jedoch nahe, dass die Waren gesammelt werden und dann per Flugzeug nach Europa kommen.

Ein besonderes Augenmerk sollte man auf die Kapazität der Akkus legen. Oft entsprechen die Kapazitätsangaben des Verkäufers nicht der Realität. Hier kann es helfen, in die Bewertungen zu schauen. Sehr hilfreich ist die Überprüfung der Kapazität der Zellen mit Hilfe eines geeigneten Ladegeräts. Wie viel Abweichung akzeptabel ist, möge jeder selbst entscheiden. Ein 3000mAh-Akku mit einer effektiven Kapazität von 2500mAh ist trotzdem eine Verbesserung. Die Auseinandersetzung mit dem Verkäufer ist auch eine Frage der Abwägung.

Stellt man fest, dass die Kapazität wesentlich abweicht, kann man versuchen, Geld zurückzubekommen. Die Erfahrungen mit der *AliExpress Geld zurück Garantie* sind nicht ermutigend. Der Autor hat in einem Fall Batterien reklamiert, die nur 50 Prozent der angepriesenen Kapazität hatten. Der Verkäufer ist dann sehr selbstbewusst aufgetreten und hat jeglichen Zweifel an der Qualität der gelieferten Ware weit von sich gewiesen und dabei dem Käufer gleich noch unterstellt, er sei nicht in der Lage, die Kapazität nachzumessen. Am Ende ist das vermutlich für einen Support-Mitarbeiter, der den Streitfall beurteilen soll, auch

nicht einfach. In diesem Fall hat der Autor 50 Prozent des Kaufpreises zurückerhalten. In einem anderen Fall – es ging hier um eine verlorene Lieferung – hat AliExpress sich einfach geweigert zu erstatten. Am Ende half nur die Rückbuchung über die Kreditkarten-Firma. AliExpress hat die Rückbuchung einfach so akzeptiert – keine Sperrung des Kunden-Kontos, keine neuerliche Forderung des Kaufpreises.

Im Streitfall wird auch immer gerne die volle Erstattung des Kaufpreises nach Erhalt der Rücksendung angeboten – natürlich zahlt dies der Käufer. Rücksendung von Akkus ist keine Option. Abgesehen davon, dass die Versandkosten den Warenwert deutlich übersteigen, ist es schwierig, einen Versender zu finden, der lose Akkus von Privatpersonen international befördert, denn Akkus gelten als Gefahrgut.

In jedem Fall sollte man eine Bewertung hinterlassen, positiv wie negativ. Für andere kann das hilfreich sein. Die besten Erfahrungen hat der Autor mit Zellen des Herstellers *Jouym* gemacht. Hier stimmten bei mehreren Einkäufen die Kapazität mit den vom Verkäufer angegebenen Werten.

Alternativ erwirbt man die 18650er Akkus bei einem inländischen oder zumindest europäischen Händler. Hier zahlt man in der Regel mehr. Allerdings bekommt man die Ware wohl schneller und darf mit Qualität rechnen.



11 Den Bausatz zunächst ohne Batterien zusammensetzen ist hilfreich und vermeidet später Fehler beim Arbeiten mit den Zellen.



12 Grundsätzlich sollte man immer alle Kontakte abkleben, an denen nicht gearbeitet wird.



14 Beim Schweißen immer eine Brille (muss nicht abdunkeln) tragen, da Funken fliegen können!



15 Im Zweifel sollte man lieber einmal öfter schweißen, um eine stabile Verbindung zu erzeugen.

te so eine Batterie dennoch platzen, hat das etwas von Chemie-Unfall und sollte sicher nicht in der geschlossenen Wohnung passieren.

### Umsetzung

Das Zusammensetzen eines Packs in ein neues Leergehäuse dauert rund eine Stunde. Möchte man ein altes Pack recyceln, ist mehr Zeit einzukalkulieren. Erstens kostet das Auseinandernehmen des alten Packs Zeit und zweitens ist man nicht in der komfortablen Situation, passgenaue Bleche zu haben. Dafür braucht man dann etwas Planung.

Beim Aufbereiten eines Alt-Akkupacks kommt es auf zwei Aspekte an. Zum einen haben die Akku-Gehäuse nicht viel Platz im Inneren. Die Verkabelung und Verbindungsbrücken sollten in den Maßen und Anordnungen dem alten Pack entsprechen, den es gibt wenig Platz für Abweichungen im Gehäuse.

Der zweite Punkt, den man berücksichtigen sollte, ist die Reihenfolge des Zusammenbaus. Als Beispiel sei hier der Bosch 10,8V/12V-Akku genannt. Von den drei in Reihe geschalteten Batterien muss der Minuspol in unmittelbarer Nähe der Kontaktklemmen (für Laden und Benutzen) angelötet werden. Wer kein Profi in Mikado ist, sollte den Pluspol erst als letztes anlöten. Ansonsten sind Kurzschlüsse kaum zu vermeiden.

Die Akkus selbst sollten nach Möglichkeit nicht vollständig geladen sein. Eine Möglichkeit besteht darin, die Akkus auf *Storage* (Erhaltungsladung) zu laden. Dann haben die Akkus eine Spannung von 3,6 bis 3,7 Volt.

Auch bei den zusätzlichen Anschlüssen der Ladeelektronik für das Balancieren sollte man planen. Es hat sich bewährt, die recht dünnen Drähte vor dem Einbau der Elektronik in das



16 Unter dem schwarzen Isolierband verbergen sich die Kontaktklemmen des Akku-Packs. Hier kommt es leicht zu Kurzschlüssen bei Berührung mit Werkzeug.



17 Komplett bestückt und verdrahtet sollte man die Nenn-Spannung des Packs messen können.



18 Fast geschafft. Nur noch den Deckel aufsetzen und verschrauben.

Gehäuse an der Platine zu verlöten. Das lose Ende bleibt dabei zunächst noch isoliert.

Es ist ratsam, diese Arbeiten nicht in der Wohnung auszuführen. Stattdessen sollte ein Ort außerhalb gewählt werden, wie eine Werkstatt, Garage oder eine Terrasse. Wer ganz auf Nummer sicher gehen will, der hält einen Eimer mit Sand bereit. Dort kann man im Notfall ein sich abzeichnendes Unglück hineinwerfen.

Außerdem sollte am Arbeitsplatz Ordnung und Sauberkeit herrschen. Was sich pedantisch anhört, ist eine wichtige Vorsichtsmaßnahme. Kleine Reststücke von Nickelbändern können irgendwo hingeraten und einen Kurzschluss verursachen. Das gleiche gilt für herumliegenden Werkzeug.

### Praxis: Akkupack für Makita-Werkzeug

Im Folgenden wird das Zusammensetzen eines Leergehäuses für Makita 18V-Geräte schrittweise beschrieben. Neben dem Leergehäuse werden zehn Akku-Zellen und etwas Kleinmaterial benötigt. Als Erstes sollte man die Zellen am Pluspol mit Fish-Paper isolieren. Dies ist eine Vorsichtsmaßnahme, welche die Batterie am Pluspol vor Kurzschlüssen schützt 10.

Setzt man einen Bausatz zusammen, so ist es hilfreich auf die Bilder im Angebot zurückzugreifen (oft wird keine Dokumentation mitgeliefert). Dieser Schritt ist wichtig, um die richtige Position der Zellen zu ermitteln 11 und 12.

Hat man die Zellen eingesetzt und die Ladeelektronik in Position gebracht, sollten alle Kontakte der Zellen, an denen nicht gearbeitet wird, mit Isolierband abgeklebt werden 13.

Danach kann es losgehen. Das Blech wird in Position gebracht und mit mehreren Schweißpunkten an den Zellen fixiert 14.

Dabei sollte man darauf achten, dass das Blech platt auf den Pol der Batterie gedrückt ist. Nach dem Schweißvorgang sollte man prüfen, ob das Blech wirklich hält. Im Zweifelsatz man nochmals Schweißpunkte 15.

Gerade bei den Leergehäuse mit knappen Abständen kann es schnell passieren, dass das Blech nicht richtig aufliegt und etwas „Luft“ hat. Bei der Prüfung sollte man kein metallisches Werkzeug verwenden – besser ist eine Sichtprüfung, bei der man kontrolliert, ob das Blech gegenüber der Zelle Spiel hat.

Die Bleche, die an die Zelle geschweißt wurden, werden an der Lade-Elektronik in den dort vorgesehen Schlitzen verlötet. Hierbei ist der Einsatz von Flussmittel hilfreich. Ein einfacher Elektronik-Lötkolben reicht hierfür aus. Sobald man die ersten Verbindungen mit der Ladeelektronik geschweißt hat, sollte man unbedingt die Kontaktklemmen des Akku-Packs abkleben. Hier kommt es leicht zu unbeabsichtigten Berührungen - mit dem Risiko, die Ladeelektronik zu zerstören 16.

Bei jedem Arbeitsschritt sollte man mit einem Multimeter die Spannung nachmessen. Wenn man sich von Minus nach Plus vorarbeitet, steigt die Spannung immer in 3,6V-Schritten.

Hat man alle Kontakte verbunden, sollte man eine Spannung entsprechend der Anzahl der in Reihe geschalteten Zellen messen. Bei 5 x 2 Zellen wie auf den Bildern gezeigt, ergeben sich am Ende ca. 18V 17. Der genaue Wert hängt von der Ladung der verbauten Zellen ab. Diese Spannung sollte an den Kontaktklemmen des Packs anliegen. Schließlich greift dort später das Werkzeug die Spannung ab. Weicht die Spannung um mehrere Volt ab – und zwar nach unten, dann gibt es bei den Zellen Kontaktprobleme. Um dem Problem auf die Spur zu kommen, sollte man schrittweise die Spannung an den Blechen messen.

Bei dem hier zusammengesetzten Bausatz gibt es noch eine Akku-Anzeige, die auf einer separaten kleinen Platine verbaut ist. Hier benötigt man wenige Zentimeter Litze und verbindet diese durch Löten.

Wer sich für das Tracking mittels RFID entschieden hat, der setzt vor dem Zusammenbau des Gehäuses noch einen RFID-Tag ein.



19 Das fertige Pack braucht sich vor einem gekauften nicht zu verstecken.

Der letzte Schritt ist das Zusammensetzen des Gehäuses. Wichtig ist, dass das Oberteil des Akkupacks passgenau mit der Unterschale zusammenkommt, sonst haben später die Kontaktklemmen die falsche Position 18.

Der erste Ladevorgang sollte unter Aufsicht stattfinden. Dabei sollte auf die Wärmeentwicklung geachtet werden. Wie schnell ein Akku lädt, hängt von den Fähigkeiten des Ladegeräts, der Ladeelektronik und letztlich der zu ladenden Kapazität ab. Hier können Erfahrungswerte mit vorhandenen Akkus und Ladegeräten helfen. Lädt das neue Pack zu schnell, kann es sein, dass bei paarweise verschalteten Akkus ein Akku eines Paares nicht richtig angeschlossen ist.

### Fazit

Das Zusammensetzen von Akkupacks ist eine interessante Erfahrung gepaart mit dem Gefühl, diese Technik gemeistert zu haben. Zusätzliche Akkupacks sind eine willkommene Entlastung für jedes Heimwerker-Projekt. Man muss abwägen, ob die Anschaffung eines Punktschweißgeräts lohnt. Auch das Arbeiten mit den Batterie-Zellen erfordert Sorgfalt und ein gewisses Verständnis von dem, was man da tut. Der Lohn für diese Arbeit sind dann Akkupacks, von denen man weiß, was drin ist und was zu erwarten ist 19. —hgb

# Metallgravuren ätzen: Schnell und günstig

Metallgegenstände mit einem Wunschmotiv zu verzieren, muss nicht teuer sein. Mit günstigen Materialien kann man mit wenig Zeitaufwand fast das gleiche Ergebnis wie bei einer professionellen Metallgravur erreichen. Das Zauberwort heißt elektrolytisches Ätzen.

von Rebecca Husemann



**W**enn ich mit meinen Freunden zelten gehe, ist es oft ein Glücksspiel, ob ich mein Campingbesteck hinterher wieder vollständig mit nach Hause nehme – denn wir haben alle das gleiche praktische Bundeswehr-Feldbesteck dabei. Beim Rucksack auspacken stelle ich dann oft fest, dass ich nur noch ein unvollständiges (oder an Glückstagen auch plötzlich zwei ganze) Set(s) heimgebracht habe. Um diesem Problem Abhilfe zu schaffen, habe ich auf mein Besteckset ein individuelles Motiv geätzt. Dafür braucht man kein besonderes Equipment. Und mit Materialien wie Wattestäbchen und Salzwasser ist das Ätzen für die meisten Maker fast kostenlos.

## Elektrolytisches Ätzen

Die Ätzgravur, die wir hier vorstellen, ist auch als *elektrolytisches Ätzen* bekannt. Wer schon mal selbst eine Platine geätzt hat, wird einen verwandten Prozess kennen. Unsere Variante kommt allerdings ganz ohne Labor und Ätzbad aus. Beim elektrolytischen Ätzen entsteht eine Gravur im Metall mit variabler Tiefe. Der als Anode eingesetzte Metallgegenstand wird über die Ätzlösung vom Gleichstrom durchflossen und dabei wird die Oberfläche teilweise abgetragen. So, genug Theorie, jetzt kommt Praxis.

## Schablone vorbereiten

Zunächst müssen wir natürlich ein Motiv auswählen, mit dem wir unser Metall verschönern wollen. Ich habe mich für das *Make-M*: in einer Breite von 8mm entschieden. Die Auflösung der Ätzgravuren ist auch bei sehr kleinen und feinen Motiven noch erstaunlich gut. Bei schmalen Stegen kann es allerdings passieren, dass sie unterspült werden und das Motiv am Ende unscharf ist. *Kleiner Tipp*: Wer eine einfache Grafik als Motiv möchte, kann auf der Webseite *thenounproject.com* nach Anmeldung kostenfrei Vektor-Icons unter CC-Lizenz herunterladen.

Aus unserem Motiv erstellen wir nun eine Ätzmaske aus Klebefolie. Am besten wird das Ergebnis, wenn man das Motiv mit einem Schneideplotter aus Vinylfolie schneidet. Gute Ergebnisse kann man aber natürlich auch von Hand mit einem Cuttermesser erreichen. Wer keine Folie zur Hand hat, kann es auch mit einfachem Klebeband probieren. Dabei ist wichtig, dass der Kleber wirklich gut haftet und nicht wasserdurchlässig ist. Das Klebeband muss aus einem isolierenden Material sein, damit elektrischer Kontakt verhindert wird. Es gibt natürlich auch professionellen Abdecklack aus dem Fachhandel zum Maskieren, aber für unser Projekt reicht Klebefolie vollkommen.

Das Motiv schneiden wir aus der Folie und lassen dabei möglichst viel von der umgebenden Folie stehen, damit wir damit später einen möglichst großen Bereich des Metalls abde-

## Kurzinfo

- » Motiv vorbereiten
- » Material wählen
- » Metall ätzen

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
1 Stunde



**Kosten:**  
wenige Euro

### Material

- » Metallgegenstand zum Verzieren
- » Kabel mit Krokodilklemmen
- » Klebefolie oder Klebeband
- » Salzwasser aus einfachem Kochsalz
- » Wattestäbchen

### Werkzeug

- » Schneideplotter oder Cutter
- » 12V Gleichstromnetzgerät oder 9V Blockbatterie

### Mehr zum Thema

- » Karsten Fuhst, Galvanisieren auf Maker-Art, Make Sonderheft 21, S. 78

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xh7e](https://make-magazin.de/xh7e)

cken können. Das Motiv muss nicht gespiegelt werden – *what you see is what you get*. Die Größe des Motivs richtet sich nach dem Objekt, aber man sollte es nicht zu nah an die Ränder des Metallwerkstücks setzen.

## Vorbereitungen treffen

Wenn wir unser Motiv ausgeschnitten und entgittert haben, müssen wir die Oberfläche

unseres Metallobjekts reinigen. Bei kleinen Motiven, wie meiner Gabel, reicht es, die Fläche mit etwas Alkohol abzureiben. Bei größeren Flächen sollte man dem Metall mit Edelstahlreiniger zu Leibe rücken.

Anschließend kleben wir die Folie ordentlich auf das Metall und drücken sie überall fest an. Bei gebogenen Oberflächen muss man das Motiv eventuell mit einem Cutter einschneiden, damit es flach aufliegen kann. Dann kle-

## Die Wahl des Metalls

Eigentlich kann man alle Metalle, die elektrisch leiten, für ein Ätzprojekt benutzen. Als besonders empfehlenswert hat sich rostfreier Edelstahl herausgestellt. Auch Messing und verzinkter Stahl bringen interessante Ergebnisse. Wenn man einen wertvollen Gegenstand gravieren möchte oder das Material nicht genau kennt, sollte man vorher einen Testdurchlauf an einem ähnlichen Gegenstand oder einer unauffälligen Stelle durchführen.

Eloxiertes und regenbogenfarbenes Aluminium kann man leider nicht ätzgravieren, da die Eloxalschicht nicht mehr leitfähig ist und das Aluminium zum Nichtleiter macht. Interessanterweise haben die einzelnen Farbtöne hier einen Einfluss auf die Leitfähigkeit, da die unterschiedlichen Farben durch die jeweilige Dicke der Eloxalschicht entstehen.

Die Gravur kann je nach Metallwahl rosten – das kann man auch absichtlich als Stilmittel verwenden. Zum Ätzen bieten sich zum Beispiel Schlüsselanhänger, Gürtelschnallen, Metallbecher, Thermoskannen und natürlich Besteck an.



Spannende zweifarbige Ergebnisse entstehen bei beschichteten Metallen.



## Gesundheitsrisiken

Der Ätzprozess an sich ist relativ simpel und man kann wenig falsch machen. Allerdings kommt hier eine Warnung: Wir haben ja bereits erwähnt, dass ein Fenster geöffnet sein oder das ganze Projekt an der frischen Luft stattfinden sollte. Beim Ätzen entstehen verschiedene Gase wie Chlor – die sollte man definitiv nicht einatmen.



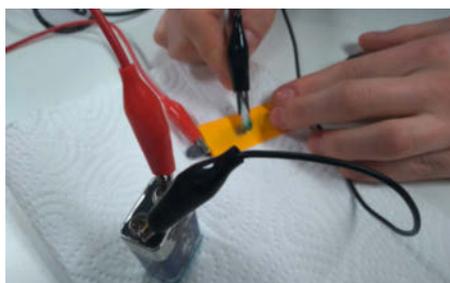
Das Motiv frisch aus dem Schneideplotter



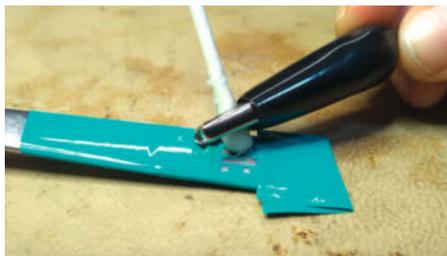
Die Gabel ist ordentlich eingepackt, so können wir loslegen.



Das Setup: Positiv an die Gabel, Negativ an das Wattestäbchen, Salzwasser steht bereit.



Das ganze funktioniert auch wunderbar mit einer 9V-Batterie und ist dadurch auch für Outdoor-Workshops optimal.



Geduldig und gleichmäßig arbeiten, dann wird das Ergebnis perfekt.

ben wir großflächig alle freien Metallflächen um unser Motiv mit Folie oder Klebeband ab, damit wir nicht versehentlich noch an einer anderen Stelle Gravuren anbringen.

## Kabel anschließen

Jetzt reißen wir wahlweise alle Fenster auf oder begeben uns an die frische Luft, denn beim Ätzen entstehen ungesunde Gase (mehr dazu im Kasten *Gesundheitsrisiken*). Dann rühren wir eine gesättigte Salzwasser-Lösung an. Dabei reichen ein bis zwei Teelöffel Salz auf eine Tasse Wasser. Mehr Flüssigkeit braucht man selten, meist weniger. Nun legen wir alle Materialien bereit, die wir benötigen: Gleichstromnetzgerät oder 9V-Batterie, zwei Kabel mit Krokodilklemmen, das Salzwasser, unseren Metallgegenstand und mehrere Wattestäbchen. Alternativ kann man auch Wattebäusche benutzen.

Zunächst tränken wir das Wattestäbchen in der Salzwasserlösung und klemmen das feuchte Ende in eine Krokodilklemme. Das Wattestäbchen sollte sich gut mit dem Salzwasser vollgesaugt haben. Die Krokodilklemme muss den feuchten Bereich des Wattestäbchens berühren, damit die Reaktion funktioniert. Man kann jetzt auch schon zwei weitere Wattestäbchen auf Vorrat einweichen.

Dann kann die Krokodilklemme an das Gleichstromnetzgerät oder eine 9-V-Blockbatterie angeschlossen werden. Wichtig ist dabei die Polarität! Wir befestigen unser Wattestäbchen am negativen Pol, der positive Pol ist für den Metallgegenstand reserviert. Damit man im Eifer des Gefechts nicht die Übersicht verliert, ist es am einfachsten, für den Pluspol ein rotes Kabel und für den Negativpol ein schwarzes Kabel zu verwenden. Jetzt klemmen wir unsere zweite Krokodilklemme an unser Metallobjekt und klemmen das dazugehörige Kabel an den positiven Pol.

## Ätzen

Dann geht es los: Mit dem feuchten Wattestäbchen streichen wir jetzt langsam über das freiliegende Metall. Wenn man alles richtig gemacht hat, sieht man an der Stelle Dampf aufsteigen, riecht (mit gebührendem Abstand) den chemischen Prozess und beobachtet, wie das Watted



Nach dem Gravieren ist das M: matter geworden.

stäbchen dreckig braun-grün wird. Gleichzeitig wird das Metall nach einigen Sekunden sichtbar matter. Ein sauberes Ergebnis bekommt man, wenn man das Wattestäbchen lange auf eine Stelle drückt, bevor man zum nächsten Abschnitt auf dem Metall weiterwandert.

Die Tiefe der Gravur kann man über die Dauer regulieren, mit der man das Metallwerkstück bearbeitet. Die Gravuren können überraschend tief werden, wenn man etwas Geduld mitbringt. Das Wattestäbchen sollte man während des Ätzens regelmäßig wechseln und auch zwischendurch immer wieder in die Salzwasserlösung dippeln. Kleine Metallwerkstücke hält man am besten an der Krokodilklemme fest – es passiert aber auch nichts, wenn man sie aus Versehen direkt berührt.

## Nachbearbeitung

Wenn wir mit dem Ergebnis zufrieden sind, können wir die Folie vom Werkstück abziehen. Zu guter Letzt waschen wir das Metall (und unsere Hände) unter laufendem Wasser gründlich ab, bis die Salzwasserlösung komplett entfernt ist. Das ist insbesondere bei Besteck und Geschirr wichtig, da die Metalle, die beim Ätzvorgang gelöst wurden, auf keinen Fall mit der Nahrung aufgenommen oder auf anderen Wegen in den Körper gelangen sollten. Und jetzt schnell alles aufräumen und die Wattestäbchen entsorgen.

Diese Technik lässt sich wegen ihrer Einfachheit und der geringen Materialkosten auch gut in größeren Gruppen als Workshop umsetzen. Während die einen noch ihre Motive entgittern, können die anderen schon ihre Ätzkünste üben. Viel Spaß dabei! —rehu



Das Endergebnis kann sich sehen lassen – bei einer Größe von nur wenigen Millimetern.

## Größere Flächen ätzen

Bisher haben wir gezeigt, wie man eine sehr kleine Fläche beätzt, man kann aber auch großflächiger arbeiten:



Bilder: Lars-Andresen

Das Ergebnis wird bei großen Motiven gleich noch beeindruckender.



Große Metallflächen, wie bei einer Tasse, muss man vor dem Ätzen gründlich mit Edelstahlreiniger polieren.



Je größer das Motiv, desto geduldiger muss man arbeiten, damit die Gravur ebenmäßig wird.



Auf gebogenen Oberflächen muss man sehr viel stärker darauf achten, dass die Folie wirklich eben anliegt – und so bleibt.



Wichtig: Abwaschen.

# TECHNIKUNTERRICHT MACHT ENDLICH SPASS!



## Make:Education

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



Für alle weiterführenden Schulen



Fächerübergreifend



Digital zum Downloaden



Monatlicher Newsletter

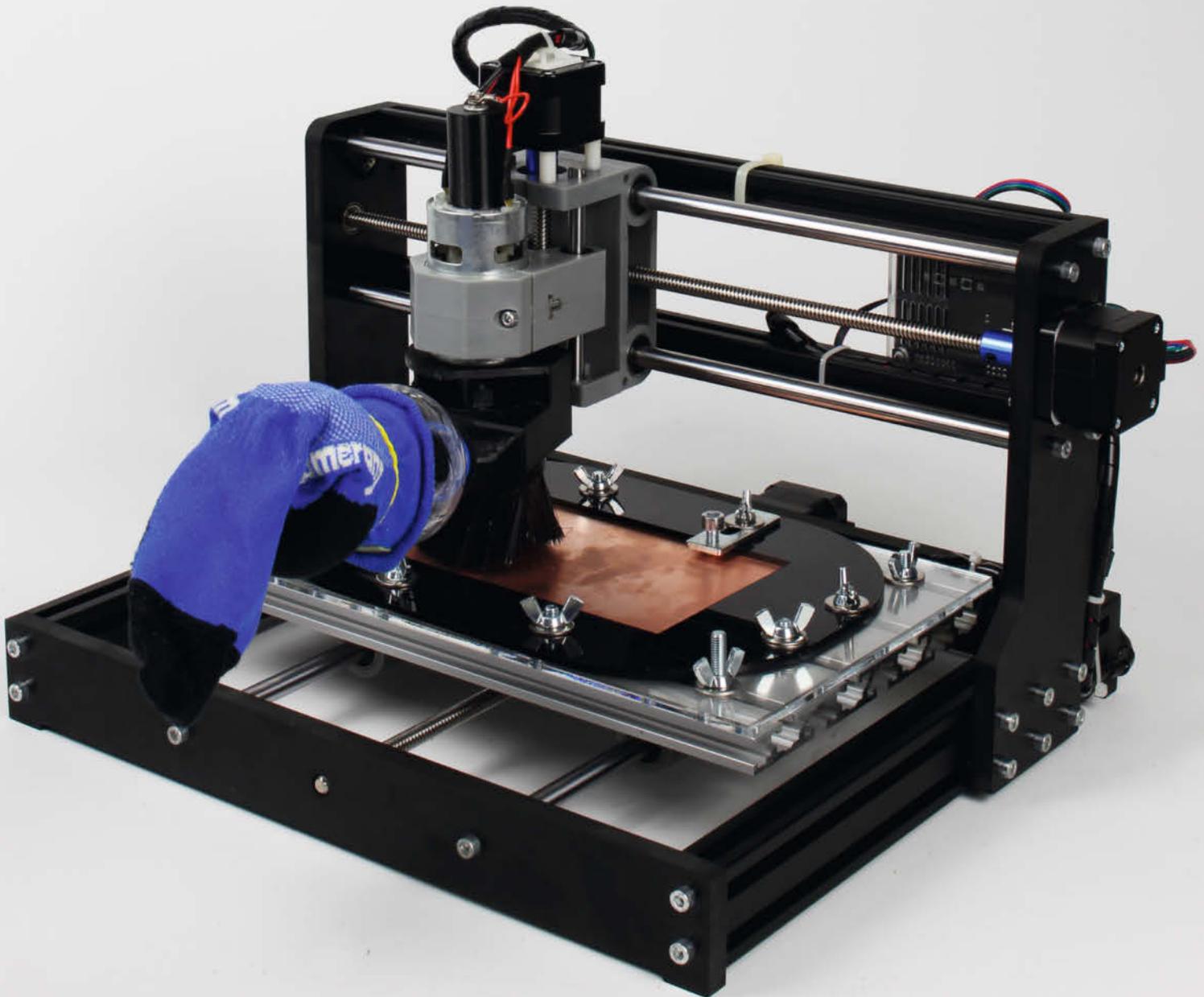
Jetzt kostenlos downloaden:

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

# Billigfräse verbessern

Von der in der vorigen Make zur Platinenherstellung benutzten Fräse CNC3018 gibt es zahlreiche Versionen aus China, die schon für etwas mehr als 100 Euro zu haben sind. Mit ein paar Euros mehr können Sie die kleinen Maschinen noch deutlich verbessern.

von Heinz Behling



**B**eim Isolationsfräsen wird auf einem vollständig mit Kupfer kaschierten Platinenrohling alles überflüssige Metall durch das Fräs Werkzeug entfernt, sodass nur die gewünschten Leiterbahnen stehenbleiben. Wie das geht, wurde in der vorigen Make ausführlich beschrieben.

- Das stellt einige Anforderungen an die Fräse:
- Genauigkeit, damit auch sehr feine Strukturen gelingen
  - Staub absaugen statt wegblasen, denn den Metallstaub möchte man nicht überall herumfliegen haben
  - Einfache, aber exakte Höheneinstellung auch bei leicht verzogenen Platinenrohlingen

Die im oben genannten Artikel benutzte Fräse Typ *CNC 3018* stammt ursprünglich vom Hersteller *Saintsmart*, der sie auch heute noch für etwa 270 Euro verkauft. Viel öfter werden aber Nachbauten, meist aus China, angeboten, die im Preis deutlich darunter liegen. Ich hatte auch solch ein Exemplar für noch nicht einmal 100 Euro erstanden. Mir war klar, dass da an irgendetwas gespart worden sein muss.

Zwar nicht an der Elektronik inklusive der Schrittmotoren, aber die Mechanik gab Anlass zur Kritik. So hatten die Lager der Z-Achse, also der Führung des Fräskopfes, ein Spiel von gut einem Zehntelmillimeter. Das klingt gering, doch wurde dies an der Spitze des Werkzeugs aufgrund der als Hebelarm wirkenden Spindelachse zu etwa 0,3mm. Folge: Der gesamte Fräskopf rasselte laut, da er schwingen konnte, und noch schlimmer: Enge Strukturen wie die erwähnten Isolationskanäle waren reine Glückssache.

Der Frässtaub ist wirklich lästig, insbesondere, wenn man die Fräse in der Wohnung betreibt. Wegblasen durch einen von einem Gebläse erzeugten Luftstrom verteilt das Kupfer-/Glasfasergemisch nur im ganzen Raum. Eine Absaugung mit Staubfilter ist dringend zu empfehlen. Hier fand ich einige Selbstbau-Lösungen bei *Thingiverse*, die aber allesamt nicht zu den Maßen der CNC3018 passten. Also war Anpassen notwendig.

Die im Artikel aus Ausgabe 6/21 benutzte Methode zum Leveln der Werkzeugspitze benutzt eine simple Krokodilklemme, um das Werkzeug elektrisch mit der Fräselektronik zu verbinden ①. Ein paar Mal ist mir diese Klemme während des Abfahrens der Messpunkte zur Bestimmung des Höhenverlaufs des Rohlings abgesprungen. Als Folge rammte die Fräse die Werkzeugspitze in den Rohling, was die Spitze übelnahm. Hier sollte eine stabile und dauerhafte Verbindung her.

Und damit komme ich nun zu den Verbesserungen, die ich mir habe einfallen lassen.

### Wellen-Toleranz

Oft ist der Abstand zwischen zwei Leiterbahnen sehr gering (< 0,5mm), beispielsweise

## Kurzinfo

- » Fräs-Genauigkeit durch Führungswellen mit geringerer Toleranz verbessern
- » Staubabsaugung ohne Staubsauger
- » Permanenten Level-Kontakt einbauen

### Checkliste



**Zeitaufwand:**

2 Stunden (zzgl. ca. 10 Stunden 3D-Druckzeit)



**Kosten:**

ab 25 Euro

### Material

- » Präzisionswelle Stahl gehärtet für Spindelführung: 8mm Durchmesser, 100mm Länge, Passung h6
- » Neodym-Magnet 4mm Durchmesser, 10mm Länge
- » Schraube M3 x 20mm mit Mutter
- » Schaltlitze
- » Dupont-Stecker
- » PETG-Getränkeflasche 0,5l
- » alte Socke mit dichtem Gewebe
- » Gummiring

### Werkzeug

- » 3D-Drucker

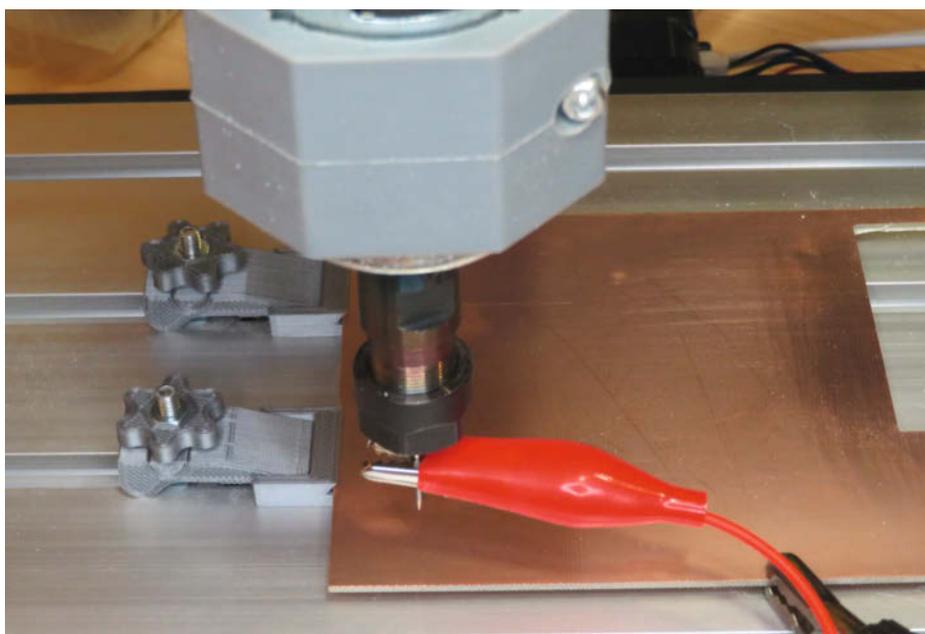
### Mehr zum Thema

- » Gustav Wostrack, Der Weg zur Platine, Teil 1, Make 6/21, S. 104
- » Birgit Hellendahl, Einstieg ins CNC-Fräsen, Make-Sonderheft 2020, S. 102
- » Hermann Dengler, Metalle fräsen, Make-Sonderheft 2021, S. 148

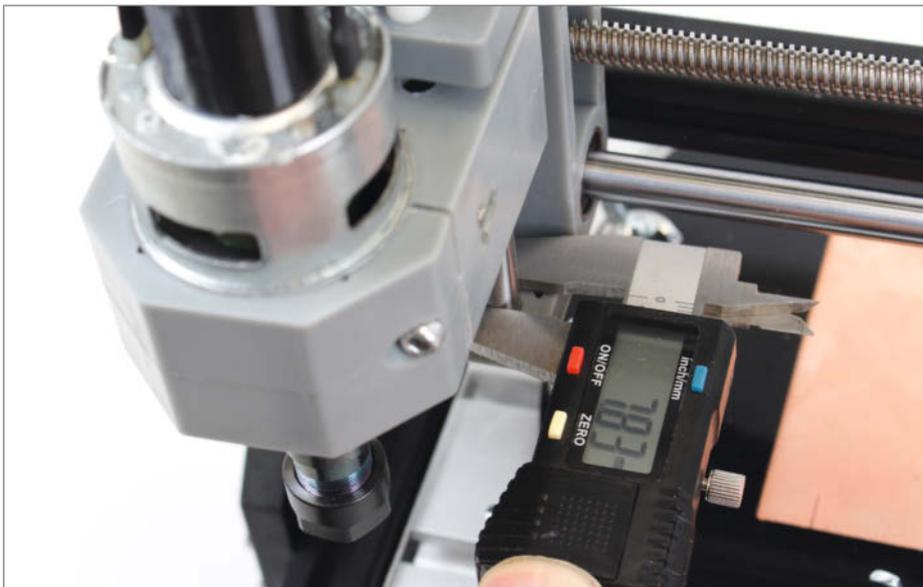
Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xkmd](http://make-magazin.de/xkmd)

wenn zwischen den Anschlüssen eines ICs noch eine Leiterbahn hindurchgeführt werden muss. Dann kommt es darauf an, dass das Fräs Werkzeug sehr präzise geführt wird. Wenn dessen Führungen zu viel Spiel aufweisen, werden kleine Bewegungen nicht mehr genau

genug ausgeführt. Das Werkzeug folgt einem Richtungswechsel verspätet oder führt ganz kleine Änderungen gar nicht aus. Und gerade Linien werden eher zu ausgefranzten Zickzack-Kursen. Bei einfachen Gravuren kann man das hinnehmen – geht es aber um nur wenige



① Eine Krokodilklemme für den Höhensensor ist eine wirklich wackelige Verbindung.



2 Diese Welle ist eindeutig zu dünn.

Zehntelmillimeter breite Isolationskanäle zwischen zwei Leiterbahnen, ist das nicht tolerierbar. Allzu leicht entsteht dann nämlich ein Kurzschluss.

Solche Schlampeereien zeigte auch meine 100 Euro-Fräse. Die Ursache war schnell gefunden: Die senkrecht stehenden Wellen der Z-Achse sollten passend zu den Lagern im Fräskopf 8mm Durchmesser haben. Mit dem Messschieber ermittelte ich aber nur 7,83mm. Normalerweise verwendet man hier Wellen mit der Passung *h6*, das heißt, die Welle soll einen Durchmesser von 8mm mit einer zulässigen Toleranz von +0mm/-0,006mm aufweisen. Hier war die Abweichung aber -0,17mm, also deutlich überhöht 2.

Falls das bei Ihrer Fräse auch der Fall sein sollte: Solche Wellen sind online bei Ebay schnell beschafft und kosten nicht viel. In 100mm Länge (das sind zwar 5mm mehr als bei den Originalwellen, passt aber noch) sind nur 1,40 Euro pro Welle fällig. Etwas aufwändiger war da schon der Einbau, denn ohne Ausbau der X-Achse und komplettem Zerlegen des Fräskopfes geht es nicht.

Zunächst müssen die drei waagerechten Wellen der X-Achse ausgebaut werden. Dazu die vier Inbus-Schrauben an den Seiten der Fräse und die Wellenkupplung zwischen Schrittmotor und Gewindespindel lösen 3.

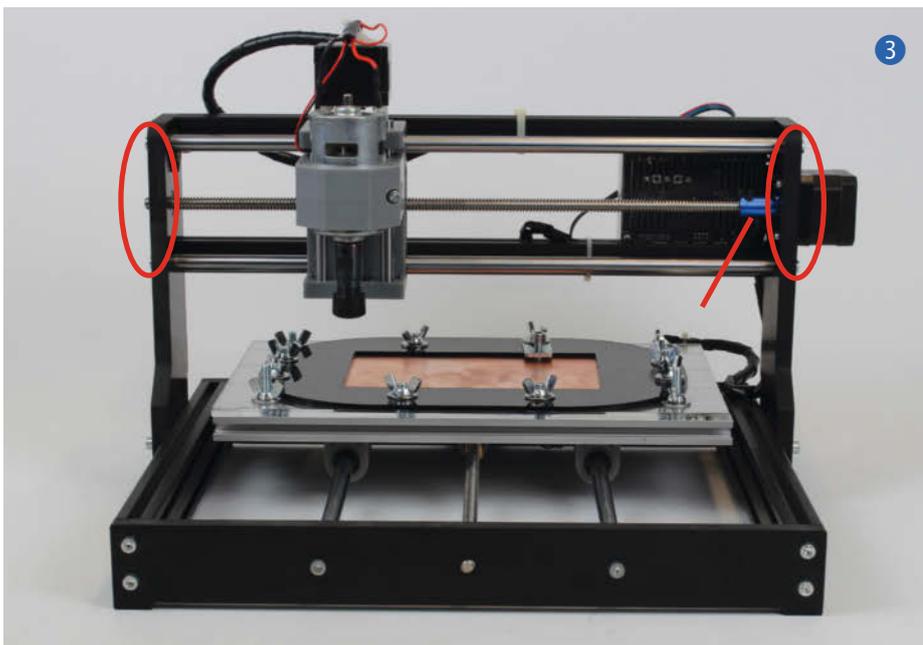
Dann kann man den Spindelschlitten von den beiden Führungswellen abnehmen und

die Gewindespindel herausdrehen. An der Unterseite des Schlittens gibt es vier Löcher, durch die man mit einem langen Inbusschlüssel (lag der Fräse bei) die Halteschrauben des Schrittmotors lösen kann 4. Nach Lösen der Wellenkupplung entfernt man den Motor.

Die beiden Wellen können von unten nach oben aus dem Schlitten herausgetrieben werden. Dabei kann ein geeigneter Dorn und ein kleiner Hammer helfen. Sind sie raus, setzt man die neuen Wellen von oben aus ein. Die Enden der Wellen sind abgeschragt. So sind sie leichter in die Löcher einzusetzen. Da sie aber dicker sind, muss man sie eventuell mit ein paar leichten Hammerschlägen davon überzeugen, ihren Platz einzunehmen. Vergessen Sie dabei nicht, den beweglichen Teil mit dem Spindelmotor wieder auf die Wellen aufzustecken. Die Wellen sitzen richtig, wenn sie am oberen Rand des Schlittens noch etwa 5mm überstehen.

Der Zusammenbau erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Dabei nicht vergessen, die Gewindespindel wieder einzusetzen und deren Kupplung am Motor festzuschrauben. Wenn Sie danach am Schlitten rütteln, wackelt nichts mehr. Diese Fehlerursache ist somit beseitigt 5.

Übrigens: Auch die Wellen für die X- und Y-Achsen können ähnliches Spiel besitzen. Da kann man zunächst versuchen, die beiden Halteschrauben einer Welle zu lösen und die Welle dann etwas seitlich versetzt wieder festzuziehen. Der Abstand der beiden Wellen einer Achse wird dadurch im Idealfall etwas größer und gleicht das Spiel aus. Hilft das nicht, sollten auch diese Wellen durch *h6*-Versionen ersetzt werden. Achtung: Die Wellen haben Stirnbohrungen mit Gewinde und gibt es so fertig und auf Maß geschnitten im Handel. Maße und Bezugsquellen finden Sie über den Kurzinfor-Link.



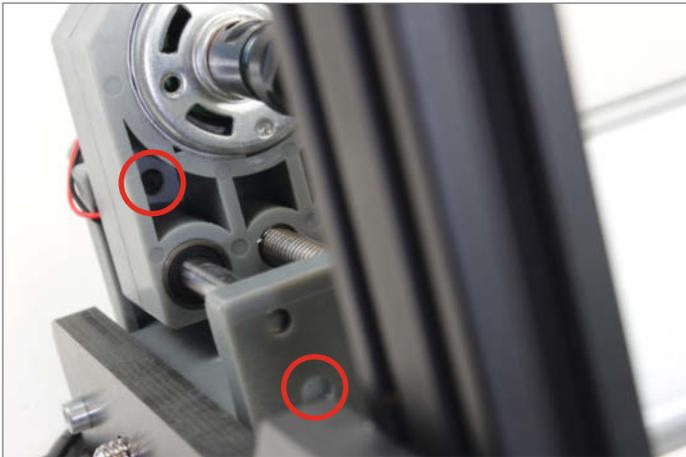
3

### Feinstaubsauger

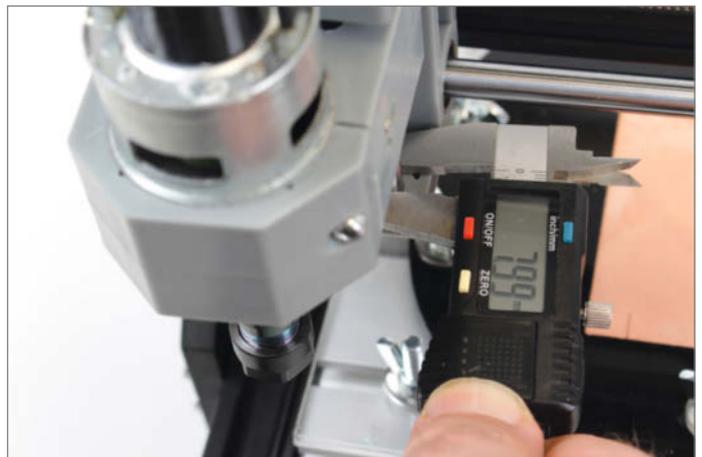
Dann habe ich mich dem Staubproblem gewidmet. Auf Thingiverse gibt es einige 3D-Druckvorlagen für Absaugvorrichtungen. Die meisten benutzen eine Ansaugdüse am Fräs-werkzeug, die über einen dicken Schlauch mit einem externen Staubsauger verbunden wird 6.

Der Schlauch ist aber bei der Arbeit mit der Fräse sehr hinderlich. So etwas gibt es auch für 20 Euro fertig zu kaufen. Falls man keinen 3D-Drucker zur Verfügung hat, kann man diese Lösung verwenden 7.

Um aber den lästigen Schlauch loszuwerden, musste etwas Raffinierteres her. Schließlich fand ich das Projekt *CNC Spindle Powered Vacuum 52MM ER11* des Thingiverse-Users *BusterBeagle3D*. Das ist ein Gebläse, das von der Spindelwelle angetrieben wird. Es saugt die Luft inklusive Staub rund um das Fräs-werk-



4 Durch diese Löcher erreichen Sie die Schrauben des Schrittmotors.



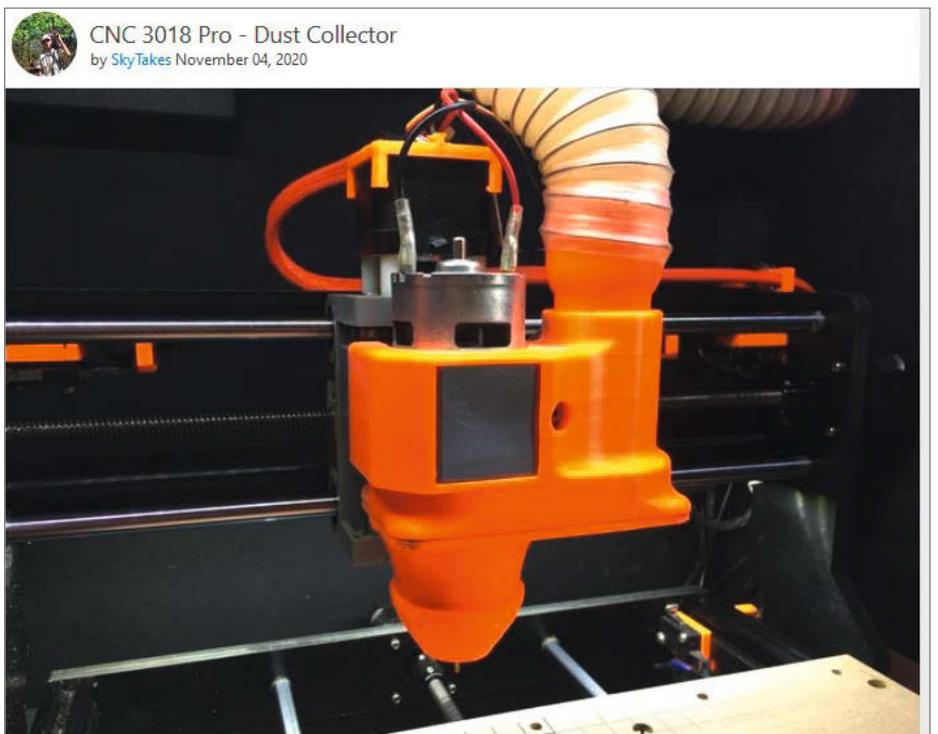
5 Jetzt stimmt der Wellen-Durchmesser.

zeug ab, das innerhalb eines von einer Bürste umgebenen Raumes arbeitet. Staub und Luft bläst es seitlich in einen Staubfilter. Der ist aus einer alten 0,5l-PET-Getränkflasche gefertigt und wird auf den Luftaustritt des Gebläses geschraubt. Auf die Flasche, deren Boden abgeschnitten wird, kommt entweder ein passender Staubsauger-Filterbeutel. Eine alte, seit dem letzten Waschmaschinenaufenthalt verwaiste Einzelsocke funktioniert aber auch 8.

Allerdings war das Gebläse von den Maßen her für einen Spindelmotor mit 52mm Durchmesser konstruiert. Der Motor der CNC3018 ist mit 43mm aber deutlich kleiner, sodass die Befestigungslöcher nicht passten. Ich habe daher das Gehäuse entsprechend angepasst 9.

Ich habe alle vier Teile des Gebläses aus PETG gedruckt (PLA ist auch möglich). Das Gehäuse und der Bürstenring werden mit der Oberseite nach unten bei 0,2mm Layerhöhe und mit Stützstrukturen gedruckt bei 25 Prozent (PETG) oder 40 Prozent (PLA) Füllung.

Das Lüfterrad druckte ich mit 100 Prozent Füllung und einer Layerhöhe von 0,12mm. Den Flaschenhalter habe ich mit der Gewindeöffnung nach unten ohne Stützen gedruckt.



6 Der dicke Schlauch zum Staubsauger braucht viel Platz.

CNC 3018 Pro - Dust Collector  
by SkyTakes November 04, 2020

Mehr wissen – besser verstehen

Heft + PDF mit 29% Rabatt



Selbst IT-Profis haben Mühe, immer auf dem Laufenden zu bleiben. Dieses c't-Sonderheft bringt Sie mit technischen Hintergründen rund um Hardware, Software und Netzwerktechnik auf den neuesten Stand:

- ▶ Docker verstehen und richtig loslegen
- ▶ Mikrocontroller versus Mikroprozessoren
- ▶ Windows-Basics: Explorer, Dateisysteme, Registry
- ▶ Das eigene Netzwerk richtig ausrüsten

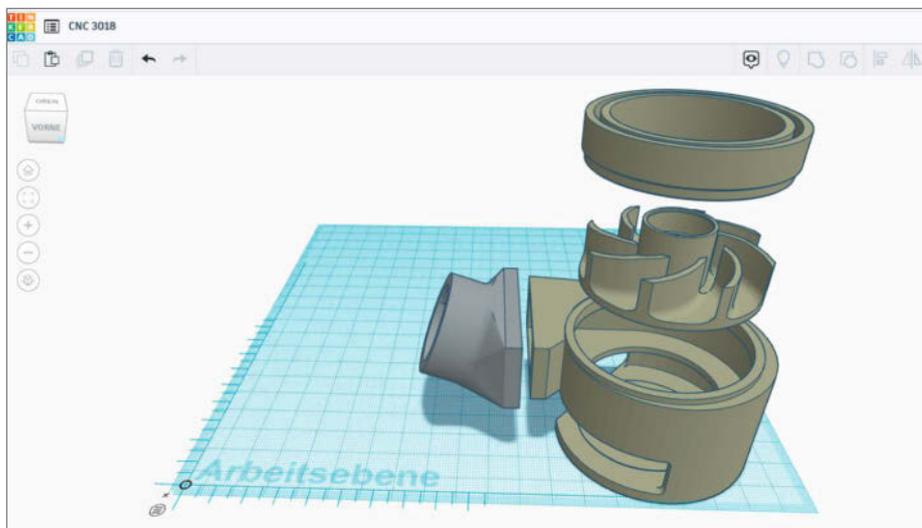
Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 € • Bundle Heft + PDF 19,90 €



shop.heise.de/ct-knowhow22



8 Das Thingiverse-Projekt passte leider nicht zum Spindelmotor.



9 Daher habe ich es mit Tinkercad angepasst.



10 So müssen das Gehäuse und das Gebläserad sitzen.



11 Das Lüfterrad unbedingt auf reibungslosen Lauf prüfen.



7 Diese Absaugvorrichtung aus dem Online-Handel braucht noch einen passenden Adapter zum Staubsaugerschlauch, den man selbst beschaffen muss.

Die Montage ist einfach: Bauen Sie zunächst den Spindelmotor aus. Das geht ohne Blutvergießen, wenn Sie zuvor das Fräs Werkzeug entfernen (ich weiß, wovon ich spreche). Dann schrauben Sie das Gebläsegehäuse unter den Motor. Der hat glücklicherweise dort zwei 4mm-Schraubgewinde. Die M4-Schrauben dürfen nicht länger als 16mm sein, damit sie nicht mit dem Rotor des Motors kollidieren. Der rechteckige Luftauslass sollte nach vorn zeigen. Entfernen Sie dann die Spindelmutter (Vorsicht, dass Ihnen die Spann- zange nicht herausfällt). Die Mutter stecken Sie nun so in die Öffnung des Gebläserades, dass deren Sechskant noch herausragt 10.

Schrauben Sie die Mutter inklusive Spann- zange und Rad auf die Spindelwelle und drehen Sie die Welle. Das Gebläserad darf nirgends schleifen. Falls doch, sitzt es nicht richtig auf der Mutter. Korrigieren Sie das, bis das Rad frei läuft. Jetzt können Sie den Spindelmotor wieder in die Fräse einbauen 11.

Den Flaschenhalter habe ich mit 2-Komponenten-Kleber auf den Luftaustritt geklebt. Die Gewindeöffnung für die PET-Flasche zeigt im leichten Winkel nach oben.

Die Flasche habe ich in der Mitte durch- geschnitten. Wichtig ist, dass sie ihre Taille, also die enge Stelle, behält. Dann wird eine Socke aus möglichst feinem Gewebe über den nun offenen Flaschenboden gestülpt und mit einem Gummiring gesichert. Schon ist der Luftfilter fertig 12.

Bleibt noch der Bürstenring. Dafür habe ich einen Handfeger aus dem Billigladen geopfert und ihm einen Teil seiner Borsten gestohlen. Die Borstenbüschel wurden mithilfe einer Zange komplett aus dem Plastikgriff heraus- gezogen. Das erfordert ziemlich viel Kraft und den Einsatz einer guten Flach- oder Spitz- zange, mit der man die Borstenbüschel beim Herausziehen gut festhalten kann. Sie sind mit einem kleinen Draht zusammengebunden. Entfernen Sie den Draht nicht, sondern stecken Sie die Bündel jeweils mit dem Draht in die ringförmige Nut an der Unterseite des Bürstenrings. Gesichert wird dies mit 2-Komponenten-Kleber 13.

Der Bürstenring wird lediglich von unten in das Gebläsegehäuse eingeklickt. Auf keinen Fall dürfen Sie ihn festkleben, denn zum Werkzeugwechsel muss er abgenommen werden. Zuletzt müssen Sie die Borstenlänge anpassen. Das Ende der Borsten sollte auf Höhe der Werkzeugschneidspitze liegen. Mit einer Schere oder ganz elegant einem elektrischen Haarschneider ist das schnell gemacht.

Von nun an ist Ihre Fräse staubfrei. Sollte doch etwas durch den Sockenfilter hindurchkommen, ist dessen Gewebe nicht dicht genug. Vielleicht findet sich ja dann jemand, der seine/ihre Feinstrumpf(hose) opfert ...



12 Die verwaiste Socke dient nun als Luftfilter.



13 Der neue Borstenring und der gerupfte Spender

### Anti-Wackelkontakt

Statt der widerspenstigen Krokodilklemme habe ich mir einen permanenten Schleifkontakt gedacht. Das Gehäuse dazu wurde mit Tinkercad als 3D-Druck konstruiert 14.

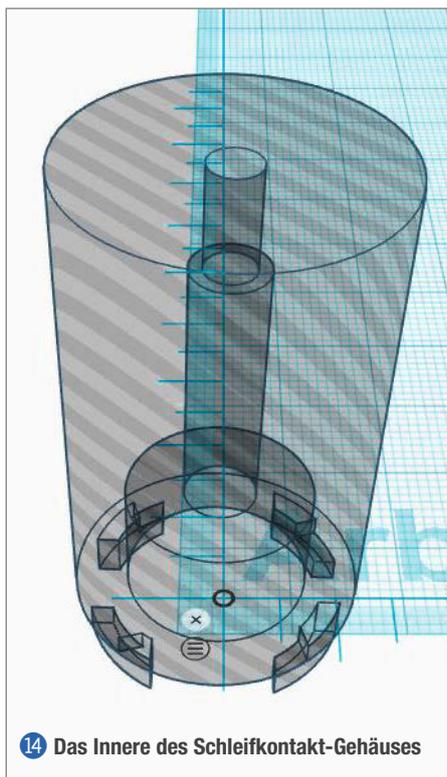
Es sitzt oben auf dem Spindelmotor und ist in dessen Kühlluft-Schlitzen mit einem Bajonettverschluss befestigt. In seinem Inneren sitzt oben eine Schraube, deren Gewinde nach außen führt und mit dem bislang an der Krokodilklemme befestigten Draht verbunden wird. Im Inneren sitzt unter dem Kopf der Schraube eine Feder, die einen kleinen Neodym-Stabmagneten auf die Spindelachse drückt 15. Eine gute Bezugsquelle für solch eine Feder ist zum Beispiel ein alter Kugelschreiber. Wichtig ist, dass die Feder aus einem Material besteht, an dem der Magnet haftet. Sonst gibt es Schwierigkeiten beim Zusammenbau.

Die Federkraft ist gering und die Oberfläche des Magneten sehr glatt, sodass dort kaum Reibung, aber trotzdem ein guter elektrischer Kontakt entsteht. Auch bei schnell laufender Spindel bereitet das keine Probleme.

Bleibt noch der Gegenkontakt zum Platinenrohling. Den habe ich mit dem Alu-Frästisch verbunden. Der Kontakt zur Kupferoberfläche des Rohlings wird dann mit einem der Spannpratzen hergestellt, die der Fräse als Zubehör beiliegen 16.

Messen Sie nun noch einmal mit einem Ohmmeter beide Verbindungen durch. Drehen Sie dabei auch die Spindelwelle, um zu sehen, ob der Kontakt zuverlässig ist. Falls nicht, ist eine stärkere Feder notwendig. Falls dieser Schleifkontakt beim Fräsen starke Geräusche macht, haftet der Magnet zu stark an der Welle und der Feder. Die Folge: Der Magnet und die Feder drehen sich mit der Welle, die Reibung findet nun zwischen Feder und Schraubenkopf statt. Verwenden Sie in diesem Fall einen kugelförmigen Magneten mit 5mm Durchmesser.

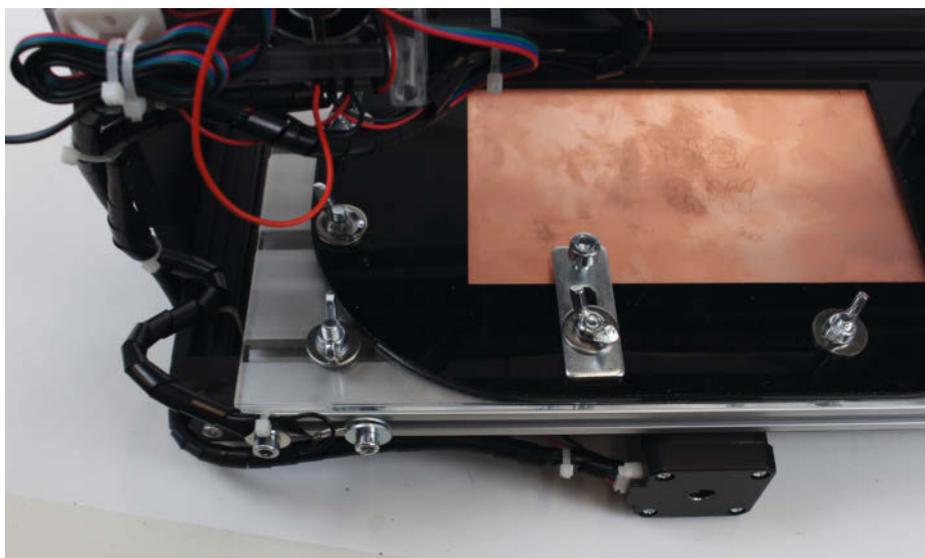
Somit ist die Fräse nun an wichtigen Stellen verbessert und das Platinenfräsen kann so richtig losgehen. Viel Spaß dabei! —hgb



14 Das Innere des Schleifkontakt-Gehäuses



15 Wenn man den Magnet auf die Achse legt und die Feder darauf, kann man beides leicht ins Gehäuse einfädeln.



16 Der zweite Kontakt führt über den Arbeitstisch zum Platinenrohling.

# Leder prägen mit 3D-Druck

Mit einem Prägestempel aus dem 3D-Drucker kann man Leder ganz einfach veredeln. Es gibt viele Lederprojekte, die man als Maker selber machen kann – von Laptophüllen über ledergebundene Werkstattbücher bis hin zur ledernen Werkstattdürze. Dann fehlt nur noch die persönliche Note: Wir zeigen, was man dabei beachten muss.

von Tasker Smith (Übersetzung: Niq Oltman)



**L**ederprägen ist ein Handwerk, dessen Anfänge weit bis ins dritte Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung zurückreichen. Damals formten antike Zivilisationen erstmals Tierhäute zu Taschen, Kleidung, Stiefeln und Sandalen. Fünftausend Jahre später nutzen wir dieses Material nach wie vor, aber die Handwerks-techniken haben sich mit unserer Kultur weiterentwickelt. Um diese traditionsreiche Technik selbst einsetzen zu können, habe ich mir Prägestempel 3D-gedruckt. In diesem Fall natürlich stilecht mit dem Make-Maskottchen *Makey* als Motiv.

### 3D-Modell entwerfen

Für dieses Projekt setze ich Grundkenntnisse im Modellieren von 3D-Objekten voraus. Ich habe die Software *SolidWorks* benutzt, man kann aber auch andere CAD-Programme verwenden. Eine ausführliche Anleitung für CAD-Einsteiger gibt es zum Beispiel im Artikel *Stempel mit FreeCAD* aus der *Make 4/20*, die man für diesen Prägestempel gut durcharbeiten kann.

Um die zweiteilige Form für meinen Prägestempel zu erstellen, habe ich zunächst einen massiven, rechteckigen Grundkörper mit abgerundeten Ecken angelegt. Als Motiv habe ich eine Grafik von *Makey* auf mein Rechteck gelegt und aus der Form ausgespart. Hier eignet sich eine Vektorgrafik als Basis. Auf Grundlage dieser Positiv-Form konnte ich mit dem *Mold-Tool*, das *SolidWorks* mitbringt, relativ einfach den zweiten Teil der Pressform erzeugen. Dabei muss man darauf achten, dass man zwischen den beiden Teilen noch die Dicke des verwendeten Leders abzieht. Am Ende besteht meine Prägeform aus einem äußeren Stempeldeckel mit einem extrudierten *Makey* und dem inneren Stempel, aus dem *Makey* ausgespart ist. So passen beide Teile ineinander wie Puzzlestücke.

### 3D-Druck

Zum Drucken des Prägestempels ist natürlich jeder 3D-Drucker geeignet. Man sollte aber beachten, dass sich Unregelmäßigkeiten auf der Oberfläche und andere Druckfehler unmittelbar auf die Lederoberfläche übertragen. Das Modell sollte daher möglichst fein und mit einer möglichst geringen Schichtdicke gedruckt werden. Die gedruckten Teile sollte man anschließend noch nachbearbeiten, damit die Details sauber herausgearbeitet sind und man keine unerwünschten Erhebungen oder Vertiefungen mehr sieht.

### Lederauswahl

In der Industrie wird zum Prägen von Leder vorzugsweise *pflanzlich gegerbtes Kuhleder* verwendet, dieser Gerbungsprozess ist auch

## Kurzinfo

- » Prägestempel entwerfen
- » 3D-Druck und Nachbearbeitung
- » Prägung und Behandlung des Leders

### Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
4 bis 5 Stunden
-  **Kosten:**  
20 bis 40 Euro
-  **3D-Druck:**  
Prägestempel drucken

### Material

- » Pflanzlich gegerbtes Kuhleder
- » Lederfarbe auf Wasserbasis
- » Lederpflegemittel Conditioner

### Werkzeug

- » 3D-Drucker
- » Schraubzwinde
- » Cutter oder Skalpell
- » Wattestäbchen

### Mehr zum Thema

- » Matthias Mett, Stempeln mit FreeCAD, *Make 4/20*, S. 106
- » Bob Knetzger, Toaststempel, *Make 1/20*, S. 118
- » „3D-Kurs für Maker: Konstruieren mit Blender 2.8“ von Make auf Vimeo

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

bekannt als *vegetabile Gerbung*, *Lohgerberei* oder *Rotgerbung*. Dabei kommen Pflanzenteile wie Holz und Rinden zum Einsatz. Diese Art der Gerberei war lange die am weitesten verbreitete Form, bis sie von der Gerbung mit Mineralsalzen abgelöst wurde. Pflanzlich gegerbtes Leder behält die Prägeform jedoch nennenswert besser bei und ist daher meine erste Wahl. Dieses Leder ist üblicherweise hellbraun, aber man kann es auch färben.

Leder wird zu einer gleichmäßigen Materialstärke verarbeitet und nach Flächengewicht gehandelt. Übliche Maßeinheiten sind Gramm pro Quadratmeter oder – unter anderem im US-amerikanischen Raum – Unzen (28,3g) pro Quadratfuß (929cm<sup>2</sup>). Mir war hauptsächlich die passende Stärke wichtig (für dieses Projekt 1,5mm), daher habe ich in einer Umrechnungstabelle nachgesehen, unter welcher Bezeichnung ich solch ein Leder finde.



3D-Druck frisch aus dem Drucker: Es sind noch Makel auf der Oberfläche zu erkennen.



Bereits nachbearbeiteter 3D-Druck mit glatter Oberfläche



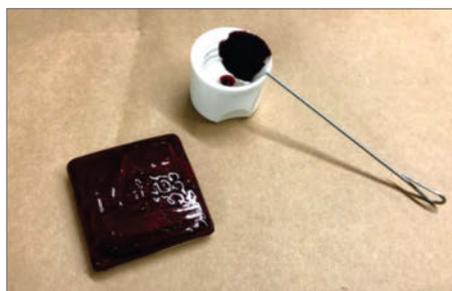
Schraubzwingen pressen die Formteile aneinander.



Das Lederstück frisch aus der Form genommen.



Mit einer scharfen Klinge lässt sich das überschüssige Leder gut abschneiden.



Die rote Farbe frisch auf dem Lederstück aufgetragen.



Endlich ist mein Makey rot.

### Anfeuchten

Für diesen Schritt mache ich das Leder mit warmen Wasser weich und bringe es mithilfe meines 3D-Drucks in die gewünschte Form. Anschließend lasse ich es gründlich trocknen und hart werden, sodass es die Form des Prägewerkzeugs behält. Dabei sind ein paar Faktoren zu beachten: Wenn das Leder zu nass oder zu trocken ist, behält es seine Form nicht. Die Feuchtigkeit muss die gesamte Stärke des Leders durchdringen, aber es darf nicht tiefend nass sein. Und man sollte kein zu heißes Wasser verwenden: In kochendem Wasser schrumpft und verhärtet Leder stark. Für manche Zwecke mag das gewünscht sein, aber in unserem Fall muss die Temperatur unter 70°C bleiben.

### Prägen

Das angefeuchtete Leder wird mit einer Schraubzwinde einige Stunden lang eng in die Prägeform eingespannt, bis es getrocknet ist. Für mein Projekt waren zwei Stunden ausreichend, damit die Form von Makey erhalten blieb. Aber es kann auch länger dauern, da sonst kleine Details in der Prägung verloren gehen.

### Zuschneiden

Mein Stempel-Design hat eine Kante zum Abschneiden des überstehenden Leders. Die Schraubzwinde habe ich nach dem Prägen noch nicht gelöst, damit das Material beim Schneiden nicht verrutscht. Mit einem scharfen Cutter konnte ich das Leder in einem einzigen Durchgang wegschneiden. Je nach Dicke und Härte des Leders muss man es gegebenenfalls zuerst einige Male einritzen und erst dann ganz durchtrennen.

### Nachbehandeln des Leders

Zum Einfärben von Leder gibt es diverse Farben zu kaufen. Ich habe eine auf Wasserbasis benutzt. Den Färbeprozess habe ich zuerst an ein paar Resten ausprobiert, um keine Überraschung zu erleben und danach mein fertiges Leder damit bearbeitet. Mir wurde außerdem empfohlen, die Farbe kreisförmig mit einem Wattestäbchen aufzutragen. Das funktioniert gut und hinterlässt auch keine Pinsel- oder Bürstspuren. Um die gewünschte Farbsättigung zu erreichen, musste ich meine Farbe mit Wasser verdünnen.

Zum Abschluss habe ich ein Lederpflege-mittel (Conditioner) aufgetragen. Das verbessert den Glanz und schützt die Farbe, damit das Ergebnis länger hält. Danach das Werkstück mit einem feuchten Lappen abreiben, um eventuellem Abfärben des Leders vorzubeugen.

### Luxuriöses Leder

Das Ergebnis kann sich sehen lassen. Objekte aus dem 3D-Drucker werden oft als billiger Plastikmüll angesehen, doch als Werkzeug eingesetzt bieten sie unendlich viele künstlerische Möglichkeiten. Kombiniert man 3D-Druck mit einem luxuriösen Material wie Leder, kann man personalisierte Einzelstücke herstellen, die vielleicht sogar nachfolgende Generationen noch wie einen Schatz hüten werden.

—rehu



Auch schick: Schrift auf dem Prägestempel



**M3** Minds  
Mastering  
Machines

Die Heise-Konferenz  
zu Machine Learning und  
Künstlicher Intelligenz

**1. - 3. Juni 2022  
in Karlsruhe**

## Vor-Ort-Konferenz ... wieder unter Menschen

Für die Konferenz im Juni suchen wir nach Vorträgen und Workshops zu allen praxisrelevanten Aspekten von Machine Learning und KI, unter anderem zu:

- ✓ **Frameworks und Libraries für Machine Learning**
- ✓ **Natural Language Processing**
- ✓ **Cloud-Services**
- ✓ **Predictive Analysis**
- ✓ **Data Mining und Aufbereitung der Daten**
- ✓ **MLOps**
- ✓ **Ethik**
- ✓ **Datenschutz und Recht**

**[www.m3-konferenz.de](http://www.m3-konferenz.de)**

Call for Proposals  
noch bis  
**13.2.2022**  
Jetzt  
einreichen!

Veranstalter

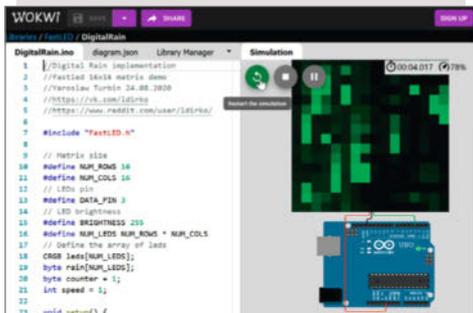


 heise **Developer**

 dpunkt.verlag

## Wokwi

### Online-Simulator für Arduino, Raspi Pico und ESP32



Keine Lust, zum Ausprobieren einer Routine gleich den *Arduino* und Breadboard oder gar den Lötcolben hervorzukramen? Postmaterielles Basteln mit beliebten Mikrocontroller-Boards wie *Arduino Nano*, *Uno*, *Mega*, dem *Raspberry Pico* oder auch den gängigen *ESP32-Modulen* ermöglicht *Wokwi*, ein Simulator, der auch diverse Peripherie wie LEDs und Displays zum virtuellen Verdrahten anbietet. Zu allen verfügbaren virtuellen Bausteinen und Modulen gibt es eine ausführliche Hilfe, auch mit Hinweisen zur Kompatibilität mit real existierender Hardware. Wie bei Cloud-basierten Diensten dieser Art üblich werden eigene Projekte nur online gespeichert.

Der kostenlos zu nutzende Online-Simulator stammt von *CodeMagic LTD* aus Israel. *Arduino*-Erfahrene müssen sich kaum umgewöhnen, die Entwicklungsumgebung arbeitet mit einem komfortablen Sourcecode-Editor und unterstützt die typischen *Arduino-Libraries*; eigene können ebenfalls über einen Import eingebunden werden.

Der Verdrahtungs-Editor erinnert an *Fritzing* und erstellt leicht nachzuvollziehende, übersichtliche Pläne; einmal angelegte Verbindungen werden beim Verschieben von Bauteilen oder Modulen stets automatisch neu sortiert. Wir vermissten lediglich eine *Undo-Funktion*. —cm

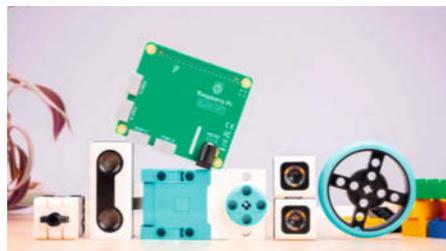
Hersteller	CodeMagic LTD
URL	<a href="https://wokwi.com">https://wokwi.com</a>
Preis	kostenlos

## Raspberry Pi Build HAT

### Technik-Komponenten von Lego per Raspi und Python steuern

Das *Raspberry Pi Build HAT*, auf dem der *Pico*-Prozessor *RP2040* arbeitet, verbindet *Raspi* mit *Lego-Technik-Motoren* und *-Sensoren*, wie sie beispielsweise in den *Lego-Education*-Sets enthalten sind. Abstand, Farbe und Kräfte können so erfasst und gemessen und per *Python*-Programm ausgewertet werden. Eine entsprechende *Python-Bibliothek* ist per Download erhältlich. Die kleine Platine steuert auch die in verschiedenen Größen erhältlichen *Winkelmotoren* und liest deren *Encoder* aus, sodass die *Motor-Drehwinkel* genau überwacht werden können, eine Voraussetzung für den Bau von exakt steuerbaren Robotern oder kleinen Maschinen.

Die Stromversorgung der Motoren, Sensoren und des *Raspi* erfolgt durch das *HAT*. Allerdings ist dazu ein externes Netzteil mit *Hohlstecker* erforderlich, das *8V* und *6A* liefern sollte. Auch ein entsprechender *Akkupack* ist verwendbar. Das *Raspberry Pi Build HAT* kann auf alle *Raspberrys* mit *40poliger* Kontaktleiste aufgesteckt



Raspberry Pi Foundation

werden, auch auf den *Tastatur-Computer Raspberry Pi 400*. Neben den Teilen der *Education*-Sets sind viele weitere *Lego-Technik-Komponenten* verwendbar. Eine entsprechende Liste ist online verfügbar (siehe Link). —hgb

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

Hersteller	Raspberry Pi Foundation
Vertrieb	etwa Reichelt, Berrybase u.a.
Preis	25 € (HAT), 15 € (Netzteil)

## Flashforge Adventurer 3

### FDM-3D-Drucker für Einsteiger

Der Hersteller bewirbt seinen *Adventurer 3* als besonders anfängertauglich: Er ist kompakt, hat ein schickes, geschlossenes Gehäuse, einen *Filamentsensor*, integriertes *WLAN* für *Druckdaten* oder *Firmware-Updates* sowie eine eingebaute *Kamera* zur Überwachung des *Druckfortschritts*. Außerdem kommt er praktisch betriebsbereit aus der *Schachtel*, die neben dem *Drucker* noch eine *Kurzanleitung*, etwas *Werkzeug*, *Netzstecker* und eine *250g-Rolle PLA* enthält. Außen misst das Gerät mit *38,8cm x 34cm x 40,5cm* und damit kaum mehr als ein *Standard-Laserdrucker*. Dafür fällt der *Bauraum* mit *15cm* in allen drei Richtungen eher klein aus und im Vergleich zu anderen Maschinen kommen eher *filigrane mechanische Bauteile* zum Einsatz – was der *Druckqualität* laut Test durch die Kollegen von *Techstage* aber keinen Abbruch tut, sie bewerteten die Ergebnisse als *hervorragend*.

Die bis *100 Grad* heizbare *Druckplatte* wird lediglich in eine *Halterung* eingeschoben, *Stellschrauben* zum *Leveln* des *Druckbetts* sucht man vergeblich – dafür gibt es eine *Automatik*. Zur *Bedienung* kommt ein *farbiger 2,8-Zoll-Touchscreen* an der *Frontseite* zum Einsatz. Die *Druckdaten* gelangen entweder per *WLAN* oder per *USB-Stick* auf den *Drucker*, der sie auf den *internen Speicher* kopiert.

Ausprobiert  
— von tech-stage



Flashforge

Ungewöhnlich: Die *Filamentrolle* befindet sich im *Gehäuse*. Das ist schick, begrenzt den *Materialvorrat* aber auf *Spulen* mit *250 bis 500g* *Filament*. Den ausführlichen *Testbericht* lesen Sie online (siehe Link). —pek

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

Hersteller	Flashforge
Bezugsquelle	Online-Handel (siehe Link)
Preis	ab etwa 330 €

# Rock 5 Model B

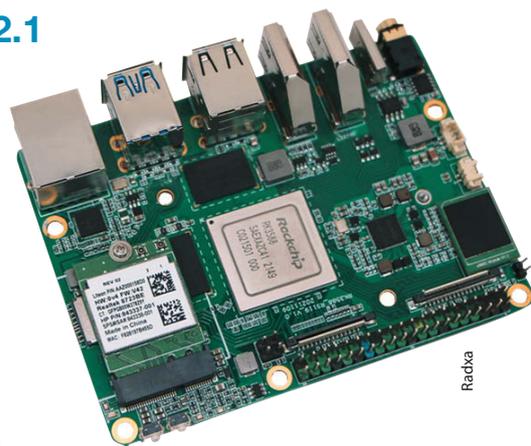
## Einplatinencomputer mit Achtkern-CPU und HDMI 2.1

Der Einplatinencomputer *Rock 5 Model B* des Herstellers *Radxa* wird zur ersten Hardware gehören, die das Rockchip-System-on-Chip (SoC) RK3588 verwendet. Mehr Leistung im 100mm x 72mm kleinen Platinenformat bekommt man derzeit kaum: Mit an Bord sind je vier Cortex-A76- und -A55-Rechenkerne mit Taktfrequenzen von 2,4 beziehungsweise 1,8GHz. Samsung fertigt das SoC mit 8-Nanometer-Strukturen. Zum Vergleich: Der etwas kompaktere Raspberry Pi 4 hat nur vier 1,5GHz schnelle Cortex-A72-Kerne.

Die integrierte ARM-Mali-GPU G610MC4 mit vier Shader-Clustern kann mit zahlreichen Codecs für effiziente Videodarstellung umgehen: Radxa nennt in der Ankündigung Dekodierer für AVS2, H.265 (HEVC) und VP9 in 8K-Auflösung mit 60 Bildern pro Sekunde, sowie H.264 in 8K und 30fps. Der RK3588 kann aber auch mit AV1 in 4K-Auflösung und 60fps dekodieren. Damit sind alle modernen Codecs abgedeckt, um etwa auf YouTube und Netflix hochauflösende Videos ruckelfrei anschauen

zu können. Enkodieren ist mit H.264 und H.265 möglich, was etwa für Privat-Streams auf NAS-Systemen nützlich ist. Als Bildausgänge stehen zweimal echtes HDMI 2.1 mit genügend Übertragungsrate für 8K-Displays mit 60 Hertz sowie einmal DisplayPort 1.4 als USB-C-Port zur Verfügung. Letzterer lädt auch angeschlossene Geräte auf, in Anbetracht des kleinen vorgesehenen Netzteil aber nur mit wenigen Watt. Für Peripherie gibt es dreimal USB 3.2 Gen 1 (5 Gbit/s, früher USB 3.0 genannt) Typ A.

Als Arbeitsspeicher verlötet Radxa wahlweise 4, 8 oder 16 GByte LPDDR4X-DRAM. Ein M.2-Steckplatz mit vier PCI-Express-3.0-Lanes nimmt eine SSD auf, ein M.2-E-Key-Steckplatz ein WLAN-Modul, etwa für Wi-Fi 6. Ab Werk dabei ist Realteks RTL8125BG-Controller für NBaseT-Ethernet bis 2,5 Gbit/s. Zum Programmieren gibt es eine GPIO-Leiste mit 40 Pins. Der Hersteller gibt derzeit Betriebssysteme mit dem Linux-Kernel 5.10 für die frühe Entwicklung mit dem RK3588 frei. Ansonsten läuft



Radxa

auf dem Einplatinencomputer Android. Der Verkauf des Rock 5 Model B soll im zweiten Quartal 2022 beginnen.

—Mark Mantel/mma@heise.de

<b>Hersteller</b>	Radxa
<b>Vertrieb</b>	voraussichtlich Innet
<b>Preis</b>	129 US-\$ (4GB RAM), 150 US-\$ (8GB RAM), 190 US-\$ (16GB RAM)

# Bauanleitung für Lego-Orrery

## Anspruchsvolles Planetarium für Fans und Wissbegierige

Der Maker und Lego-Fan Marian Kleineberg hat ein mechanisches Planetarium aus Lego konstruiert und gebaut. Er verkauft die aufwändig gestaltete und ausführliche Bauanleitung dieses MOCs (*My Own Creation*, also kein offizielles Lego-Modell) auf *Rebrickable* als PDF für 20 Euro zum Download.

Die Planetenmaschine (seit 1713 auch *Orrery* genannt) zeigt die Eigenrotation und die Orbits von Mond, Erde und Sonne. Sie dient als Spielzeug und als astronomisches Modell. Verglichen mit anderen Orreries aus Lego hat dieses Design die Besonderheit, dass die Achsenneigung der Erde und die Inklination (Bahnneigung) des Mondorbits berücksichtigt werden. Die Rotations- und Umlaufgeschwindigkeiten sind relativ zueinander korrekt abgebildet, mit einem

Fehler von jeweils weniger als 1%. Mit der Planetenmaschine lassen sich verschiedene astronomische Phänomene demonstrieren, unter anderem die Entstehung der Jahreszeiten, Klimazonen, Sonnenauf- und Untergang, Mond- und Sonnenfinsternisse, Mondphasen und die Veränderung der sichtbaren Sterne im Verlauf des Jahres.

Es gibt zwei Modelle, die den gleichen Mechanismus haben, sich aber in Stil und Teilezahl (und damit auch im Beschaffungspreis für die Steine) unterscheiden. Die Version mit reduzierter Teileanzahl und leichter zu beschaffenden Teilen basiert auf dem Lego Set 42082-1 (*Geländegängiger Kranwagen*), mit dem man bereits 80% der Teile für das Orrery besitzt. Die Maker-Kasse ist dann aber auch schon um 260 Euro erleichtert. Über diverse Einzelteil-Shops kann man mit gebrauchten Teilen auch billiger wegkommen.

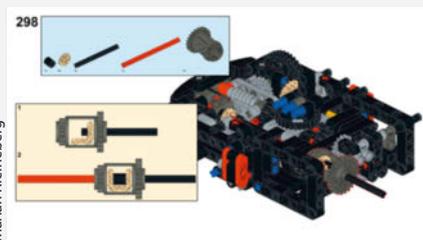


Marian Kleineberg

Hat man alles zusammen, kommt der spaßige Teil – das Modell ist sicher auch für erfahrende Lego-Bauer eine Herausforderung. Belohnt wird man aber mit einem schicken und lehrreichen Modell.

—caw

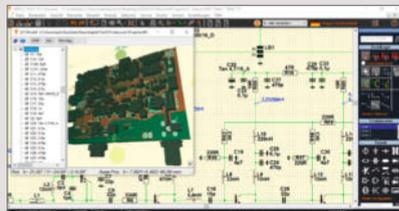
<b>Hersteller</b>	Marian Kleineberg
<b>URL</b>	make-magazin.de/xsaq
<b>Preis</b>	20 € (Bauanleitung als Download)



Marian Kleineberg

## Target 3001! V31

### Schaltungs- und Leiterplattenlayoutprogramm



Die wichtigste Neuerung in Version V31 von *Target 3001!*: Schaltungsteile können samt Layout als „Module“ mehrfach verwendet werden. Das kommt in der Praxis häufig vor, zum Beispiel bei Stereo-Verstärkern oder Messschaltungen mit mehreren gleichen Eingangskanälen. Die lassen sich nun in Modulen organisieren, ohne dass man einen Schaltungsteil kopieren oder neu zeichnen muss. Ein Modul wird im Schaltbild und im Layout dann wie ein Bauteil verwendet.

Besonders bei beidseitig bestückten Leiterplatten ist die neue Rückansicht hilfreich, da man damit nicht mehr „spiegelverkehrt denken“ muss. Weitere Vereinfachungen gibt es beim Einfügen von Vorwiderständen, die man nun einfach auf eine Verbindung „fallen lassen“ kann, und bei der Umschaltung der Einheiten *mil* (Tausendstel Zoll) und Millimeter in jedem Eingabefeld. Bei der 3D-Ansicht der Platine kann man nun auch die virtuelle Brennweite verändern, sodass ein möglichst gefälliger Eindruck entsteht.

Wie immer ist die *Discover*-Version mit bis zu 250 Pins/Pads kostenlos, die *Light*-Version (nur für die nicht-kommerzielle Anwendung) gibt es für 75,90 Euro. Sie erlaubt bis zu 400 Pins/Pads, ansonsten werden wie bei der *Gratis*-Ausgabe zwei Kupferlagen und 30 Signale bei der Simulation geboten. Die kommerziellen Varianten beginnen bei 262,90 Euro für die *Smart*-Version und gehen hoch bis über 9000 Euro für die umfassende Vollversion. Die diversen günstigeren Varianten sind ebenfalls etwa in der Zahl der Pins/Pads, Kupferlagen und Signale für die Simulation eingeschränkt. —cm

Hersteller	Ing-Büro Friedrich
URL	<a href="https://ibfriedrich.com">https://ibfriedrich.com</a>
Preis	kostenlos (Discover), Kaufversionen ab 75,90 €

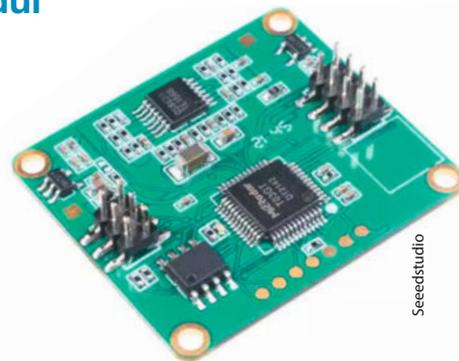
## MR24FDB1

### Selbstadaptierendes, empfindliches Millimeterwellen-Radarmodul

Auf dem Doppler-Effekt basierende Dauerstrich-Radarsensoren lösen allmählich die oft unzuverlässig arbeitenden passiven Infrarot-Sensoren ab. Einen besonders empfindlichen, selbstlernenden Radar-Bewegungssensor stellt der bei Makern wohlbekannte chinesische Hersteller *Seedstudio* nun als kleine Platine (35 mm × 30 mm) vor.

Das Sensor-Modul *MR24FDB1* arbeitet im 24-GHz-ISM-Band, die Signalverarbeitung erledigt der Infineon-Chip *BGT24LTR11*. Laut *Seedstudio* erkennt das Modul nicht nur, ob eine Person anwesend ist, sondern auch, ob sie eventuell hingefallen ist oder noch normal atmet; es eignet sich dergestalt also auch zur Überwachung von unfallgefährdeten Bereichen (Ausrutschen, Fallen) oder von gebrechlichen und behinderten Personen. Der adaptierende Algorithmus stellt sich selbstständig auf ruhige oder „nervöse“ Umgebungen ein.

Die maximale Reichweite zur Personenerkennung liegt laut *Seedstudio* bei 12 Metern,



Seedstudio

Mikrobewegungen (z.B. Atmen) lassen sich in einem 5m-Radius detektieren. Zusätzlich zu den Ausgängen, die die erkannte Situation anzeigen, können verschiedene Parameter über die serielle Schnittstelle ausgelesen und eingestellt werden. —cm

Hersteller	Seedstudio
URL	<a href="https://make-magazin.de/xsaq">make-magazin.de/xsaq</a>
Preis	32 US-\$

## CylinDraw

### Open-Source-Rotationsplotter mit Arduino-Steuerung

Langweilige weiße Becher und Tassen sind out: Der von einem *Arduino nano* gesteuerte Rotationsplotter bringt Farbe auf alles, was rotationssymmetrisch ist und einen Durchmesser von nicht mehr als 7,5 cm bei einer Länge bis zu 27,5 cm aufweist. Das Objekt darf dabei auch konisch sein. Farbauswahl und Haltbarkeit der Beschriftung oder Bemalung sind dabei nur vom verwendeten Filzstift und der zu beschriftenden Fläche abhängig. Darüber hinaus lassen sich auch kleine Dremel- und andere Bohrschleifer als Werkzeug in den Plotter einbauen. Damit sind dann auch Gravuren möglich, das soll sogar in Metall funktionieren.

Den Rotationsplotter *CylinDraw* kann man nicht nur bei *Etsy* als unterschiedlich umfangreichen Bausatz oder Fertiggerät kaufen, sondern auch komplett selbst nachbauen: Alle dazu notwendigen 3D-Druck-Dateien, die Firmware für den Plotter oder die Windows-Steuerungs-Software, die unter anderem Bilder und Texte in den zur Plotter-Steuerung notwendige G-Code umwandelt, sind kostenlos downloadbar und stehen unter Open-Source-Lizenz. Auf der Download-Seite stehen außerdem Beispielgrafiken sowie eine vier-



teilige Videoanleitung zum Bau und Betrieb des kleinen Malgeräts bereit.

Die Mechanik des Geräts erscheint durchdacht: So sind beispielsweise Zahnräder mit einstellbarem Flankenspiel verbaut, die dafür sorgen, dass beim Plotten und Gravieren kein seitliches Zittern auftritt. Auch die Steuerungssoftware macht einen guten Eindruck, denn sie nimmt viel Arbeit beispielsweise bei der Justierung des Geräts, der Texteingabe und -gestaltung oder der Umwandlung von Bildvorlagen ab. —hgb

Hersteller	RadiantArtifacts
URL	<a href="https://make-magazin.de/xsaq">make-magazin.de/xsaq</a>
Preis	121,07 € bis 346,84 € (Bausätze), 462,68 € (Fertiggerät)

## CM-IO-BASE-A und -B

### Base-Boards für das Raspberry Pi Compute Module 4

Genauso groß wie die Platine des *Raspberry Pi 4* (85mm × 56mm) ist dieses Baseboard für die verschiedenen Versionen des *Raspberry Pi Compute Module 4*, bietet aber mehr Ausstattung wie einen SSD-Steckplatz und einen zweiten Kameraport. Da das Board selbst keinen Prozessor besitzt, werden die WLAN- und Bluetooth-Fähigkeiten sowie die Speicherausstattung des Gesamtsystems einzig durch die damit benutzte Version des *Compute Modules* bestimmt.

Der chinesische Hersteller *Waveshare* bietet die beiden Versionen *CM4-IO-Base-A* und



*-B* an, die sich vor allem durch die auf der *B*-Version zusätzlich vorhandenen Echtzeituhr mit Batterie-Steckplatz unterscheiden. Beide Varianten besitzen auf der Unterseite einen Steckplatz für eine M.2-SSD-Karte im Format 2230 (30mm Länge) und 2242 (42mm Länge). Zur Befestigung sind entsprechende Schraubgewinde auf den Boards vorhanden, sogar die passenden kurzen Schrauben mit extra flachem Kopf werden mitgeliefert. Laut GitHub-User Jeff Geerling soll das *Compute Module* von solchen SSDs auch booten können. Dabei ist aber zu beachten, dass die SSDs nicht mehr als 1,5A Stromaufnahme haben sollen.

Mit diesem Baseboard ist endlich auch der zweite Kameraport des *RasPi-4*-Prozessors verfügbar. Beide Ports liegen an Folienleiter-Steckplätzen im üblichen Format, sodass alle *Raspi*-Kameramodule benutzt werden können. Auch der Anschluss für ein LC-Display ist im herkömmlichen Format vorhanden. Direkt daneben findet sich aber auch noch ein Stecker für einen Lüfter, der allerdings nur 5V Versorgungsspannung haben darf. Eine Rege-

lung der Geschwindigkeit mittels PWM-Signal ist trotz des vierpoligen Anschlusses bei der *A*-Version des Boards laut Wiki zum Board nicht möglich.

Anders als der *Raspberry Pi 4* besitzt das Board lediglich zwei USB-2-Buchsen sowie einen Steckplatz, an den per Folienleiter ein Adapter mit zwei zusätzlichen USB-2-Buchsen angeschlossen werden kann. Auf diesem Adapter ist dann auch der zweite HDMI-Anschluss vorhanden. Die Stromversorgung erfolgt über eine USB-C-Buchse (5V, mind. 2A, bei Verwendung einer SSD entsprechend mehr), die auch zum Datentransfer auf die eMMC des *Compute Modules* benutzt werden kann, falls das *Module* damit ausgestattet werden kann. —hgb

Hersteller	Waveshare
URL	make-magazin.de/xsqa
Preis	ca. 20 € (A), ca. 33 € (B, jeweils ohne <i>Compute Module</i> )

## Creality Ender 3 S1

### Verbesserter FDM-3D-Drucker

Der *S1* ist die neueste Überarbeitung des 3D-Druckers *Creality Ender 3* und vereint alle Verbesserungen, die bislang nur als Zubehör zum Nachrüsten erhältlich waren. So ist das *Silent-Board* jetzt Serienausstattung. Es enthält Treiberbausteine, die einen erheblich ruhigeren Lauf der Schrittmotoren bewirken. Laut Hersteller soll das Betriebsgeräusch unter 50dB liegen. Der *Ender 3 S1* hat zudem auch einen Direktantrieb für den Filamenttransport. Das vereinfacht den Druck mit flexiblem Filament und den Filamentwechsel. Dazu wurde der Druckkopf komplett überarbeitet. Die Gewichtersparnis dadurch soll 30 Prozent betragen. Das bezieht sich offenbar aber auf das Gesamtgewicht der X-Achse, denn der Druckkopf selbst ist durch den jetzt dort angebrachten Schrittmotor sicher deutlich schwerer.

Der nächste Schwachpunkt, der beseitigt wurde: Der Antrieb in Richtung der Z-Achse erfolgt inzwischen mit zwei Gewindespindeln. Bislang gab es solch eine Spindel nur auf der linken Seite des Geräts. Als Folge neigte sich der Druckkopf aufgrund seines Gewichts etwas nach unten, wenn er ganz

rechts positioniert wurde und die Rollen der Führungslager nicht wirklich spielfrei eingestellt waren. Dies ist nun behoben und die Druckqualität bei großflächigen Druckobjekten dürfte dadurch deutlich steigen.

Dazu trägt auch der jetzt serienmäßige Touchsensor zum Leveln des Druckkopfes bei. Vor Druckbeginn tastet er die Höhe des Druckbetts in einem vier mal vier Punkte umfassenden Testfeld ab. Die 32-Bit-Elektronik berechnet daraus ein Höhenprofil der Druckoberfläche und steuert die Z-Achse beim Druck entsprechend an. Dadurch wird insbesondere die Haftung auf dem Druckbett deutlich verbessert. Das Druckbett selbst besteht aus biegsamem Federstahl. Es ist leicht abzunehmen und durch die Flexibilität lassen sich die gedruckten Objekte schnell und ohne Beschädigungen durch bislang oft notwendigen Werkzeugeinsatz von der Oberfläche lösen.

Dank eingebautem Filamentsensor wird der Druck unterbrochen, wenn das Filament zu Ende ist oder reißt – nach Materialwechsel kann der Druck fortgesetzt werden. Der Bau-raum ist mit 22cm × 22cm × 27cm deutlich



höher als bisher und die minimale Layerhöhe wurde auf 0,05mm (gegenüber 0,12mm beim alten Modell) reduziert, sodass nun die vertikale Auflösung noch etwas feiner wird.

Der Drucker wird als Bausatz geliefert. Die Haupt-Baugruppen sind aber bereits fertig montiert, sodass das Gerät laut Hersteller in nur sechs Schritten zusammengesetzt werden kann. —hgb

Hersteller	Creality
URL	www.creality3dshop.eu
Preis	439 €

## Thisa Tech

Neuer Youtube-Kanal für  
Thisas Elektronik-Projekt



Manche von euch kennen ihn vielleicht noch von der *Maker Faire Hannover* und dem *Makerhub-2020-Livestream* als YouTuber und Streamer. Seinen Spitznamen trägt *Thisa* seit seiner Kindheit; seit zwei Jahren kann man ihm auf seinem YouTube-Kanal beim Basteln an seinen eigenen Ideen zugucken. Dort arbeitet er in seiner gut ausgestatteten Werkstatt an Holz- und Metallprojekten und baut unter anderem mit und für seine Hühner und Bienen. *Thisas* Videos kamen bis vor kurzem ganz ohne Sprache aus: In Videos zwischen 5 und 20 Minuten Länge kann man ihm entspannt beim Leimen, Schleifen, Sägen, Bohren und Schweißen mit passender Geräuschkulisse oder Musik beobachten. Nun gibt es erste Videos, in denen er mit uns spricht und erklärt, was er gerade bastelt.

Vor kurzem hat *Thisa* einen neuen Kanal eröffnet, auf dem er vom Schreibtisch aus bastelt und filmt. Aktuell gibt es dort drei Videos, die sich mit einem Raspberry Pi beschäftigen. Mit dem Kaffee in der Hand installiert er natürlich erstmal ein Betriebssystem und beschäftigt sich mit der Kryptowährung *Monero*. Später möchte er sich neben Elektronik-Projekten auch mit Hausautomatisierung und Überwachungs- und Steuerungssystemen für IT-Infrastrukturen beschäftigen – nach Möglichkeit ohne externe Server. Die Videos erschienen in wöchentlicher Taktung. Wir sind gespannt, wie es auf den Kanälen weitergeht und vielleicht könnt ihr ihn ja sogar im September live auf der nächsten *Maker Faire* in Hannover antreffen. —stri

URL [www.thisa.cc](http://www.thisa.cc)

## Handbuch Fab Labs

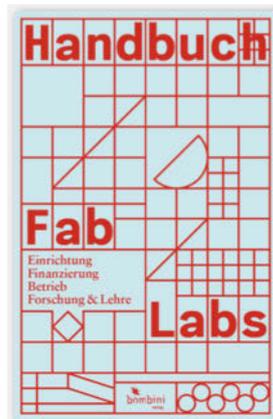
Einrichtung, Finanzierung, Betrieb,  
Forschung & Lehre

Die Idee des *Fab Lab* – einer offenen Werkstatt, in der alle Zugang zu Produktionsmitteln wie Lasercuttern, 3D-Druckern, CNC-Fräsen und Nähmaschinen haben und auch den Umgang damit lernen können – ist mittlerweile über 20 Jahre alt, aber immer noch werden neue Werkstätten dieser Art gegründet (was wir regelmäßig in unserer Rubrik *Werkstattberichte* melden). Damit nicht jede Initiative ihre eigenen Erfahrungen von null an machen muss, haben die Autorinnen und Autoren in diesem Buch ihr Know-how gebündelt, gesammelt in vielen Jahren des Aufbaus und Betriebs von *Fab Labs* in Essen, Aachen, Bremen und Siegen, jeweils angegliedert an eine Kunsthochschule oder Universität.

In den 15 Kapiteln sind Anforderungen an Räume, Personal und Werkzeugausstattung (mit Checklisten!) ebenso Thema wie Finanzierungskonzepte, Sicherheitsfragen, Ausleih- und Zugangskontrollsysteme oder das notorisch Lagerraumproblem; es geht aber auch um die Einbettung eines *Fab Lab* in die universitäre Lehre und Forschung oder auch

die Dokumentation von Projekten. Wer selbst ein *Fab Lab* aufmachen will oder auch nur mit dem Gedanken spielt, sollte unbedingt in dieses Buch schauen – als PDF bekommt man es im Volltext kostenlos (siehe Link). —pek

► [make-magazin.de/xn7f](http://make-magazin.de/xn7f)



<b>Autoren</b>	I. Bockermann, J. Borchers, A. Brocker, M. Lahaye, A. Moebus, S. Neudecker, O. Stichel, M. Stilz, D. Wilkens, R. Bohne, V. Pipek, H. Schelhowe
<b>Verlag</b>	Bombini
<b>Umfang</b>	256 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3-946496-26-7
<b>Preis</b>	34,95 €, PDF gratis (siehe Link)

## Siebdruck zu Hause

Kleinauflagen aus der eigenen Werkstatt

Mittels Siebdruck bringt man Motive auf alle möglichen Untergründe, vom T-Shirt bis zum Gehäusedeckel – kein Wunder, dass die Technik unter Makern recht verbreitet ist. Meist wird aber in speziellen Werkstätten gedruckt (auch das auf dieser Seite vorgestellte *Handbuch Fab Labs* widmet sich dem Thema). Mit ihrem Buch beschreibt Pippa Parragh hingegen – wie der Titel schon sagt – den *Siebdruck zu Hause*, mit begrenztem Platz und beschränkter technischer Ausstattung.

Die Autorin zeigt nicht nur Schritt für Schritt, wie man selber Siebdruckrahmen beschichtet, belichtet und benutzt, sondern geht (natürlich) auch auf Farben und Druckträger wie Papier und Textilien sowie analoge wie digitale Techniken zur Motivherstellung ein. Der DIY-Gedanke zieht sich dabei durch, denn obwohl man viel Zubehör für den Siebdruck auch gebrauchsfertig kaufen kann, zeigt Pippa Parragh, wie man etwa die Farbe aus gängiger Acrylfarbe und Siebdruckpaste selber mischt oder günstige Keilrahmen mit geeignetem

Gewebe als Siebdruckrahmen bespannt. Zur Belichtung kommt ein Baustellenscheinwerfer zum Einsatz (und Teelichter für die schonende

Dunkelkammerbeleuchtung). Die Siebe lassen sich auch in der Dusche auswaschen, die simpelsten Vorlagen für Muster und Buchstaben werden mit Malertape direkt auf das Sieb geklebt, dann kann man sich sogar die Beschichtung sparen. Ein eigenes Kapitel ist der *eigenen Miniwerkstatt* gewidmet, mit ausführlichen Bauanleitungen für eine Trockenwand und einen mobilen Drucktisch mit Stauraum. Das alles ist üppig bebildert (wenn alles ist üppig bebildert (wenn

auch nur in schwarz-weiß, aber mit silberner Akzentfarbe) und macht viel Lust auf eine eigene Siebdruckwerkstatt zu Hause. —pek



<b>Autor</b>	Pippa Parragh
<b>Verlag</b>	Verlag Herrmann Schmidt
<b>Umfang</b>	160 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3-87439-938-8
<b>Preis</b>	29,80 €

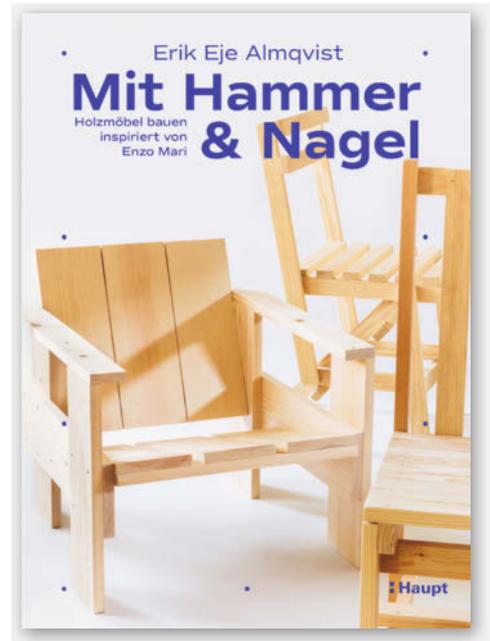
# Mit Hammer und Nagel

## Holzmöbel bauen, inspiriert von Enzo Mari

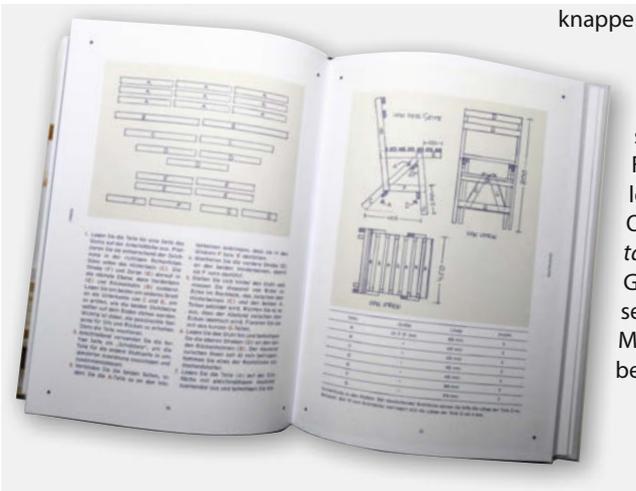
Der im Untertitel genannte italienische Designer Enzo Mari (1932–2020) ist wahrscheinlich nicht vielen Makern ein Begriff, dabei hat er, lange bevor der Begriff „Open Source“ geprägt wurde, bereits DIY-Möbel entworfen und die Anleitungen für den Nachbau zur freien Verfügung gestellt. Ganz im Geist von Maris *Autoprogettazione*-Entwürfen braucht man auch für die 18 Möbel in diesem Buch – vom stapelbaren Hocker über Tisch und Schrank bis zur Stehlampe – als Werkzeug nur Säge, Hammer, Bleistift, Winkel und Schleifpapier sowie als Material Holzplatten und Bretter von meist 21mm Stärke, Nägel und Holzleim (wer will, kann auch Schrauben benutzen, anstatt zu nageln). Manche Konstruktionen, etwa

der *Shaker-Stuhl*, bestehen aus vielen Kantholzstücken identischen Querschnitts, aber unterschiedlicher Länge; mit etwas Maßanpassungen sollte man dieses Sitzmöbel beispielsweise auch aus gehobelten Dachlatten zusammenbauen können.

Ohnehin wünscht sich der Autor Erik Eje Almqvist explizit, dass gerade Leute mit schon etwas Erfahrung beim Möbelbau und der Holzbearbeitung die gezeigten Pläne eher als Inspiration und Vorschlag betrachten und nach eigenen Wünschen Modifikationen vornehmen oder ganz eigene Entwürfe angehen. Wer lieber getreu nach Plan baut, findet für jede Konstruktion einen kurzen einleitenden Text, eine gezeichnete Dreiseitenansicht mit Maßen, eine Stückliste als Tabelle sowie eine knappe Beschreibung des Aufbaus Schritt für Schritt. Dabei werden durchgehend zur Bezeichnung der Teile Großbuchstaben benutzt, was den Transfer zwischen Text und Zeichnung erleichtert. Fotos der fertigen Möbel im Einsatz lockern das schön gemachte Buch auf. Ob man sich komplett im *Autoprogettazione*-Stil einrichten will, ist am Ende Geschmackssache, aber das Erlebnis, selbst einmal ein praktisch benutzbares Möbel zu bauen, hat durchaus etwas beglückendes. —pek



<b>Autor</b>	Erik Eje Almqvist
<b>Verlag</b>	Haupt Verlag
<b>Umfang</b>	160 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3-258-60239-4
<b>Preis</b>	26 €



# Atomspektren selber messen

## 1.000 Laser-Hacks für Maker

Wie sehr schützt eine Sonnenbrille meine Augen? Wie stark fluoresziert Tonic-Water? Und wäre es nicht hervorragend, eine Farbsortiermaschine für LEGO-Steine zu haben?

Diesen und anderen Fragen widmet sich der promovierte Physiker Mattis Osterheider in dem Buch *Atomspektren selber messen* aus der Buchreihe *1.000 Laser-Hacks für Maker*. Zwei Jahre hat er daran geforscht, Maker-Messsysteme zu entwickeln und beweist dadurch nicht nur seine Begeisterung für die Physik. Der Autor versteht es auch, sein Fachwissen einer breiten Zielgruppe verständlich und reproduzierbar zu vermitteln. In wenigen Schritten lernen wir, auf Basis

von LEGO-Steinen, ein hochauflösendes Czerny-Turner-Spektrometer zu bauen sowie dessen Funktionsweise. Osterheider unterstützt uns dabei mit zusätzlichen Hinweisen zu Bezugsquellen für Material und Erfahrungen aus dem eigenen Versuchsaufbau. Wieso sich Maker jenseits forensischer Forschungslabore mit diesem Spektrometer beschäftigen sollten, hebt er sich leider bis zum Schluss auf – dennoch, seine knappen Praxisbeispiele für Experimente im letzten Kapitel überzeugen und regen die Fantasie an.

Das Buch eignet sich für Physik interessierte Maker oder den Schulunterricht ab der Oberstufe. —akf



<b>Autoren</b>	Mattis Osterheider, Rasmus Böttcher, Björn Bourdon, Mirco Imlau
<b>Verlag</b>	Bombini
<b>Umfang</b>	173 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3-946496-27-4
<b>Preis</b>	14,95 €

# IMPRESSUM

**Make:** Nächste Ausgabe erscheint am 7. April 2022

## Redaktion

**Make: Magazin**  
 Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
 Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
 Telefon: 05 11/53 52-300  
 Telefax: 05 11/53 52-417  
 Internet: [www.make-magazin.de](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), Ákos Fodor (akf), Helga Hansen (hch), Rebecca Husemann (rehu), Carsten Meyer (cm), Stella Risch (stri), Carsten Wartmann (caw)

**Mitarbeiter dieser Ausgabe:** Stefan Baur, Beetlebum (Comic), Michael Gaus, Lisa Ihde, Miguel Köhnlein, Ramon Hofer Kraner, Mark Liebrand, Mark Mantel, Matthias Mett, Josef Müller, Sebastian Müller, Niq Oltman, Hans-Jürgen Pretzel, Ulrich Schmerold, Christian Schweigert, Tasker Smith, Gustav Wostrack

**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

**Titelbild:** Ákos Fodor

**Digitale Produktion:** Kevin Harte, Thomas Kaltschmidt

**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@dermedienvetrieb.de](mailto:info@dermedienvetrieb.de)  
 Internet: [dermedienvetrieb.de](http://dermedienvetrieb.de)

**Einzelpreis:** 12,90 €; Österreich 14,20 €; Schweiz 25.80 CHF;  
 Benelux 15,20 €

**Abonnement-Preise:** Das Jahresabo (7 Ausgaben) kostet inkl. Versandkosten: Inland 77,00 €; Österreich 84,70 €; Schweiz/Europa: 90,65 €; restl. Ausland 95,20 €

Das Make-Plus-Abonnement (inkl. Zugriff auf die App, Heise Magazine sowie das Make-Artikel-Archiv) kostet pro Jahr 6,30 € Aufpreis.

## Abo-Service:

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.:  
**Maker Media GmbH**  
**Leserservice**  
 Postfach 24 69  
 49014 Osnabrück  
 E-Mail: [leserservice@make-magazin.de](mailto:leserservice@make-magazin.de)  
 Telefon: 0541/80009-125  
 Telefax: 0541/80009-122

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Alle beschriebenen Projekte sind ausschließlich für den privaten, nicht kommerziellen Gebrauch. Maker Media GmbH behält sich alle Nutzungsrechte vor, sofern keine andere Lizenz für Software und Hardware explizit genannt ist.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in Make erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Published and distributed by Maker Media GmbH under license from Make Community LLC, United States of America. The 'Make:' trademark is owned by Make Community LLC Content originally partly published in Make: Magazine and/or on [www.makezine.com](http://www.makezine.com), ©Make Community LLC 2020 and published under license from Make Community LLC. All rights reserved.

Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten.  
 Gedruckt auf Recyclingpapier.

© Copyright 2022 by Maker Media GmbH

ISSN 2364-2548

## Nachgefragt



Mit welchen neuen **Maker-Themen** will sich die **Make-Redaktion 2022** ganz ausgiebig beschäftigen?

**Daniel Bachfeld**  
 Hannover, schaut mit Weitblick auf das Make-Jahr  
 Ich will mich mit Quantencomputing beschäftigen, etwa mit dem Framework Qiskit für den Pi. Das simuliert zwar nur Qubits, dennoch kann man sich in das völlig andere Programmierkonzept einarbeiten.

**Peter König**  
 Hannover, ist seit jeher von allem fasziniert, was mit 3D zu tun hat  
 Beim 3D-Scannen mit Maker-Mitteln (oder Hardware, die in deren Budget passt) hat sich einiges getan – ich freue mich drauf, in diesem Jahr in dieses Thema mal wieder ganz tief einzutauchen.

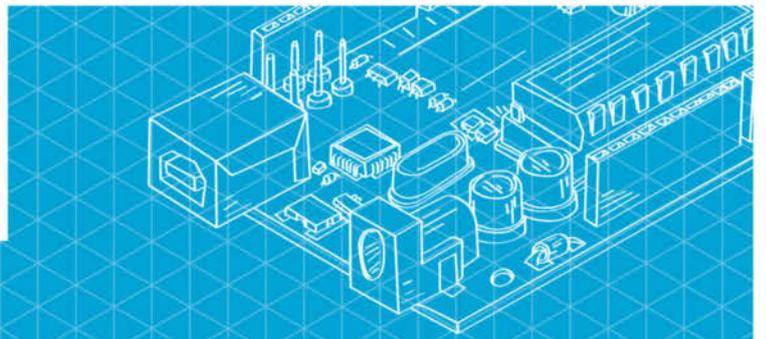
**Helga Hansen**  
 Braunschweig, repariert und recycelt leidenschaftlich  
 Ich bin noch auf der Suche nach Inspiration und lese mich daher durch Solarpunk-Geschichten – ein neues Sci-Fi-Genre mit Visionen von nachhaltigen Gesellschaften und hoffnungsvoller Zukunft.

**Carsten Meyer**  
 Hannover, hat große Maschinen-Pläne  
 Die Freude am Sonderheft Metall hatte bei mir recht teure Folgen: Seit kurzem steht eine amtliche Fräsmaschine, eine Macmon M100, in meiner Werkstatt. Da werden dieses Jahr ordentlich Späne fliegen.

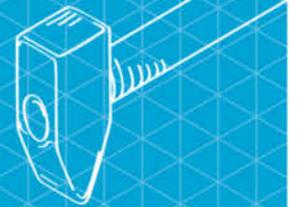
## Inserentenverzeichnis

dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg .....	93	Reichelt Elektronik GmbH & Co., Sande .....	124
Fernschule Weber, Großenkneten .....	65	<b>Make:markt</b> .....	7

# Make:



## DAS KANNST DU AUCH!



**GRATIS!**



## 2x Make testen und über 9 € sparen!

### Ihre Vorteile:

- ✓ **GRATIS dazu:** Make: Tasse
- ✓ Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv\*
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

**Für nur 16,10 € statt 25,80 €**

\* Für die Laufzeit des Angebotes.

**Jetzt bestellen: [make-magazin.de/miniabo](http://make-magazin.de/miniabo)**



# UNSER SORTIMENT VON TECHNIKERN FÜR TECHNIKER

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

## Nur das Beste für Sie – von über 900 Markenherstellern

Unsere Produktmanager sind seit vielen Jahren bei reichelt tätig und kennen die Anforderungen unserer Kunden. Sie stellen ein breites Spektrum an Qualitätsprodukten zusammen, optimal auf den Bedarf in Forschung & Entwicklung, Instandhaltung, IT-Infrastruktur und Kleinserienproduktion sowie auf Maker zugeschnitten.



### Günstiger Einstieg in die Robotik mit Arduino

Bausatz: Arduino Tinkerkit Braccio Roboter-Arm

Der TinkerKit Braccio ist ein voll funktionsfähiger Roboterarm, der über Arduino gesteuert wird. Er kann auf verschiedene Weise für Aufgaben, wie das Bewegen von Objekten zusammgebaut werden.

- Freiheitsgrade: 5
- Wiederholgenauigkeit: 0,1 mm
- Reichweite: 700 mm
- Tragkraft: 3 kg
- System: ROS, Python, C++
- Protokoll: RS485



### PRODUKT-TIPP

Bestell-Nr.:  
ARD TINKER BOT

259,90



#### RATGEBER:

Roboterarme für jeden Zweck  
– Tipps zur Wahl des richtigen  
Systems: Vom Bausatz für die  
Schule bis zum professionellen  
Industrieroboter

#### Jetzt informieren

► <https://rch.it/MG718>



Entdecken Sie unser umfang-  
reiches Robotik-Sortiment

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



■ Top Preis-Leistungs-Verhältnis

■ über 120.000 ausgesuchte Produkte

■ zuverlässige Lieferung – aus Deutschland in alle Welt

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

Bestellhotline: +49 (0)4422 955-333

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

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

TAGESPREISE! Preisstand: 14. 1. 2022