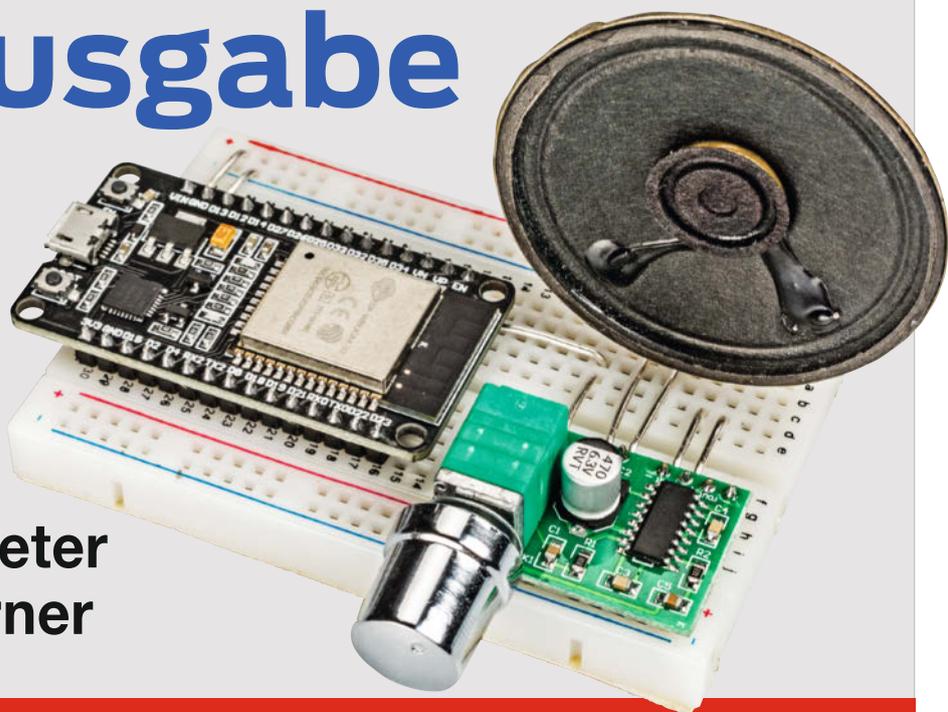




**ESP32-CAM:**  
Liest Wasserzähler mit KI

## Sprachausgabe

- ▶ Für Arduino, ESP und Raspi
- ▶ Gratis mit und ohne Cloud
- ▶ Projekte: Sprechendes Voltmeter und Temperaturwarner



## Projekte

- ▶ Smarter Bilderrahmen mit Raspi
- ▶ Biofeedback mit Arduino
- ▶ Hydroponik: mobil, einfach, Ikea

## Werkstatt

- ▶ Autofokus-Wabentisch für K40-Laser
- ▶ Ohne Löten: Elektronik simulieren
- ▶ 3D-Druck: Filamentabfall recyceln

## Plasmaschneider

- ▶ Workshop zum Einstieg
- ▶ Kaufberatung
- ▶ Praxistipps



## Grafik für Maker

- ▶ Vektorvorlagen aus Logos und Comics
- ▶ Für T-Shirts, Sprühschablonen, Stempel ...



2/21  
8.4.2021  
CH CHF 25.80  
AT 14,20  
Benelux 15,20  
€ 12,90





Hannover

**Maker Faire®**

Digital Edition 2021

**18. Juni 2021**

JETZT VORMERKEN

[maker-faire.de/hannover/](https://maker-faire.de/hannover/)



## Emotionale Ansteckung

Dass man Teams und Gruppen durch besondere Erlebnisse zu zusammenschweißen kann, dürfte den meisten aus persönlicher Erfahrung bekannt sein. Dass das sogar temporär für eher lose, aber dafür große Kollektive gilt, wissen auch Besucher von Wacken und Rock am Ring. Kürzlich haben Forscher aus Berkeley die Maker-Szene unter die Lupe genommen und eine ähnliche Verbundenheit festgestellt. Das mag auf den ersten Blick nicht überraschen, schaut man aber genauer hin, stellt man fest, dass die Maker-Community sehr viel heterogener ist, als Wacken-Besucher (ok, weit aus dem Fenster gelehnt) oder kleine Teams.

Die Maker-Szene bestehe aus Menschen mit vielen unterschiedlichen Interessen und Hobbys, die von Mathe-Nerds bis zu Hula-Hoop-Tänzer:innen reichen, schreibt die Studienleiterin in ihrer Zusammenfassung. Was Maker verbinde, sei der Enthusiasmus für das eigene Thema und die dabei ausgedrückten Emotionen. Statt nur Informationen über Projekte auszutauschen, inspirierten sich Maker mit ihrer Begeisterung gegenseitig. Daraus resultiere eine „emotionale Ansteckung“, beispielsweise der Besucher und Aussteller einer Maker Faire untereinander.

Dabei spiele es weniger eine Rolle, ob die jeweiligen Interessen sich überschneiden. Viel wichtiger sei, gemeinsam zu lernen, zu experimentieren und zu spielen. Dieses gemeinsame Wertesystem führe dazu, dass Maker offener anderen Makern und deren Skills und Herkunft gegenüber stehen würden. So hätten beispielsweise die zu-

nächst skeptischen Mathe-Nerds auf einer Maker Faire ihre Bewunderung für den Hola-Hoop-Stand ausgedrückt, nachdem sie dort leidenschaftlich die Technik und Mechanik neugestalteter Reifen erklärt bekamen. Durch emotionale Ansteckung entstehe eine kollektive Identität, die durch das Wertesystem automatisch inklusiv und divers sei.

In Corona-Zeiten über weitere Ansteckungsarten zu schreiben, ist schon harter Tobak! Nach acht Jahren bundesweiten Maker Faires kann ich diese Beobachtungen der Studie aber mehr als nur bestätigen. Die emotionale Ansteckung durch andere Maker auf Maker Faires gibt nicht nur mir jedes Mal Energie und Kraft für neue Ideen, Projekte und Veranstaltungen. Corona hat im letzten Jahr das Nachtanken leider verhindert. Und ehrlich gesagt, merke ich das.

Umso mehr freue ich mich, dass nun ein Ende des Lockdowns in Sicht ist und im Herbst 2021 vielleicht sogar wieder erste Maker Faires zum Anfassen stattfinden. Bis dahin tanke ich auf unserer digitalen Maker Faire am 18. Juni nach. Ich hoffe, wir sehen uns.

*Daniel Bachfeld*

Daniel Bachfeld

► [make-magazin.de/xya2](https://make-magazin.de/xya2)

**Sagen Sie uns Ihre Meinung!**

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

# Inhalt

## Projekte

Obsoletere Flachbildschirme und TV-Geräte müssen nicht auf dem Müll landen – gönnen Sie ihnen ein zweites Leben als intelligenter Bilderrahmen! Wenn Sie das ruhige Geschehen noch nicht genug entspannt, helfen Sie einfach mit unserem Arduino-gesteuerten Biofeedback-Monitor nach, der Puls und Atmung trainiert.

**42** Bilderrahmen mit Überraschungseffekt

**48** Biofeedback für den Maker



## Sprachausgabe

Natürlich kann es ganz einfach cool sein, wenn das eigene Projekt spricht – oft genug ist es aber auch durchaus angezeigt, den Blick nicht von Wichtigerem (etwa dem Straßenverkehr oder der Messspitze) abwenden zu müssen. Wir zeigen Ihnen die Möglichkeiten zur Sprachausgabe, die sich auf verschiedenen Plattformen anbieten – mit und ohne Online-Unterstützung.

**8** Sprachausgabe für Raspi-, Arduino- und ESP-Projekte

- 3** Editorial
- 6** Leserforum
- 8** Sprachausgabe für Raspi-, Arduino- und ESP-Projekte
- 14** **ESP32CAM liest Wasserzähler mit KI**
- 22** Smart Home: Heizung unter Kontrolle
- 30** Werkstattberichte: Nachhaltige Makerspaces, Werkstätten-Tour, Maker Faire 2021, Comic
- 32** **Hydroponik: Arduino züchtet Salat**
- 42** **Smarter Bilderrahmen mit Überraschungseffekt**
- 48** **Biofeedback für den Maker**
- 54** Satellitenschüssel-Automatik
- 62** Was uns inspiriert: Gutenbergs Erbe, Riesen- und Mini-Arduino
- 66** Makerspace-Challenge: Die Gewinner
- 70** Lithium-Ionen-Akkus testen und wiederverwenden
- 76** **Vektor-Grafik für Maker**
- 86** Projektdokumentation für Dummies

## Werkstatt

Der billige Lasercutter K40 ist (nicht nur im Wortsinn) ein Dauerbrenner: Auch bei uns war er schon oft Kandidat für Modifikationen. Unser neuer Wabentisch mit automatischer Höhenverstellung rüstet nun eine äußerst sinnvolle Funktion nach. Postmaterielles Basteln ermöglicht dagegen die Schaltungssimulation mit LTspice.

**110** Autofokus-Wabentisch für Lasercutter K40

**118** Simulieren statt Löten – mit LTspice



## Plasmaschneiden

Bei jeder Messe-Vorführung ist der Plasmaschneider ein stets umlagertes Gerät: Nicht nur der spektakuläre Funkenregen sorgt für Aufmerksamkeit, sondern vor allem die Leichtigkeit, mit der das Gerät durch zentimeterdicke Stahlplatten schneidet. Angebote ab 150 Euro machen es nun auch für Maker interessant.

**104** Plasmaschneiden für Padawane



**92** Community-Projekte: 3D-gedruckte Windturbine, Plotter-Revival, UV-C Luftfilter

**98** Sequino: Uhr mit Pailletten-Display

**102** Reingeschaut: Winkekatze

**104** Plasmaschneiden für Padawane

**110** Autofokus-Wabentisch für Lasercutter K40

**118** Simulieren statt Löten - mit LTspice

**125** Tipps & Tricks: Kunststoff-Schweißen mit dem LötKolben

**126** 3D-Druck-Abfall wiederverwenden

**132** Kurzvorstellungen: SMD-Bestückungsservice, BIPES für Pi und ESP, Pruse Slicer 2.3, Arduino 2.0, mTiny Discover Kit, Pico Display, Oh my Git!, Bodenfeuchte-Sensor, SPI Driver, RealityCapture

**136** Bücher und Podcasts: She likes Tech, Girls Garage, STM32-Praxisbuch, An Instructive Appreciation of Buttons and Switches, Raspberry Pi für Kids

**138** Impressum, Nachgefragt

Themen von der Titelseite sind rot gesetzt.

Titelbild: Darkdiamond67 / Shutterstock.com

## Grafik für Maker

Der beneidete Kollege trägt schon wieder ein neues T-Shirt mit einer tollen nerdigen Grafik, während sich Ihr Folienplotter mit öden „Comic Sans“-Schriftzügen langweilt? Das wird mit unserem Workshop sofort anders: Wir zeigen Ihnen, wie Sie ohne Design-Studium Bilder perfekt für Schneidplotter und Lasercutter aufbereiten.



**76** Vektor-Grafik für Maker

# Leserforum

## Updates für Container?

Docker für Raspberry Pi, Make 1/21, S. 92

Vielen Dank für den guten Einführungsartikel! Leider fehlte ein Aspekt, der mich und vielleicht auch viele andere Docker-Interessierte vom umfangreicheren Einsatz von Docker abhält: Wie halte ich den Container-Riesen aktuell?

Bei einer klassischen Installation setzte ich ein Tool wie `cron-apt` auf und schon wird meine Software automatisch gepatcht oder ich bekomme Notifications, wenn fehlerbereinigte Versionen verfügbar sind.

Wie macht man das vergleichbar komfortabel mit Docker? Kann `Portainer` mich irgendwie per Mail benachrichtigen, wenn eine neue Image-Version auf Docker Hub erschienen ist?

Reiner Bühl

*Über neue Docker-Images informiert zu werden, steht auf der Anwender-Wunsch-Liste schon gefühlt so lange, wie bei Spotify der Wunsch nach Lesezeichen ... Im Moment gibt es unseres Wissens nach keine Funktion, um so etwas mit dem Docker-Client direkt zu erledigen bzw. von Docker Hub informiert zu werden. Aber es gibt Zusatztools wie Watchtower (siehe [make-magazin.de/x832](http://make-magazin.de/x832)). Probiert haben wir das bislang noch nicht und es ist auch eher umständlich, erst das aktuellste Image runterzuladen und mit dem gerade laufenden zu vergleichen.*



Arduino und MicroPython schließen sich keineswegs aus, wie bei dieser Drohnensteuerung von unserem Leser Hans-Martin Hilbig.

## PICAXE-Container

Ihr Workshop hat mir sehr gut gefallen. Er fast das wesentliche über Docker-Images und Container zusammen. Im Teil über den Bau eines eigenen Docker-Images konnte ich noch einiges dazulernen.

Beim Lesen ist mir ein älteres Problem in den Sinn gekommen. Ich hatte versucht, für

den PICAXE 08M2 aus dem Sonderheft PICAXE Special von 2020, die Linux-basierte AXE-Pad-Software `LinAXEpad` auf meinem Ubuntu 20.04 zu installieren, was aufgrund der notwendigen alten 32-bit-Bibliotheken misslang und zu einem instabilen System führte. Nach der Neuinstallation von Ubuntu habe ich dann eine VM mit einem alten Windows-XP-Image für die Programmierung des 08M2 benutzen müssen.

Der Artikel hat mich nun inspiriert, die `LinAXEpad`-Software in einem Docker zu integrieren, wo dann die 32-Bit-Bibliotheken vom System isoliert sind. Das war erfolgreich und jetzt kann ich auch unter Linux meinen PICAXE 08M2 programmieren.

Udo Adel

*Vielen Dank! Wer sich ebenfalls so einen Docker-Container wünscht, kann ihn jetzt aus unserem GitHub-Repository zum Thema herunterladen, zu finden über die Kurz-URL zum Artikel: [make-magazin.de/xgks](http://make-magazin.de/xgks)*

## Kontakt zur Redaktion

Leserbriefe bitte an:

[heise.de/make/kontakt/](http://heise.de/make/kontakt/)

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

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

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

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

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

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

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

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

## Korrekturen

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

## Beides machen

Editorial: Ende einer Ära, Make 1/21, S. 3

Mit Interesse habe ich Ihr Editorial in der Make 1/21 gelesen. Nach 13 Monaten begeisterter Programmierung mit MicroPython lautet für mich die Überschrift: Arduino UND Micro-

Python! Durch den leichteren Umgang als Interpreter-Sprache wird Python sicherlich Einzug im MINT-Unterricht an den Schulen halten, hoffentlich als integrierte Lernplattform wie dem *TI-Nspire* von Texas Instruments. Dann können sich die Schüler auf die Lösung der Aufgaben konzentrieren und nicht mehr auf das Debuggen der diversen Programmierschnittstellen.

Arduino bleibt für mich gleichermaßen aktuell und wird dank kompiliertem Objektcode auf kleinen Microcontrollern sicherlich schneller ablaufen als ein Python Interpreter. Beiliegend ein Foto, wo MicroPython auf dem *TI-Nspire CXII* über ein MSP432-Board mit einer in Arduino programmierten ESP8266 NodeMCU kommuniziert, die wiederum über WiFi UDP eine *Tello*-Drohne steuert.

Arduino und MicroPython – das Oktoberfest wäre doch auch langweilig mit nur einer Biersorte, oder?

Hans-Martin Hilbig

## Handschuhe weg von der Säge!

Wabentüren-Upcycling, Make 1/21, S. 120

Leute! Tischkreissäge und Handschuhe gehören absolut NICHT zusammen. An zerspannenden Maschinen trägt man PRINZIPIELL keine Handschuhe! Die können erfasst werden und im Extremfall sind dann Finger oder Hände ab.

Markus Fabian

*Sie haben recht. Da war unser Warnungskasten irreführend, weil er in einem Satz von der Säge spricht und im nächsten von Schutzhandschuhen. Das tut uns leid! Auf allen Fotos, auf denen eine Säge zu sehen ist, trägt unser Autor Tim Sway korrekterweise keine Handschuhe, aber wir hätten deutlicher darauf hinweisen sollen, dass man die zum Sägen ausziehen muss.*

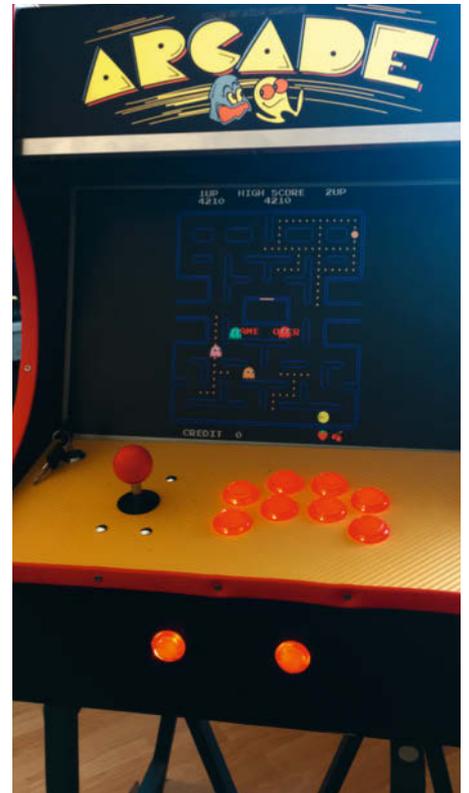
## Eigenbau-Automat

Bartop Arcade mit Raspberry Pi, Make 4/20, S. 14 und Make 5/20, S. 122

Ich bin ein Riesen-Fan der 80er und 90er und wollte neben Gameboy, Super Nintendo & Co. schon seit längerem einen Arcade-Automaten besitzen. Da diese aber groß, sperrig und teuer sind, war hier Selberbauen ange-

sagt. Angefangen habe ich im Januar 2020 (ja, noch vor dem Make-Artikel!). Der Automat hat einen Korpus aus MDF, welches ich einfach mit einer Stichsäge zugeschnitten habe. Danach wurde alles abgeschliffen und verschraubt. Der fertige Korpus wurde dann schwarz lackiert und an den Seiten sowie dem Tastenfeld mit gelber Carbonfolie beklebt. Nun zum „Herz“ des Automaten: Gesteuert wird alles von einem Raspberry Pi 3, welcher mit einem Arcade-zu-USB-Adapter mit dem Joystick und den Buttons verbunden ist. Ebenfalls wurde der Münzeinwurf mit dieser Platine verbunden, so dass der Einwurf einer Münze als Tastendruck am Raspi erkannt wird. Für den Monitor habe ich einen gebrauchten 19"-4:3-LCD-Monitor ausgeschlachtet und das Plastikgehäuse vollständig entfernt. Für den Sound sorgen zwei kleine Lautsprecher, welche sich hinter dem Leuchtschild *Marquee* des Automaten befinden. Das Leuchtschild selbst wird durch LED-Band beleuchtet, welches sich hinter einer Plexiglas-Scheibe befindet. Diese ist mit einer selbstentworfenen Leuchtfolie beklebt, welche ich bei einer Online-Druckerei drucken ließ (Kostenpunkt ca. 15 Euro). Insgesamt hat mich das gesamte Projekt ca. 120 Euro gekostet, was es mir auf jeden Fall wert war. Ein echter Blickfang!

Lukas Niestrat



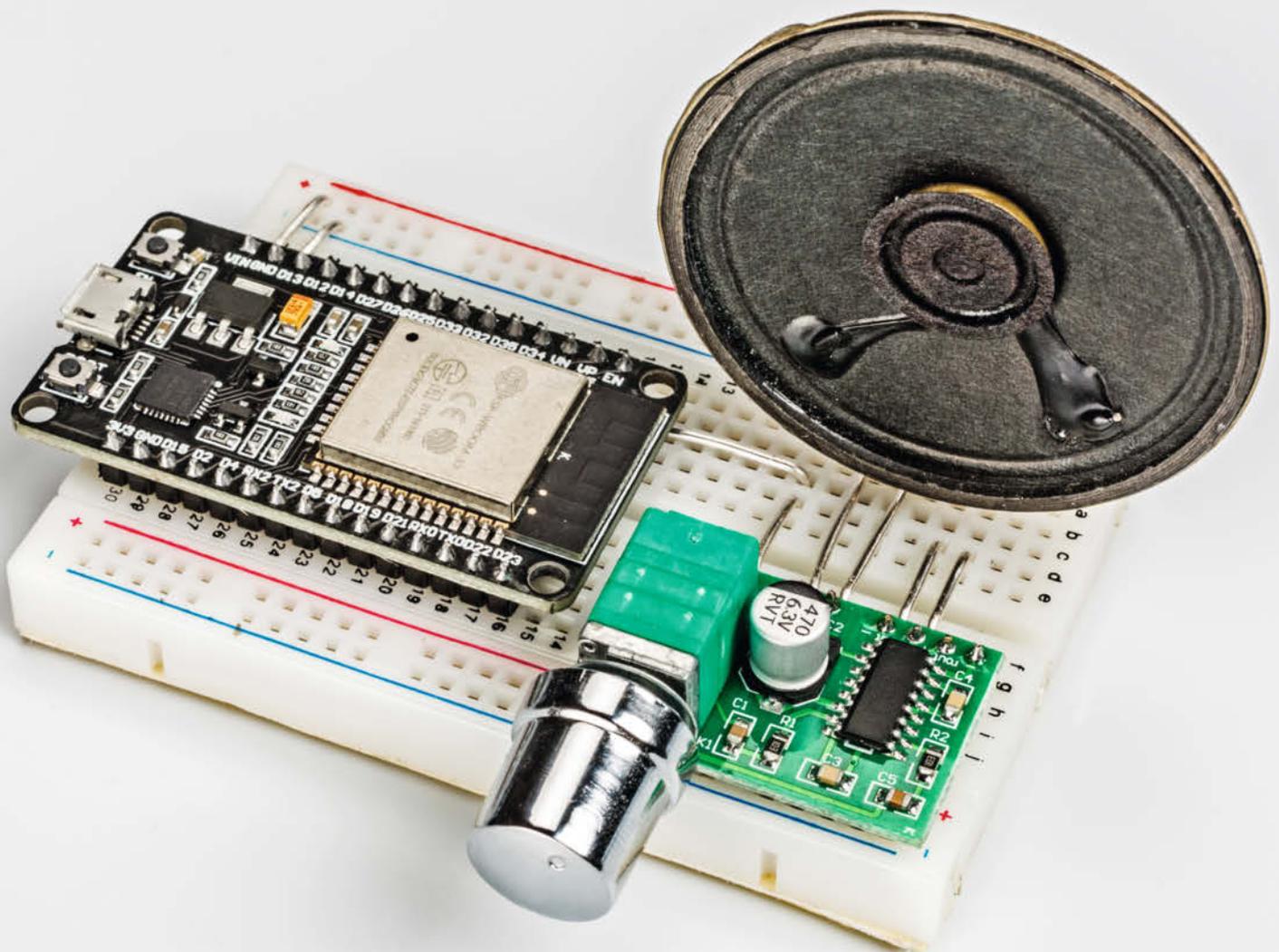
Mit dem Bau seines Arcade-Automaten begann Make-Leser Lukas Niestrat schon vor unseren Artikeln zum Thema in den Ausgaben 4/20 und 5/20.



# Sprachausgabe für Raspberry-, Arduino- und ESP-Projekte

Nicht immer ist es sinnvoll, Messwerte oder Ereignisse per Display melden zu lassen. Eine Durchsage wäre da besser. Wir, sagen Ihnen, womit Sie Raspberry und Co. zum Sprechen bringen.

von Heinz Behling



**E**iner unserer wichtigsten Sinne ist der Sehsinn. Sicher ein Grund dafür, warum uns die allermeisten Raspberry-, Arduino- und ESP-Projekte Ereignismeldungen, Alarmer oder Messwerte per Display mitteilen. Doch was, wenn man die Augen zum Beispiel auf einen ungünstig gelegenen Messpunkt richten muss, an dem das Display außerhalb des Sichtfelds liegt? Und wir sollten auch Sehbehinderte nicht vergessen, für die kleine elektronische Helfer eine Unterstützung sein könnten, wenn sie denn mit ihnen kommunizieren können.

Ganz davon abgesehen kann es auch einfach cool sein, wenn das eigene Projekt spricht. Und darüber hinaus: Auf ein Display muss ich bewusst schauen, um zu sehen, dass sich was ändert. Eine Sprachausgabe weckt die Aufmerksamkeit wie ein Telefonklingeln oder ein abgelaufener Tee-Timer.

Unser zweiter Kommunikationssinn, das Hören, wäre da eine gute Alternative: Egal, wo Sie auch hinschauen und wie Sie den Kopf auch gedreht haben, Sie hören immer aus allen Richtungen. Könnte Ihr Multimeter sprechen, erfahren Sie selbst dann den Messwert, wenn Ihr Kopf tief im Motorraum eines Fahrzeugs steckt. Doch wie bringt man einem Raspberry Pi, einem Arduino oder einem ESP-Modul das Sprechen bei?

## Reine Software-Lösungen

Per Software ist das problemlos möglich. Es gibt da inzwischen eine große Anzahl von Sprachausgabe-Lösungen. Die meisten davon sind zwar für den Raspberry Pi, denn in Linux (dem meistverwendeten Betriebssystem für den Raspi) gibt es sowas schon länger. Doch inzwischen hat die Open-Source-Gemeinde auch Arduinos und ESP8266 beziehungsweise ESP32 das Sprechen beigebracht.

Die Sprachausgabe ist, wenn man mal vom reinen Abspielen vorgefertigter Sprachaufnahmen absieht, eine recht aufwändige Sache. Es genügt nicht, den auszugebenden Text (beziehungsweise in Wörter umgewandelte Zahlen) Buchstabe für Buchstabe einzeln als jeweils kurzen Klang ertönen zu lassen. Dann bräuchte eine Sprachausgabe nur 26 verschiedene Klänge, die entsprechend der Buchstabenfolge auszugeben wären.

So einfach macht es uns die Sprache leider nicht. Der Laut eines Buchstaben beim Sprechen ist von vielem abhängig, zunächst vor allem von der jeweiligen Sprache. Innerhalb einer Sprache ist es dann zum Beispiel von Bedeutung, welche Buchstaben im Wort auf ein Zeichen folgen oder davor stehen. Nehmen wir mal das Wort *Gemeinde*. Das erste *e* wird auch wirklich so ausgesprochen. Das zweite steht vor einem *i* und wird daher wie ein *a* gesprochen. Das *e* am Ende schließlich ähnelt eher einem sehr kurz gesprochenen *ö*. Konsonanten können noch gemeiner sein, denken Sie nur an die

## Kurzinfo

- » Funktion der Sprachausgabe
- » Ausgabeprogramme für Raspberry Pi, Arduino und ESP8266/32
- » Beispielprojekte zum Nachbauen

## Checkliste



**Zeitaufwand:**  
2 Stunden



**Kosten:**  
15 bis 60 Euro

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

## Material

- » Arduino (zum Beispiel Uno) oder
- » ESP: NodeMCU oder NodeMCU32
- » Verstärkermodul 5V
- » Kleinlautsprecher 8 Ohm
- » Breadboard

## Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Zeitansage, Make 2/18, Seite 62
- » Kai Schade, Roboter Miracolo, Make-Sonderheft 2019, Seite 64

Aussprache von *h*, die sich drastisch durch ein vorangestelltes *sc* in *sch* ändert.

Dazu kommen noch Ausspracheänderungen durch die Stellung eines Wortes im Satz. Die letzte Silbe vor einem Satzende wird meist im Ton etwas abgesenkt, es sei denn, es handelt sich um eine Frage, wo der Ton dann eher angehoben wird. Und schließlich gibt es noch weibliche oder männliche Stimmen und zahlreiche Stimmlagen dazwischen.

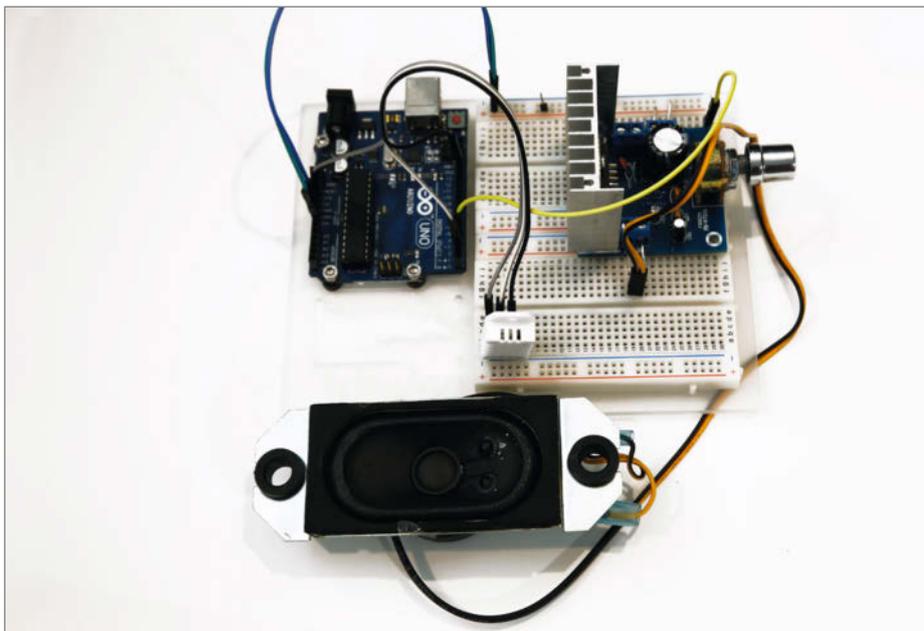
All dies und noch einiges mehr muss eine Software zur Sprachausgabe analysieren und die jeweils auszugebenden Klänge (Phoneme genannt) herausfinden. Das ist ein sehr re-

chenaufwändiger Prozess, insbesondere, wenn der Wortschatz uneingeschränkt und die Sprachqualität gut sein soll. Dazu braucht man mindestens einen Raspberry. Für Arduino und ESP muss man sich mit begrenzten Wortschätzen (bis zu einigen hundert Worten) und meist nur einer Sprache (englisch) begnügen.

Die auf die Analyse folgende eigentliche Klangausgabe hingegen ist einfach, da lediglich die in der jeweiligen Software enthaltenen Klangdaten für die Phoneme nacheinander in der zuvor errechneten Reihenfolge über eine Soundkarte beziehungsweise einen entsprechenden Chip oder einen Digital/Analogwand-



Solche Lautsprecher mit eingebautem Verstärker kosten nur wenige Euro und sind einfach an den Raspi anzuschließen.



Der Testaufbau unseres Temperatur-Warners. Hier wurde allerdings ein 12V-Verstärker benutzt.

ler ausgegeben und über Verstärker und Lautsprecher wiedergegeben werden müssen. Verstärker und Lautsprecher können aber die Klangqualität und damit die Verständlichkeit erheblich beeinflussen. Insbesondere die Lautsprecher werden eher zu Lautkrächzern, wenn sie ohne Gehäuse (wie bei unseren Testaufbauten) betrieben werden. Schon ein darüber gestülpter Becher mit passendem Durchmesser erhöht die Klangqualität erheblich.

### Leistungsstarke Online-Alternative

Die Analyse kann aber auch übers Internet an einen leistungsfähigeren Server ausgelagert werden, das heißt, der zu sprechende Text wird an ein Rechenzentrum gesendet (zum Beispiel bei Google), dort analysiert, die entsprechenden Phoneme zu einer Sounddatei (meist im MP3-Format) kombiniert und an den Absender zurückgeschickt. Dort genügt ein einfacher MP3-Player zur Wiedergabe. Vorteile der Online-Methode: Der Wortschatz ist nicht begrenzt und es stehen zahlreiche Sprachen und Stimmen zur Verfügung. Außerdem ist die Stimmqualität sehr gut. Nachteil: Der Datentransport zum Server und zurück braucht Zeit. Das kann beim Sprechen längerer Texte zu Sprechpausen führen. Bei einer schnellen Internet-Verbindung ist der Zeitverlust jedoch gering. Die meisten Anbieter begrenzen die kostenlose gewandelte Textmenge. Falls Sie mehr benötigen, fallen Kosten an.

### Sprachausgaben für Raspberry

Die folgenden Sprachausgabe-Pakete sind vom Wortschatz her nicht begrenzt. Das er-

fordert allerdings die Rechenleistung eines Raspberry Pi. Die Soundausgabe erfolgt über den auf dem System eingestellten Weg, also entweder über den HDMI-Ausgang und den Monitor oder den analogen Ausgang an der Klinkenbuchse. Empfehlenswert sind kleine, per USB stromversorgte Lautsprecherboxen, die an der Klinkenbuchse eingesteckt werden. Die gibt es schon für unter 10 Euro im Handel und bieten eine relativ gute Sprachqualität.

### eSpeak

Der Sprachsynthesizer *eSpeak* ist in den Repositories aller Linux-Distribution enthalten und dementsprechend einfach installierbar:

```
sudo apt-get install espeak
```

Die Software bringt über 50 Sprachen mit, einige davon auch noch in mehreren landesspezifischen Versionen, beispielsweise Portugiesisch in europäischer und brasilianischer Ausgabe. Die Aussprache klingt sehr roboterhaft, ist aber trotzdem gut verständlich. Mit weiteren Befehlsparametern kann nicht nur die Sprache, sondern auch die Geschwindigkeit, Lautstärke oder die Pausenlänge zwischen Wörtern feinjustiert werden. Satzzeichen werden meist korrekt berücksichtigt, beispielsweise bewirkt ein Fragezeichen am Satzende eine Tonerhöhung der letzten Silbe.

Der Befehl zur Sprachausgabe ist:

```
espeak -vde "Hier steht der Text."
```

Der Parameter *-v* gefolgt vom Länderkürzel *de* stellt *eSpeak* auf Deutsch ein. Der Text innerhalb der Anführungsstriche wird vorgelesen. Der Inhalt von reinen Textdateien kann aber auch verwendet werden. Der Befehl lautet dann:

```
espeak -vde -f Dateiname
```

Inzwischen gibt es ein neues Entwicklerteam, das den Nachfolger *eSpeak-NG* (Next Generation) auf Github betreut. Die Unterschiede zu *eSpeak* sind aber nicht groß, insbesondere ist der Befehlsaufbau gleich.

In eigenen Projekten kann *eSpeak* problemlos verwendet werden, solange die benutzte Programmiersprache den Aufruf von Linux-Befehlen ermöglicht. In Python sähe das zum Beispiel so aus:

```
os.system('espeak -vde -f text.txt')
```

### Festival

Auch *Festival* ist in den Software-Repositories der meisten Linux-Distribution enthalten und wird so installiert:

```
sudo apt-get install festival
```

*Festival* spricht von Haus aus britisches und amerikanisches Englisch, Walisisch, Russisch, Tschechisch, Finnisch, Italienisch und Spanisch. Weitere Sprachen, auch Deutsch, sind möglich. Allerdings muss *Festival* dazu aus dem Quelltext neu kompiliert werden, was wegen diverser Abhängigkeiten (zum Beispiel von älteren Compiler-Versionen) alles andere als einfach ist.

Die Sprachausgabe erfolgt mit

```
echo "Text" | festival --tts
```

Möchte man den Inhalt von Textdateien sprechen lassen, geht das so:

```
cat textdatei.txt | festival --tts
```

Die Sprachqualität ist ähnlich mechanisch wie bei *eSpeak*. Aufgrund der komplizierten Spracherweiterung ist *Festival* nicht für eigene Projekte zu empfehlen.

### Google Text to Speech

Dies ist die erste Online-Sprachausgabe: Der zu sprechende Text wird dazu trickreich an die Text-to-Speech-Funktion des Google-Übersetzers geschickt. Der schickt einen Soundstream zurück, den man dann von einem geeigneten Abspielprogramm (etwa *mplayer*) wiedergeben lassen kann. Die Sprachqualität ist dabei sehr gut. Es stehen alle Sprachen des Übersetzers zur Verfügung. Sehr gut: Eine Installation ist nicht erforderlich und es besteht auch keine Textlängenbegrenzung bei diesem Online-System.

Der Einbau in eigene Projekt ist einfach. Man definiert in einem Skript einen Sprachbefehl als Funktion, die die Umleitung über den Google-Server vornimmt. Danach ruft man lediglich diese Funktion mit dem zu sprechenden Text auf. Das Skript sähe das dann so wie im Listing *say.sh* aus. Ähnlich kann man es auch in Programmiersprachen wie Python bewerkstelligen. Der Parameter in der zweiten Zeile hinter *&t1=* bestimmt die Sprache.

## pico2wave-Installation

```
wget http://ftp.us.debian.org/debian/pool/non-free/s/svox/libtts-pico0_1.0+git20130326-9_armhf.deb
wget http://ftp.us.debian.org/debian/pool/non-free/s/svox/libtts-pico-utils_1.0+git20130326-9_armhf.deb
sudo apt-get install -f ./libtts-pico0_1.0+git20130326-9_armhf.deb ./libtts-pico-utils_1.0+git20130326-9_armhf.deb
```

## say.sh

```
#!/bin/bash
say() { local IFS=+;usr/bin/mplayer -ao alsa -really-quiet -noconsolecontrols "http://translate.google.com/translate_tts?ie=UTF-8&client=tw-ob&q=${*}&tl=de"; }
say $*
```

Aufgerufen wird es dann schlicht mit:

```
./say.sh "hier steht dann der Text"
```

### Pico Text to Speech

Die Installation dieser Sprachausgabe, die neben Englisch auch niederländisch, Italienisch, Französisch und Deutsch spricht, ist etwas komplizierter (siehe Listingkasten *pico2wave-Installation* oben auf dieser Seite). Die Befehlszeile lautet so:

```
pico2wave -l de-DE -w ausgabe.
```

```
wav "Hier steht dann der zu
sprechende Text" && aplay lookdave.
wav
```

Hinter dem Parameter `-l` wird in die Sprache angegeben (de-DE für Deutsch). Pico kann leider nicht direkt aus einer Datei lesen. Man kann sich aber mit einem kleinen Skript beispielsweise mit dem Namen *pico.sh* helfen.

```
#!/bin/bash
pico2wave -l de-DE -w ausgabe.wav $1
```

```
aplay ausgabe.wav
```

Ruft man dieses Skript dann mit

```
cat textdatei.txt | ./pico.sh
```

auf, wird der Inhalt der Datei *textdatei.txt* vorgelesen. Die Sprachqualität (weibliche Stimme) ist deutlich natürlicher als bei eSpeak, klingt aber etwas dumpf. Außer der Sprachwahl stehen keine weiteren Parameter zur Beeinflussung der Stimme zur Verfügung. Da scheint eSpeak die bessere Wahl zu sein.

## Für Maker & Bastler



C. Rattat

**CNC-Fräsen für Maker und Modellbauer**

Print: 32,90 €  
E-Book: 25,99 €  
ISBN 978-3-86490-752-4



M. Lukas

**Das 3D-Scanner-Praxisbuch**

Print: 34,90 €  
E-Book: 27,99 €  
ISBN 978-3-86490-640-4



L. S. Cline

**Fusion 360 für Maker**

Print: 32,90 €  
E-Book: 25,99 €  
ISBN 978-3-86490-621-3



C. Harnischmacher

**Heimwerken in der Fotografie**

Print: 34,90 €  
E-Book: 27,99 €  
ISBN 978-3-86490-800-2

# Arduino: Temperatur-Alarm

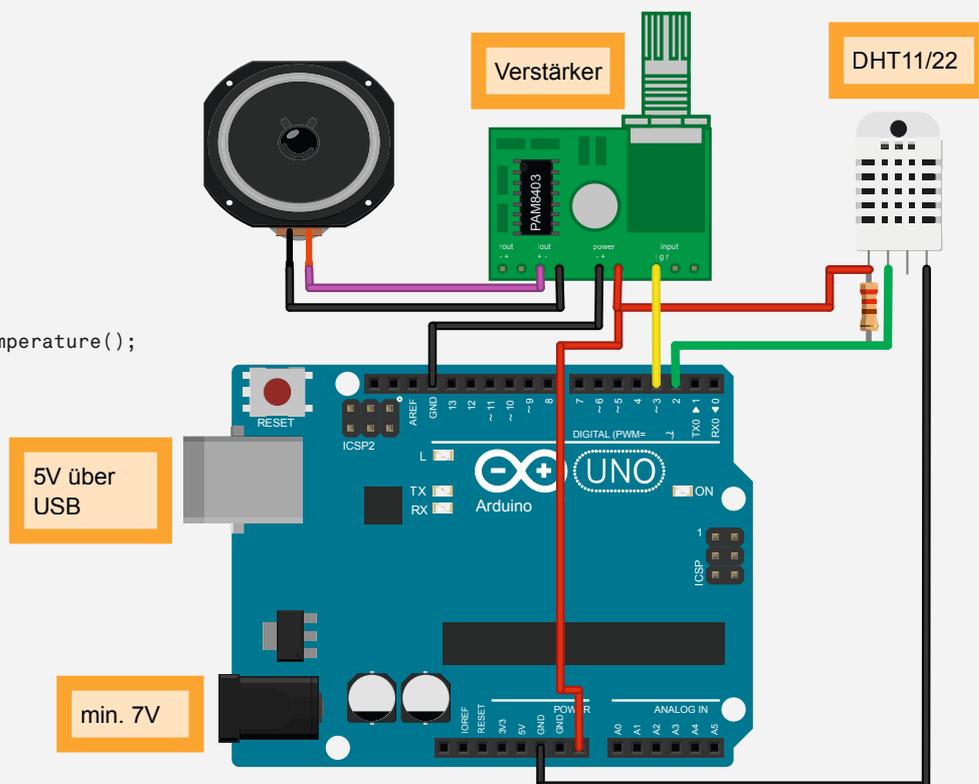
Dies ist das Schaltbild unseres sprechenden Temperaturwächters: Bei Überschreitung einer im Programm festgelegten Temperatur gibt er über den Lautsprecher eine akustische Warnung aus.

Das Programm dazu ist übersichtlich: Nach den üblichen Vorarbeiten wie Laden der Bibliotheken und Festlegen der Variablenwerte

durchläuft das Programm alle 5 Sekunden die Messroutine *dht.readTemperature*. Ist der damit gelesene Wert größer als *MAXTEMP*, spricht der Arduino über den an den PWM-Pin 3 angeschlossenen Verstärker *Danger Danger Red Alert Motor is on Fire*. Da hier die Sprachbibliothek *Vocab\_US\_Large.h* benutzt wird, kann man auf deren – allerdings sehr begrenzten – Wortschatz zurückgreifen.

```
#include <Arduino.h>
#include "DHT.h"
#include "Talkie.h"
#include "Vocab_US_Large.h"
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
#define MAXTEMP 29
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
Talkie voice;
void setup() {
  dht.begin();
}
void loop() {
  delay(5000);
  float Temperatur = dht.readTemperature();
  if(Temperatur > MAXTEMP)
  {
    voice.say(sp2_DANGER);
    voice.say(sp2_DANGER);
    voice.say(sp2_RED);
    voice.say(sp2_ALERT);
    voice.say(sp2_MOTOR);
    voice.say(sp2_IS);
    voice.say(sp2_ON);
    voice.say(sp2_FIRE);
  }
}
```

Der Temperaturwächter auf Arduinobasis. Die Stromversorgung erfolgt entweder über USB oder über die Stiftbuchse.



## PYTTXS3

Dies ist eine Python-Bibliothek, die direkt in eigene Projekte eingebaut werden kann, sofern die mit Python (2 oder 3) programmiert sind. Die Installation ist einfach:

```
pip install pyttxs3
```

In Python sieht dann die Sprachausgabe bei-

spielsweise so aus:

```
import pyttxs3
engine = pyttxs3.init()
engine.setProperty('voice', '\x05de')
engine.say("Hallo Leute")
engine.runAndWait()
```

PYTTXS3 greift dabei auf eSpeak zu, weshalb dies erstens installiert sein muss, dann aber auch zweitens alle seine Sprachen zur Verfügung stellt. Python-Puristen werden hiermit ihren Spaß haben. Für ungeübte ist vermutlich ein eSpeak-Aufruf einfacher. Der sähe dann nämlich in einem Python-Programm so aus:

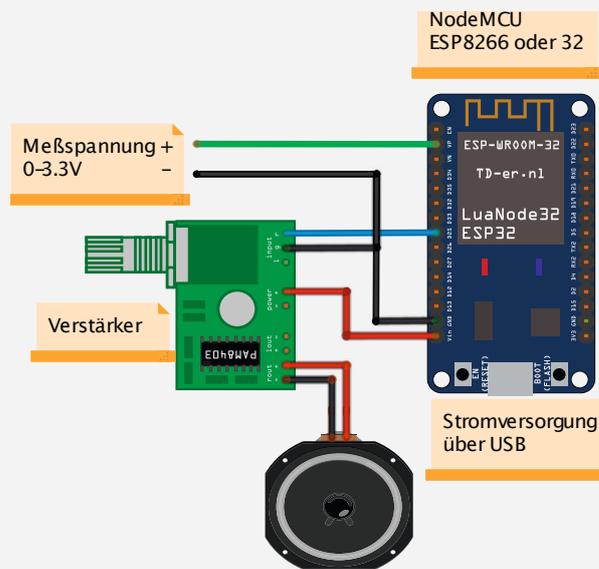
```
import os
```

# ESP8266/32: Sprechendes Voltmeter

Das Schaltbild mit einer NodeMCU ist sehr einfach:

Der Tonausgang liegt an Pin 25. Die Stromversorgung des 5V-Verstärkers erfolgt von der ESP-Platine aus. Als Eingang für die zu messende Spannung wird A0 (GPIO-Pin 36) verwendet. Da im ESP mehr Speicher zur Verfügung steht, kann man hier die Sounddaten für die zu sprechenden Zahlen im Programmcode ablegen. Auf diese Weise lässt sich der Wortschatz ganz den jeweiligen Ansprüchen anpassen. Leider ist der Sketch dadurch aber zum Abdrucken hier zu lang, er ist über den Kurzinfo-Link verfügbar und stammt vom Github-User *bobh*.

Zur Installation der Bibliothek entfernen Sie zunächst die Standard-Talkie-Bibliothek (im *libraries*-Ordner von Arduino). Laden Sie dann die neue Bibliothek *ESP32Talkie* als ZIP-Datei auf Ihren Computer. In der Arduino-IDE wählen Sie dann im Sketch-Menü den Punkt *Bibliothek einbinden* und dann *.ZIP-Bibliothek hinzufügen*. Schließlich stehen unter *Datei*, *Beispiele* und *Talkie* die Programmbeispiele bereit.



fritzing

```
os.system('espeak -vde "Hallo Leute"')
```

Da hat man die freie Wahl. Unterschiede bei der Sprachqualität gibt es nicht.

## Amazon Polly

Wie der Name schon vermuten lässt, ist dies eine an sich kostenpflichtige Online-Sprachausgabe, die aber auch einen von der Textmenge (5 Millionen Zeichen/Monat) her limitierten kostenlosen Zugang für die ersten 12 Monate ermöglicht. Sie stellt Ihnen Funktionen zur Verfügung, die in Python-Programmen eine Sprachausgabe ermöglicht. Doch der Weg dahin ist mühsam. Dazu ist ein Amazon-Account notwendig und darin wiederum ein Account zu Polly, einem Amazon Web Service, erreichbar unter *aws.amazon.com/de*. Unter *AWS-Konto erstellen* müssen Sie sich dann in einer 5-Schritt-Prozedur registrieren, die unter anderem eine Kreditkartennummer erfordert. Zur Verifizierung brauchen Sie außerdem eine Telefonnummer (Rückruf oder SMS) und von Ihrem Kreditkartenkonto wird ein Dollar abgebucht. Danach müssen Sie in *console.aws.amazon.com/aim* eine neue Gruppe und darin einen Benutzer anlegen. Daraufhin erhalten Sie eine Zugriffsschlüssel-ID sowie einen Zugriffsschlüssel.

Anschließend können Sie daran gehen, alle Software-Tools zu installieren, unter anderem die *awscli*, mit der man das Programmpaket konfiguriert, insbesondere geben Sie damit Ihre Zugangsdaten ein. Kurz gesagt: Wirklich aufwändig. Wenn es Sie interessiert: Anleitungen dazu finden Sie online.

Wer den langen Weg gegangen ist, wird dann aber mit einer sehr guten Sprachqualität be-

loht. Da sie aber nur gering über der von Google TTS liegt und der Service nach einem Jahr kostenpflichtig wird (4 Dollar/1 Mio. Zeichen), falls Sie ihn nicht kündigen, empfehle ich Google.

Damit kommen wir nun zu den Sprachausgaben für Arduino und ESP8266- und ESP32-Modulen.

## Talkie

Diese Sprachausgabe funktioniert auf Arduinos und ESP8266 beziehungsweise ESP32. Sie gehört zwar zu den Standard-Bibliotheken der Arduino-IDE, muss aber über den Bibliotheksmanager trotzdem nachinstalliert werden. Man bindet sie einfach per *include* in den Sketch ein. Beispiel-Sketches werden mitgeliefert.

Dazu gehört dann jeweils eine Sprachbibliothek, die es im Moment allerdings nur in Englisch gibt und deren Wortschatz sehr begrenzt ist. Wenn man wissen möchte, welche Worte enthalten sind, schaut man einfach in den Sourcecode der Sprach-Dateien im *libraries*-Verzeichnis der Arduino-IDE nach. Die beiden Beispiele für den Temperatur-Alarm (Kasten auf voriger Seite) sowie das sprechende Voltmeter (oben) benutzen Talkie, letzteres allerdings in einer speziell für ESP32 angepassten Version (Download über Kurzinfo-Link). Gesprochen werden Worte zum Beispiel durch

```
voice.say(sp2_DANGER);
```

Die Sprachqualität ist wohl am treffendsten als leicht krächzender Roboter beschrieben, aber durchaus verständlich. Ein 100nF-Kondensator in der Verbindung zwischen Arduino/ESP und Verstärker kann sie übrigens ein-

wenig verbessern, falls lästiges Knacken zwischen den gesprochenen Worten auftritt.

Insgesamt ist die Talkie-Qualität zwar gering, aber die Sprachausgabe ist einfach zu handhaben. Für einfache Alarm- oder Statusmeldungen ist es gut zu gebrauchen, als Vorlesegerät für Kinder oder Sehbehinderte aber keinesfalls zu verwenden. Da fehlt neben der Verständlichkeit vor allem der Wortschatz.

## jscrane/ TTS

Auch diese englische Sprachausgabe kommt in Form einer Bibliothek für die Arduino-IDE. Die Installation ist daher einfach. Sie ist für Arduinos und ESP8266/32 geeignet.

Immerhin: Der Wortschatz ist unbegrenzt. Die Sprachverständlichkeit ist allerdings an einem Standardverstärker so schlecht (besonders an einem Arduino, am ESP ist sie etwas besser), dass der Einsatz nicht lohnt. Im Github-Repository wird deshalb der Bauplan eines Verstärkers gezeigt, der im Eingang mit RC-Filtern den Klang verbessern kann.

## Fazit

Wer wirklich nur einfache kurze Meldungen aus einem sehr begrenzten Wortschatz braucht, der kann solche Projekte durchaus mit Arduinos oder ESP-Modulen verwirklichen. Anspruchsvolle Texte brauchen hingegen mindestens die Leistung eines Raspberrys Zero. Der kann, muss aber nicht, ohne Online-Verbindung und damit datengeschützt sprechen. —hgb

# ESP32CAM liest Wasseruhr

Dank neuronaler Netze kann eine ESP32CAM die Ziffern und Zeiger analoger Wasseruhren auslesen und digitalisieren. Wir zeigen, wie man sowas nachbaut und einrichtet.

von Josef Müller



In diesem Do-It-Yourself-Projekt möchte ich euch eine robuste und einfach umsetzbare Möglichkeit zeigen, wie ihr den Zählerstand eures Wasserzählers an die Hausautomation und eure Datenerfassung anschließen könnt. Im Laufe der Jahre habe ich in meinem analogen Haus immer mehr Sensoren und Steuerungen eingesetzt und zum Beispiel aufgrund der Daten der Photovoltaikanlage die Rollläden wetterabhängig gesteuert.

Ein Messwert hatte sich jedoch in der Vergangenheit hartnäckig gegen seine Erfassung widersetzt: der Wasserverbrauch. Verschiedenste Versuche, unter anderem mit Reflexlichtschranken, waren nicht sehr zuverlässig oder langlebig. Erst ein neuer Ansatz über Bildverarbeitung, der quasi dem menschlichen Sehen nachempfunden ist, hat letztendlich bei meinem voll analogen Zähler zum Erfolg geführt.

In Bild 1 ist die Idee skizziert. Über eine leicht anpassbare Halterung nimmt eine Kamera ein Bild des Wasserzählers auf. Eine vorgegebene Referenzstruktur hilft beim Ausrichten der Kamera beziehungsweise des Bildes. Anschließend wird das Bild in die Ziffern und Zeiger zerlegt. Die Digitalisierung findet über integrierte neuronale Netze statt, die zuvor auf einem anderen System mit vielen Bildern von Ziffern und Zahlen trainiert wurden.

Da die neuronalen Netze sehr flexibel trainiert wurden, kann die Erkennung mit Zählern unterschiedlicher Bauart zurecht kommen und Ziffern und Zeiger trotz verschiedener Farben und Größen erkennen. Man muss also kein eigenes Netz mehr trainieren, sondern kann das fertige benutzen. Bild 2 zeigt einige Beispiele für Ziffern und Zeiger, die problemlos erkannt werden. Neue Ziffern und Zeiger lassen sich auch recht einfach ergänzen.

### Systemüberblick

Die Idee zur jetzigen Version ist entstanden, als ich zum einen die günstige Kombination eines ESP32 mit einer Kamera in Form des ESP32CAM-Moduls und zum anderen die Ergän-

## Kurzinfo

- » Neuronales Netz erkennt analoge Ziffern und Zeiger und wandelt Werte in digitale Daten um
- » Montage der ESP32CAM auf der Wasseruhr
- » Ausrichten und Kalibrieren der Kamerabilder

### Checkliste

- Zeitaufwand:**  
2 Stunden ohne 3D-Druck
- Kosten:**  
25 Euro
- Programmieren:**  
Python mit esptool

### Werkzeug

- » Lötkolben
- » 3D-Drucker

---

### Material

- » ESP32CAM
- » FTDI-Adapter
- » SD-Karte (max. 16GB)
- » MicroUSB-Buchse
- » Raspberry Pi 3 oder 4
- » PLA-Filament

### Mehr zum Thema

- » Daniel Bachfeld, Einstieg in KI, Make 6/18, S. 36
- » Daniel Bachfeld, Intelligente Webcam für 5 Euro, Make 1/20, S. 28

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x9hb](https://make-magazin.de/x9hb)

zung der Google Bibliothek *TensorFlow* um *TFlite* entdeckt habe. Diese Ergänzung macht das sogenannte *Inferencing* mittels neuronaler Netze direkt auf Mikrocontrollern möglich.

Das System besteht aus einer Hardware- und einer Softwarekomponente. Die Hardware dient vor allem dazu, ein reproduzierbares Bild aufzunehmen. Die Flexibilität der Zählererkennung liegt vor allem in der Software. Die Rechenpower des Zweikernprozessors vom Tensilica-Prozessor des ESP32 ermöglicht es, mehrere Prozesse parallel ablaufen zu lassen 3. Die Bildverarbeitung läuft immer wieder zyklisch ab und ermittelt laufend den aktuellen Zählerstand. Ein integrierter HTTP-Server erlaubt die Konfiguration des Systems per WLAN auch nach dem Einbau und

ein MQTT-Client sendet den Zählerstand auf Wunsch an einen MQTT-Broker.

Ein bisschen Hintergrund für Interessierte: Anders als bei der vielen Lesern bereits bekannten Programmierung des ESP32 per Arduino-IDE habe ich meine Firmware mit der *ESP-IDF* erstellt, also der Entwicklungsumgebung des Herstellers *Espressif*. Das Betriebssystem ist *FreeRTOS*, das Multitasking mit Parallelprozessen ermöglicht. Doch keine Angst, ich stelle die bereits fertig übersetzte Firmware bereit, sodass man keine IDE installieren muss.

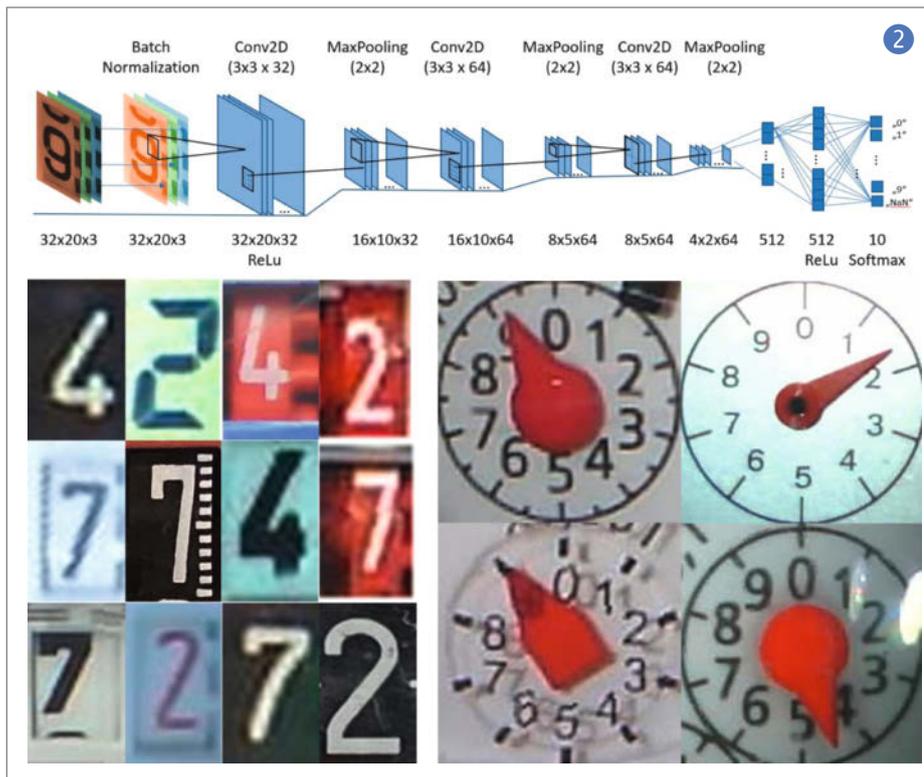
Die Bildverarbeitung im ESP32 ist verglichen mit Smartphones und PCs vergleichsweise langsam. Der Zählerstand lässt sich aber alle zwei bis vier Minuten ermitteln. Für die meisten Anwendungen sollte dies ausreichen.

The diagram illustrates the system workflow in five stages:

- Mechanische Befestigung:** Shows the physical assembly of the camera on the water meter.
- Bildaufnahme:** Shows the camera capturing an image of the water meter dial.
- Alignment / zerlegen:** Shows the image being processed into individual digits (0, 6, 7) and pointers.
- OCR (Analog zu Digital):** Shows the digits being recognized and converted into a digital string (067 and 0022).
- Datenbank Hausautomation:** Shows the final digital value (67.0022 m³) being stored in a database for home automation.

© Copyright by Maker Media GmbH.

Make: 2/2021 | 15



Die Details zur Bildverarbeitung und den neuronalen Netzen in TensorFlow würden den Rahmen dieses Artikels sprengen. Details finden sich auch auf meiner Projektseite im Internet (siehe Link in der Kurzinfo).

### Hardware

Die Hardware ist in zwei Teile aufgeteilt: zum einen die Befestigung auf dem Wasserzähler und zum anderen ein Gehäuse für das ESP-

32CAM-Modul inklusive Anschluss für die Stromversorgung **4**. Für alle Komponenten gibt es STL-Dateien auf, sodass sie auf einem 3D-Drucker selbst hergestellt und auch an die eigenen Bedürfnisse angepasst werden können.

Idealerweise druckt man die Befestigung und den Boden der ESP32-Halterung in undurchsichtigem schwarzem Material. Dann kann später kein Umgebungslicht das Bild beeinflussen oder zusätzliche Reflexionen erzeugen. Den Deckel auf dem ESP32CAM-Modul habe ich transparent gedruckt. Dann kann man später noch die interne LED erkennen, die gewisse Statusänderungen, insbesondere beim Verbindungsaufbau, signalisiert (WLAN-Verbindung, Bildaufnahme). Die genaue Befestigung hängt natürlich vom Zähler ab. In den verschiedenen Foren zum Projekt gibt es mittlerweile sehr kreative Ansätze mit Hilfe von Chipsdosen, Plastikrohren oder schlicht einer Pappschachtel.

### Halterung am Wasserzähler

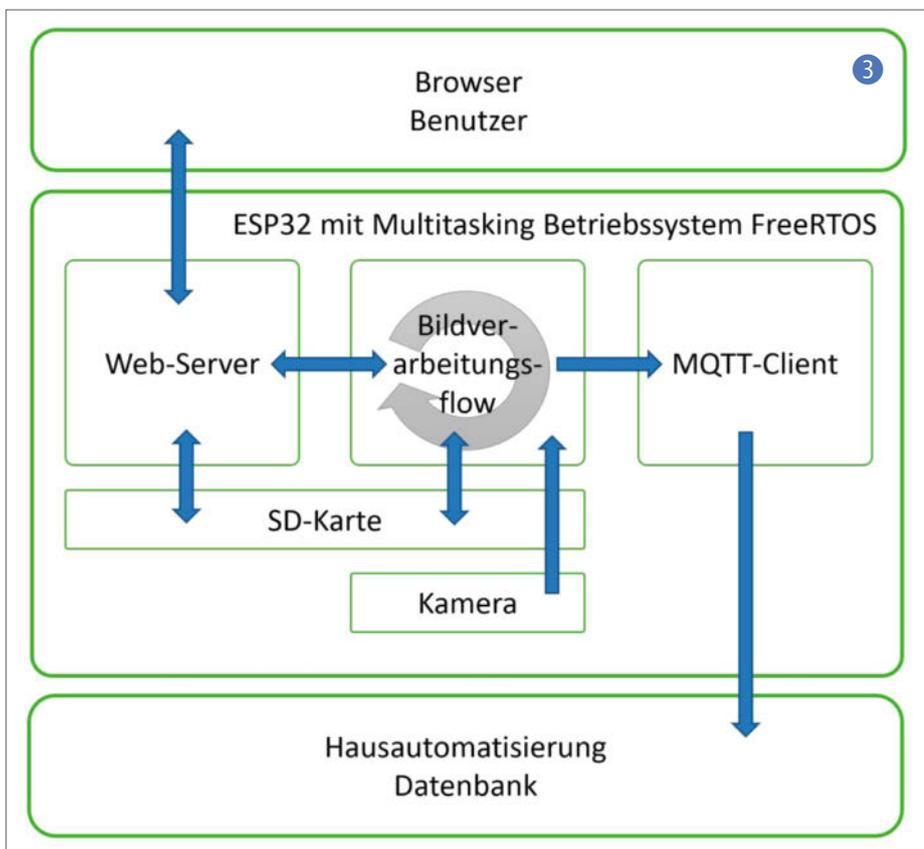
Der Abstand zwischen Kamera und Oberfläche eines typischen Wasserzählers sollte circa 8cm betragen. Dann wird das Kamerabild durch den Wasserzähler vollflächig ausgefüllt. Die Halterung besteht aus Aufsatzring, Tubus (zweiteilig) und Deckel mit einer Aussparung und Clipshalterung für das ESP32CAM-Modul-Gehäuse. Der Aufsatzring wird einfach auf den Wasserzähler aufgesteckt. Falls dieser einen Deckel hat, muss man den eventuell aussparen oder abmontieren. An dieser Stelle kann man bei Bedarf das 3D-Model an die Gegebenheiten des Wasserzählers anpassen. Die beiden Tubusteile und der Deckel werden über einen Bajonettverschluss miteinander verbunden.

Egal, welche Art von Befestigung ihr wählt, wichtig ist hier vor allem, dass später ein reproduzierbares Bild aufgenommen wird und die Position der Kamera über dem Zähler (Höhe und Orientierung) unverändert bleibt.

### ESP32-Halterung

Das ESP32CAM-Modul ist in einer gesonderten Halterung untergebracht. Das Modul selbst kann man in Fernost für weniger als 10 Euro bekommen. Es besteht aus einer kompakten Kombination von ESP32, SD-Kartenleser, PSRAM, OV2640-Kamera und einer zusätzlichen Weißlicht-LED als integrierte Beleuchtung. Da das Modul jedoch keinen USB-Anschluss mitbringt, muss man die Stromversorgung über die entsprechenden PINs selbst sicherstellen. Ich rate zu einer Versorgung mit stabilen 5V.

Im Betrieb selbst benötigt man später nur noch die Stromversorgung. Alles andere wird



über die WLAN-Schnittstelle gesteuert. Auch spätere Firmware-Updates können über die Benutzeroberfläche eingespielt werden.

Lediglich die allererste Firmware muss über einen externen FTDI-Adapter manuell geflasht werden. Wie man den anschließt, zeigt Bild 5. Ich habe das so gelöst, dass ich über einen Micro-USB-Anschluss die Stromversorgung aus einem USB-Netzteil ziehe (GND, 5V). Das hat den Vorteil, dass ich zur Stromversorgung jedes beliebige USB-Netzteil verwenden kann. Auf die Pins, die zum Flashen notwendig sind, habe ich eine Stiftleiste aufgelötet. Das Gehäuse hat dort eine Aussparung, so dass man später auch von außen die Pins noch gut kontaktieren kann.

Die USB-Buchse sitzt auf einer Platine, die wiederum auf einem Plastikhalter befestigt und im Gehäuse platziert wird. Damit man auch den Reset-Taster erreicht, hat das Gehäuse dort ein Loch. Dort kann man einfach ein ca. 10mm lange Stück Filament (1,75mm Durchmesser) verwenden. Wenn man es an einem Ende abflacht, kann es auch nicht herausfallen. Im Gehäuse ist eine Aussparung für die Micro-SD-Karte frei gelassen, sodass man diese jederzeit entnehmen kann.

### Kamerafokus

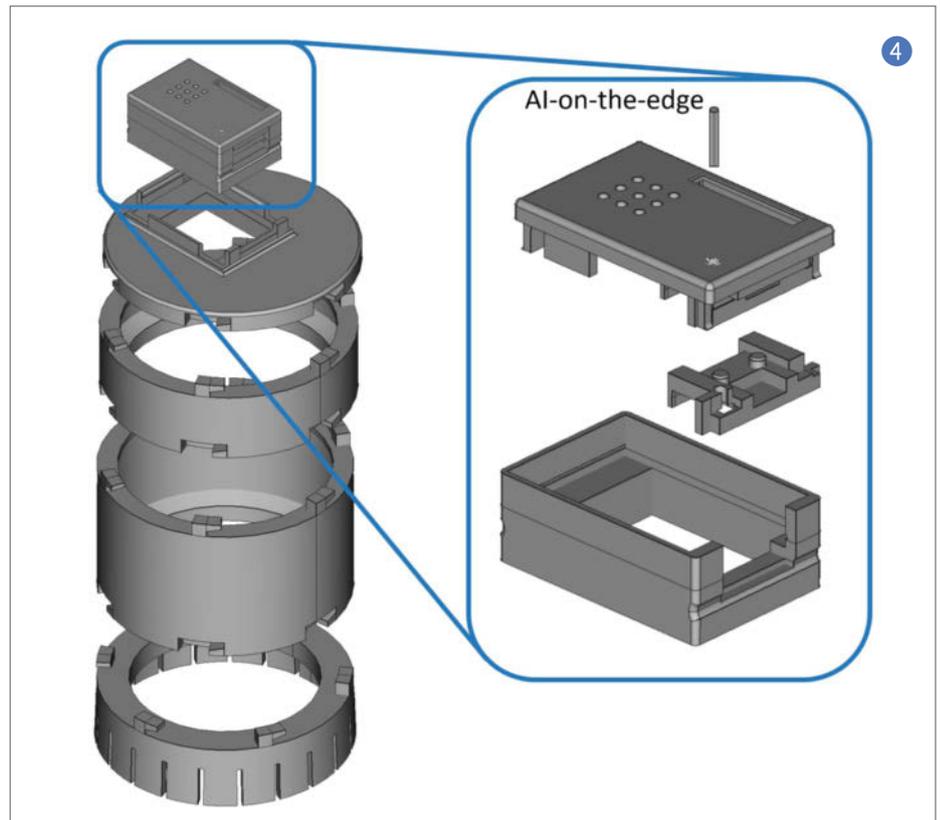
Die im ESP32CAM-Modul verbaute Kamera ist auf eine Tiefenschärfe von rund 40cm bis unendlich eingestellt. Da der Tubus mit 40cm sehr lang wäre und das Bild des Wasserzählers auf diese Entfernung auch sehr klein wird, passt man die Linse der Kamera besser an einen kurzen Abstand an 6. Das ist etwas diffizil und man verliert dabei vermutlich die Garantie – aus meiner Sicht aber bei dem geringen Preis verschmerzbar.

Die Schärfe wird über ein Feingewinde an der Objektivlinse eingestellt. Ein Tropfen Siegellack verhindert ein versehentliches Verdrehen. Dieser muss daher vorsichtig mit einem feinen Messer oder Schraubendreher gelöst werden. Dann kann die Linse mit einer kleinen Zange oder ähnlichem gedreht werden. Die eigentliche Justage erfolgt anhand des Kamerabilds nach der ersten Inbetriebnahme.

### Firmware

Die Firmware kann direkt aus Entwicklungsumgebungen wie PlatformIO oder ESP-IDF geflasht werden. Da die Konfiguration aber je nach System unterschiedlich ist, beschreibe ich nachfolgend das Flashen der fertig kompilierten Firmwaredateien über eine Python-Umgebung.

Das funktioniert bei unterschiedlichen Betriebssystemen sehr ähnlich (Windows mit Anaconda, Ubuntu, ...). Hier zeige ich die Schritte am Beispiel eines Raspberry Pi. Auf diesem ist Python schon installiert und es sind

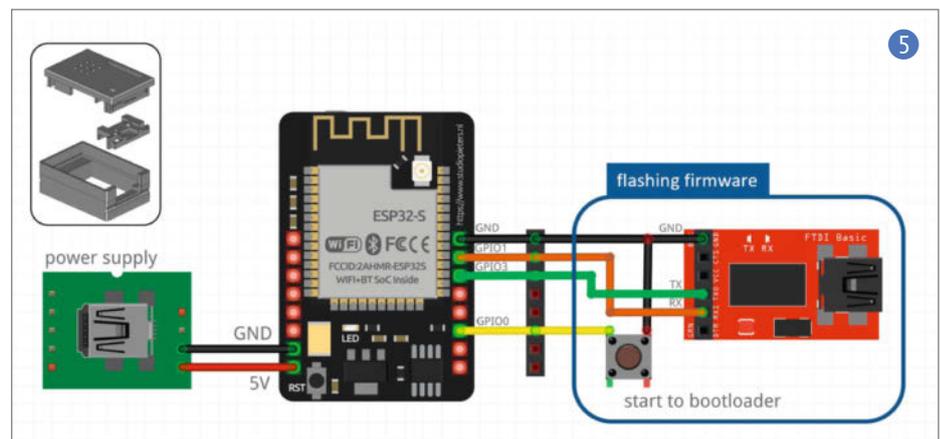


nur noch wenige Schritte notwendig. Zum Schreiben der Firmware verwendet man am einfachsten das Python-Tool `esptool`. Dieses kann mit in einem Terminal in Raspberry leicht nachinstalliert werden (Befehl 1 in Kasten „Installation der Firmware“).

Die Firmware des ESP32 besteht aus drei Dateien: `bootloader.bin`, `partitions.bin` und `firmware.bin`. Der Bootloader und die Partitionstabelle müssen nur einmalig geflasht werden. Bei späteren Updates reicht es, nur die Firmware in den Flash-Speicher zu übertragen. Die Dateien müssen zunächst aus dem GitHub-Repository `AI-on-the-edge-device` heruntergeladen werden, am besten über den Befehl 2 (Kasten „Installation der Firmware“).

Ansonsten lädt man die Dateien als ZIP-Archiv von GitHub (siehe Link) und entpackt sie. Egal, welchen Weg man genommen hat, man sollte nun das Verzeichnis `AI-on-the-edge-device` sehen und mit dem Befehl `cd` dorthin wechseln.

Vor dem Aufspielen der Firmware sollte sicherheitshalber der Speicher der ESP32CAM komplett gelöscht werden. Dazu muss der ESP32 über die Verbindung von GPIO0 mit Masse (GND) während des Bootvorgangs in den Downloadmodus gebracht werden. Im Schaltbild ist dies durch den Taster realisiert. Anschließend initiiert man mit Befehl 4 den Löschvorgang – er dauert nur wenige Sekunden.



## Installation der Firmware

1. `sudo pip install esptool`
2. `git clone https://github.com/jomjol/AI-on-the-edge-device.git`
3. `cd AI-on-the-edge-device/firmware`
4. `esptool erase_flash`
5. `esptool write_flash 0x01000 bootloader.bin 0x08000 partitions.bin 0x10000 firmware.bin`



Jetzt wechselt man in das Verzeichnis *firmware*, in dem die drei Dateien liegen und gibt Befehl 5 ein. Die Firmware, der Bootloader und Partitionstabelle sind nun übertragen und ge-

flasht und der ESP32 benötigt zum ersten Start nur noch die SD-Karte.

### SD-Karte

Die SD-Karte dient als Speicher für die Konfiguration, als Dateiablage für den Webserver, als Ablage für Logfiles und als Arbeitsverzeichnis für die Bildverarbeitung. Die Dateistruktur und die Grundkonfiguration muss vor dem ersten Start eingespielt werden. Dazu muss eine leere SD-Karte (max. 16GByte) mit dem Inhalt des Unterverzeichnisses *sd-card* bespielt werden.

Die WLAN-Zugangsdaten müssen in der Datei *wlan.ini* im Hauptverzeichnis der SD-Karte eingetragen werden. Dies ist die einzige Datei, die nachher nicht per HTTP-Fileserver zugänglich ist (rudimentärer Schutz des WLAN-Passwortes). Damit ist jetzt auch die Softwarekonfiguration abgeschlossen. Die SD-Karte wird eingesetzt und dem ersten Start steht nichts mehr im Weg.

### Webinterface

Nachdem der ESP32 mit Strom versorgt wurde, startet er automatisch und wird sich zuerst mit dem WLAN verbinden. Die Startsequenz kann anhand der roten LED auf der Oberseite verfolgt werden. Nach einem kurzen Blinken wird eine erfolgreiche Verbindung durch dreimaliges, langsames Blinken angezeigt. Anschließend wird ein erstes Bild aufgenommen. Das wird durch ein 5 Sekunden langes Leuchten der LED während der Aufnahme angezeigt. Sollte die Verbindung nicht zustande kommen, sollte man neben den WLAN-Parametern auch die Signalstärke prüfen, die manchmal in Kellern sehr schwach sein kann.

Über den Router oder die serielle Schnittstelle (Monitor am FTDI-Anschluss) findet man die IP-Adresse und schon kann man über einen Webbrowser direkt darauf zugreifen. Standardmäßig wird als Hostname *watermeter* gesetzt, sodass der ESP32 auch über *http://*

7

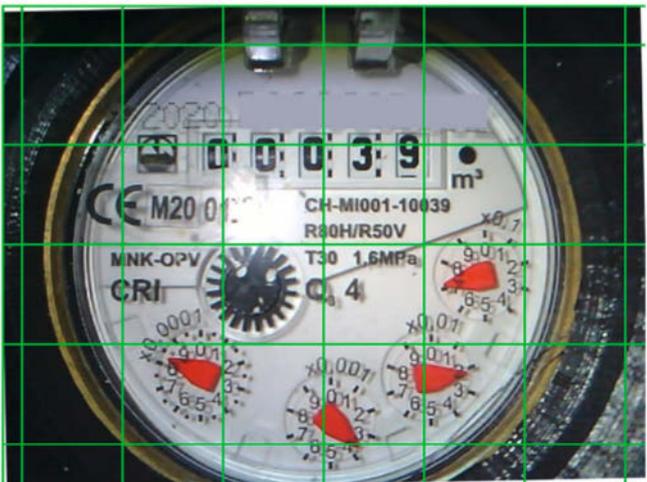
### Create Reference out of Raw Image

Show Actual Reference
Create New Reference
New Raw Image (raw.jpg)

Mirror Image:

Pre-rotate Angle:  Degrees

Fine Alignment:  Degrees



Update Reference Image

8

### Define Alignment Structure in Reference Image



Select Reference: Reference 1 Storage Path/Name: /config/ref1.jpg

x:  dx:

y:  dy:

Original Image:  Reference Image: 

Save to Config.ini
Update Reference
Enhance Contrast

watermeter erreichbar sollte. Per Default-Konfiguration geht der ESP32 in einen initialen Setup-Modus, wenn das Webinterface das erste Mal aufgerufen wird.

## Konfiguration

Im initialen Setup-Modus wird man durch die notwendigen Schritte zum Einrichten der Kamera geleitet. Damit die Konfiguration leichter fällt, gebe ich zunächst einen kurzen Überblick über die Idee hinter dem Ablauf, bevor Detailinformationen zu den einzelnen Schritten folgen.

Grundsätzlich könnte man auf einem aufgenommenen Kamerabild die Zeiger und Zähler markieren und anschließend kann der Erkennungsalgorithmus das Bild entsprechend zerlegen und die Erkennung durchführen. Genau das passiert auch, aber erst in einem zweiten Schritt. Denn der Nachteil dieses sehr einfachen Verfahrens ist es, dass es sehr empfindlich gegenüber kleinsten Verschiebungen der Kameraposition ist, zum Beispiel wenn man die Halterung für eine Kontrolle abnehmen muss oder man mal am Kabel wackelt. Das wäre sehr anfällig und mit einem hohen Wartungsaufwand (häufige Korrektur der Konfiguration) verbunden.

Daher ist vor dem Ausschneiden der Ziffern und Zähler noch ein Algorithmus zum Ausrichten des Kamerabildes vorgeschaltet. Dieser kann typische Verschiebungen und Verdrehungen, wie sie beim Abnehmen und wieder Aufsetzen der Halterung vorkommen, automatisch korrigieren, ohne dass jedes Mal die Positionen der Ziffern und Zeiger neu markiert werden müssen.

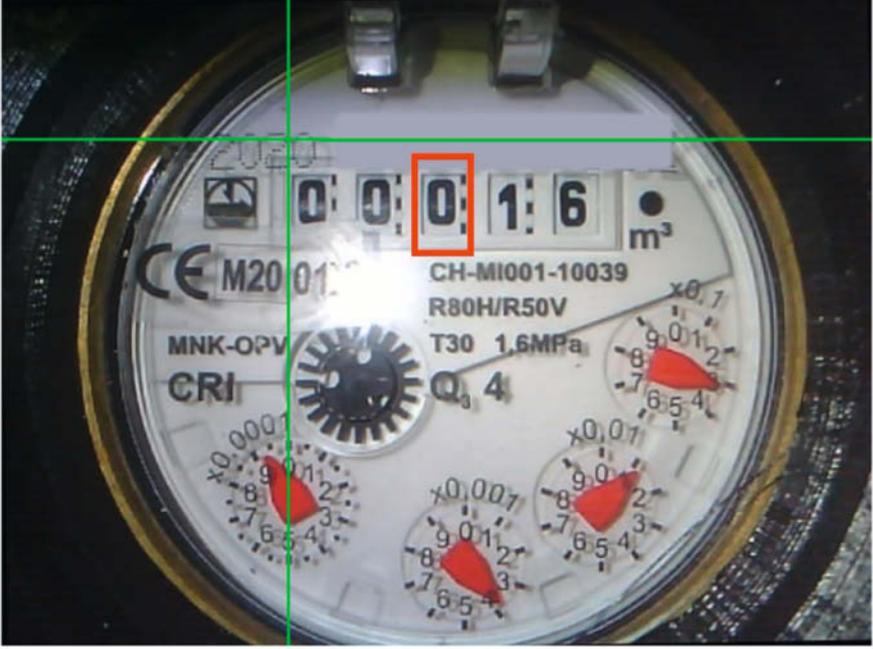
Dieser Algorithmus basiert auf dem Prinzip eines Referenzbildes mit eindeutigen Positionsreferenzen. Diese Referenzen werden später auf dem frisch aufgenommenen Kamerabild gesucht und damit die Koordinaten umgerechnet. Das resultiert in einem sehr stabilen Gesamtalgorithmus.

Die Konfiguration besteht aus fünf Schritten, die im Nachfolgenden erklärt werden. Nachdem man diese durchlaufen hat, wird der ESP32 neu gestartet und erkennt fortan den Zählerstand.

## Referenzbild erstellen

Wie oben beschrieben, dient das Referenzbild zur Bildausrichtung und Markierung der Ziffern und Zeiger. Dies ist auch der erste Schritt im Setup. Ihm kommt eine besondere Bedeutung zu und man sollte diesen Schritt sehr gewissenhaft durchführen. Ziel ist es, ein scharfes und optimal ausgerichtetes Bild zu bekommen. Letzteres bedeutet, dass die Ziffern und Zeiger nicht verdreht sind, sondern exakt ausgerichtet sind. Dazu werden auch Hilfslinien im Bild eingeblendet [7](#).

### Edit Digits 9



New ROI (after current) Delete ROI

ROI 1 ▼

Name: digit1 move Next move Previous

x: 306 dx: 37

y: 120 dy: 67 Lock aspect ratio

Save all to Config.ini

Zunächst wird noch das auf der SD-Karte gespeicherte Dummy-Referenzbild der Default-Konfiguration angezeigt. Das Erstellen einer angepassten Referenz wird durch den Button *Create New Reference* gestartet. Jetzt wird das neu aufgenommene Kamerabild angezeigt und man kann über die Winkeleinstellungen (Grob- und Feinjustage) eine exakte Ausrichtung erreichen.

Wenn das Bild noch nicht perfekt scharf ist, sollte man das Objektiv jetzt justieren. Dazu muss man die Halterung entfernen und die Objektivlinse drehen (typischerweise reindrehen) und kann nach dem Aufsetzen der Halterung über *Take Image* das Kamerabild aktualisieren und die Bildscharfe kontrollieren.

Ein wichtiger Aspekt für die Ausrichtung sind Reflexionen. Je nach Wasserzähler können diese ungünstig über einer Ziffer oder einem Zeiger liegen. Dann hilft es, wenn man die Halterung verdreht, sodass die Reflexion an einer unkritischen Stelle ist. Die Drehung kann man dann über die Softwareeinstellungen wieder korrigieren. Manchmal hilft es auch, an der Stelle der Reflexion ein Stück

schwarzen Stoff oder Pappe auf das Zählerglas zu kleben.

Erst wenn Schärfe und Position der Halterung final festgelegt sind und das Bild gerade ausgerichtet ist, sollte man die Einstellungen über *Update Reference Image* speichern. Dieses Referenzbild ist dann die Basis für die folgenden Einstellungen.

## Bildreferenzen definieren

Im nächsten Schritt wird definiert, anhand welcher Strukturen später das einzelne aufgenommene Bild ausgerichtet wird. Für die Korrektur von Versatz und Verdrehung sind zwei Referenzen notwendig. Es ist wichtig, hier nicht zu große, aber doch eindeutige Strukturen auszuwählen. Die Referenzen sollten möglichst gegenüber liegen. Bei meinem Zähler habe ich gute Erfahrungen mit der Schrift *m³* und dem Schriftzug *CRI* gemacht.

Man sieht in diesem Schritt das eben erzeugte Referenzbild und kann entweder über die Koordinaten im Textfeld oder über die Maus (Ecke markieren, Maustaste gedrückt halten und ziehen) die Referenz markieren [8](#).

## Digitizer - AI on the edge

An ESP32 all inclusive neural network recognition system for meter digitalization

Overview
Configuration
Recognition
File Server
System



<b>Raw Value:</b>
038.5975
<b>Corrected Value:</b>
38.5975
<b>Checked Value:</b>
38.5975
<b>Start Time:</b>
20201118-075416
Last Page Refresh 06:57:39

hier jetzt unter dem dementsprechenden Abschnitt die notwendigen Einträge vornehmen. Alle Einstellungen sind nachher auch über die ganz normalen Menüs zugänglich und lassen sich dort jederzeit anpassen. Zu beachten ist, dass ein Update der Parameter immer einen Neustart erfordert, damit die Änderungen auch korrekt übernommen werden. Dies wird auf der letzten Seite des Setups initiiert. Dort wird gleichzeitig auch noch der initiale Setup-Modus deaktiviert. Nach dem Reboot gelangt man jetzt direkt auf die Ergebnisseite, wo das aktuelle Bild und die ausgelesenen Werte angezeigt werden. Eventuell ist ein manueller Reload der Seite nach 10 bis 20 Sekunden notwendig. Das Auslesen des Zählerstandes startet nun automatisch und dauert ca. zwei bis vier Minuten. Solange muss man also Geduld haben, bis bei *Raw Value* ein sinnvoller Wert erscheint <sup>10</sup>.

### Ziel erreicht

Damit kann man jetzt den Zählerstand jederzeit abfragen. Neben der Anzeige auf der zentralen HTTP-Seite gibt es vor allem zwei Möglichkeiten, die Daten abzufragen: Zum einen können die aktuellen Ergebnisse über eine http-URL abgefragt werden und dann über einen Parser weiterverarbeitet werden. Die URL lautet:

`http://IP-ADRESSE/wasserzaehler.html`

Sowohl die Firmware wie auch die HTML-Seiten sind nach wie vor in der Weiterentwicklung auf Github durch eine aktive Community. Neben der Fehlerkontrolle wird der Algorithmus auch stetig verbessert und erweitert. Damit man bei einem Update nicht jedes Mal den ESP32 ausbauen muss, ist ein Over-The-Air-Update (OTA-Update) sowohl für die Firmware wie auch für den HTML-Server implementiert. Die neuen Dateien findet man auf Github immer im Verzeichnis *firmware* auf der Projektseite. Sie können über den Menüpunkt *System OTA Update* auf die ESP32CAM hochgeladen und installiert werden <sup>11</sup>.

Im Prinzip reicht die *Datei firmware.bin*, für ein Update der HTML-Seiten lädt man *html.zip* hoch. Letztere enthält eine gezippte Version des Verzeichnisses */html*. Nach dem Upload kann man die Firmware flashen bzw. die Dateien des HTTP-Servers austauschen. Im Zweifelsfall sollten immer beide Dateien ausgetauscht werden, da die Funktionen voneinander abhängig sind. Das Hochladen und auch der Austausch können einige Zeit dauern. Damit dann die Änderungen aktiv sind, ist noch ein Reboot notwendig. Unter *System Info* kann man die aktuelle Version ablesen.

So – und nun viel Spaß beim Nachbauen und Ablesen des Wasserzählerstandes oder eines anderen Zählers, der aus Ziffern und/oder Zeigern besteht! —*dab*

Erst mit dem Button *Update Reference* wird der Bildausschnitt ausgewählt und das Referenzbild wird aktualisiert. Zwischen den beiden Referenzen kann über das Drop-Down Menü gewechselt werden. Erst durch den Schalter *Save to Config.ini* werden die Änderungen für beide Referenzen in die Konfiguration übernommen. Jetzt fehlt eigentlich nur noch die Markierung der Ziffern und Zeiger.

### Markierung von Ziffern und Zeiger

Die Definition der Ziffern und Zeiger erfolgt auch über eine grafische Benutzeroberfläche sehr ähnlich zu den Referenzen. Zunächst werden im Setup-Menü die Ziffern und im nächsten Schritt die Zeiger markiert. Beides ist sehr ähnlich, so dass ich es hier am Beispiel der Ziffern erkläre.

Man sieht auch in diesem Schritt zunächst das Referenzbild und die Markierung für die erste Ziffer (auch *Region-Of-Interest* = ROI genannt) <sup>9</sup>. Die zu bearbeitende Ziffer wird auch hier über ein Drop-Down-Menü ausgewählt und kann dann genauso wie schon die Referenzen mittels Maus oder direkter Eingabe der Koordinaten bearbeitet werden. Im Unterschied zu vorher können nun jedoch weitere ROIs erzeugt oder auch wieder gelöscht werden, um die Erkennung an die Anzahl der Ziffern bzw. Zeiger anzupassen.

Hier spielt die Reihenfolge eine wichtige Rolle. Sie definiert die Ordnung, in denen anschließend die einzelnen Ziffern zum Zählerstand zusammengesetzt wird. Daher kann sie über *move Next / move Previous* verändert werden. Auch hier gilt: erst durch *Save all to Config.ini* werden die Änderungen übernommen und abgespeichert.

### Allgemeine Konfigurationsparameter

Im letzten Schritt können nun noch weitere Konfigurationsparameter eingestellt werden. Eine Tabelle im Github-Wiki führt alle Parameter mit den Werten und jeweils einer kurzen Erklärung auf. Es kann zwischen normalem und Expertenmodus gewechselt werden. Für den ersten Versuch würde ich jedoch empfehlen, die Grundeinstellungen erstmal zu übernehmen. Im Wesentlichen sind die typischen Korrekturalgorithmen sinnvoll eingestellt.

Falls man den Zählerstand automatisch an einen MQTT-Broker übertragen will, kann man

**It is strongly recommended to update firmware and content of /html directory on SD-card at the same time!** <sup>11</sup>

#### 1. Firmware Update

Select the firmware file:  Keine Datei ausgewählt.

Set path on server:

(Takes about 60s)

#### 2. Update "/html" directory

Select the zipped /html content:  Keine Datei ausgewählt.

Set path on server:

#### 3. Reboot

## ELEKTRONIK / ZUBEHÖR



**Code Mercenaries**  
Hard- und Software GmbH

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

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

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

## MIKROCONTROLLER



[christiani.de/arduino-education](http://christiani.de/arduino-education)

**Arduino® Education – bietet ein durchgängiges Lernkonzept mit Soft-, Hardware und Support**

Leichter Einstieg in die Elektronik und Programmierung mit spannenden Projekten

- Inkl. Online Lernplattform mit verschiedenen didaktischen Unterrichtseinheiten
- Vermittlung der 21st Century Skills

**Christiani**

seit 1931

## 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)

## LED-LÖSUNGEN



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

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

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

## EDUCATION

# HBK ES SEN

**Inspirationstraining  
Digitales Produktdesign an der HBK Essen**

Du möchtest mit deinen Ideen innovative Produkte entwickeln, die Welt verändern und in Bewegung bringen? Unsere Kunsthochschule bietet dir die Plattform dafür.

Wir begleiten dich online in unserem Inspirationstraining für Maker: Über einen Zeitraum von vier Wochen erhältst du Denkanstöße und Feedback zur Visualisierung deiner Ideen. Nutze das Training zur Erstellung deiner Mappe für ein Studium oder zur Weiterbildung.

Wir freuen uns auf dich!

Interessiert? Melde dich bei  
[studienberatung@hbk-essen.de](mailto:studienberatung@hbk-essen.de)  
[www.hbk-essen.de](http://www.hbk-essen.de)

**DIGITALES  
PRODUKT-  
DESIGN**

**BACHELOR  
OF ARTS**

# IMMER AUF AUGENHÖHE



+



**2x Mac & i mit 35 % Rabatt  
testen und Geschenk sichern!**

**Für nur 14,40 € statt 21,80 €**



Jetzt bestellen: [www.mac-and-i.de/miniabo](http://www.mac-and-i.de/miniabo)

✉ [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de) ☎ 0541 80 009 120

Mac & i. Das Apple-Magazin von c't.

# Heizung unter Kontrolle

Immer schön warm daheim, aber das möglichst kostengünstig. Diese Folge der Smarthome-Reihe bringt Sie diesem Ziel näher.

von Heinz Behling



In dieser Folge der Smarthome-Umrüstung geht es um das Thema Kontrolle und Heizen und damit zwangsläufig auch ums Thema Geld, denn Energie kostet immer mehr. Verständlich, dass da so mancher die Hoffnung hat, mit einer Heizungssteuerung per Smarthome-Server so richtig Kohle zu sparen (selbst, wenn Sie mit Gas oder Öl heizen).

Doch das ist nicht ganz so einfach. Dazu ein Gedankenexperiment: Stellen Sie sich vor, Sie drehen morgens, wenn alle das Haus verlassen haben, die Heizung runter, zum Beispiel von 23 auf 18 Grad. Die Temperatur Ihres Heims geht daraufhin im Laufe des Tages herunter, bei guter Isolierung vielleicht nur auf 21 Grad, bei schlechter auf 18. Kommen Sie dann nach Hause, drehen Sie natürlich die Heizung wieder rauf auf Ihre Wohlfühltemperatur von 23 Grad. Die Heizung fängt nun richtig kräftig an zu heizen, die ganze Anlage ist ja kalt. Das führt meist zu einer höheren Wassertemperatur im Heizkreislauf, was höhere Wärmeverluste mit sich bringt, also zusätzliche Energie braucht.

Solange dieser höhere Energieverbrauch die Ersparnis während der Heizungsabschaltung nicht übersteigt, ist alles in Ordnung, wir sparen netto immer noch. Doch wir Menschen möchten es ja möglichst kuschelig haben. Die Heizung braucht aber eine ganze Weile, bis sie unsere Wohlfühl-Temperatur wieder erreicht hat. Das führt dann oft dazu, dass wir die Heizung auf höhere Temperatur (zum Beispiel 25 Grad) einstellen, weil wir ja frieren. Klar, das Überheizen kostet noch mehr Energie und verschlechtert die Einsparung durch die Abschaltung bei Abwesenheit. Das kann soweit gehen, dass dann die vermeintliche Einsparung zu einem insgesamt höheren Energieverbrauch führt.

## Heizung runter – aber wann?

Andere Lösung: Wir sorgen dafür, dass die Heizung bereits einige Zeit vor unserem Verlassen herunterregelt und rechtzeitig vor unserem Eintreffen wieder hochfährt. Aber wann? Erfolgt das zu spät, ist es immer noch zu kühl, wenn Sie eintreffen. Und schon drehen Sie wieder am Heizungsthermostat. Oder das Hochfahren erfolgt zu früh, dann ist das Heim schon lange vor Ihrer Ankunft auf Soll-Temperatur und Sie verschwenden Geld. Es gilt also den optimalen Zeitpunkt herauszufinden, also zum Beispiel 1,5 Stunden vor Ankunft. Und da kann Home Assistant helfen, denn es stellt nicht nur die aktuellen Raumtemperaturen, sondern auch Temperaturverläufe als Liniendiagramme zur Verfügung. Dazu muss natürlich jeder Raum mit einem Thermosensor ausgestattet sein. Mit ein paar Versuchen können Sie damit den optimalen Hochfahr-Zeitpunkt ermitteln.

Zuerst sind aber einige Vorarbeiten notwendig, damit uns die Ergebnisse auch über-

## Kurzinfo

- » Einrichten der Web-Oberfläche von Home Assistant
- » Heizungssteuerung per Bluetooth BLE
- » Ermitteln der optimalen Temperatur-Kurve
- » Verschlüsselungs-Key für BLE-Sensoren auslesen

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
4 Stunden



**Kosten:**  
35 Euro pro Raum

### Material (pro Raum)

- » Bluetooth-Heizkörperthermostat Equiva CC-RT-BLE-EQ
- » Xiaomi Mijia Smart Thermometer Bluetooth

### Computer

- » Github-Account erforderlich

### Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Intelligentes Heim mit Home Assistant, Make 1/21, Seite 100
- » Heinz Behling, Nistkasten im Smarthome, Online-Meldung

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

sichtlich angezeigt werden und uns wirklich alle Erweiterungen zur Verfügung stehen. Die brauchen wir nämlich für unsere Thermometer. Ich habe bei denen nämlich diesmal auf einen Selbstbau verzichtet, da ich beim chinesischen Elektronik-Dealers meines Vertrauens

hübsche kleine Bluetooth-Thermometer mit Batteriebetrieb gefunden habe, die mit Home Assistant zusammenarbeiten können.

Fangen wir an: Rufen Sie also in Ihrem Browser den Home Assistant auf. Sie landen auf der Übersichtsseite.

The screenshot shows the Home Assistant mobile app interface. At the top, there's a header 'Meine Wohnung'. Below it, there are several panels: 'Wohnzimmer' with a list of ink levels for Epson ET-4500 series (Black, Cyan, Magenta, Yellow) and a list of network devices (InternetGatewayDeviceV2 and FRITZBox 7490). To the right, there's a 'Binärsensor' panel with 'RF Power status' (ON) and 'Updater' (Aus). Below that is a 'Person' panel with 'Heinz Behling' (Unbekannt). Further right, there's a 'Sonne' panel with 'Sun' (Über dem Horizont) and a 'Schalter' panel with 'FRITZDECT 210 #1' (ON). At the bottom right, there's a weather panel showing 'Teilweise bewölkt' and '6,8 °C'.

- 1 Hinter den drei Punkten steckt die Konfiguration der Oberfläche.

The screenshot shows the top part of the Home Assistant mobile app interface. It features a dark blue header with the text 'Meine Wohnung' in white. To the left of the text is a white 'X' icon, and to the right is a yellow pencil icon. Below the header, there are three navigation icons: a white left arrow, the word 'HOME' in white, and a white right arrow. To the right of these icons is a yellow square button with a white plus sign.

- 2 Mit diesen Symbolen passen Sie die Oberfläche Ihren Wünschen an.

### Bad Konfiguration anzeigen

**EINSTELLUNGEN**   PLAKETTEN   SICHTBARKEIT

Titel (Optional)  
**Bad**

Symbol (Optional)  
**mdi:shower**

URL (Optional)  
**Bad**

Aussehen (Optional)

Panel-Modus?

Hiermit wird die erste Karte in voller Breite angezeigt. Andere Karten und Marker in dieser Ansicht werden nicht angezeigt.

**ABBRECHEN**   **SPEICHERN**

**3** Taufe für das Badezimmer-Fenster inklusive passendem Symbol



**4** Das Duschsymbol steht für das neue Badezimmerfenster.

### Anzeigefenster für jedes Zimmer

In meinem Smarthome-Projekt möchte ich für jeden Raum ein eigenes Anzeigefenster in der Weboberfläche von Home Assistant haben. Sie können das natürlich entsprechend Ihren Wünschen gestalten. Ich zeige Ihnen hier nur, wie man die Oberfläche anpasst.

Meine Wohnung ist übersichtlich und besteht aus Wohnzimmer, Schlafzimmer, Badezimmer, Küche, Flur und einem Balkon. Um ein neues Fenster einzurichten, klicken Sie auf die drei Punkte in der Titelzeile der *Übersicht* **1**.

Nach einem Klick auf *Benutzeroberfläche konfigurieren* und der Bestätigung, dass Sie die *Kontrolle übernehmen* möchten, ändert

sich die Titelzeile der Übersichtsseite ein wenig **2**.

Mit einem Klick auf das *Pluszeichen* legen Sie ein neues Fenster an. Das Fenster soll fürs Badezimmer stehen, also gibt man ihm den entsprechenden Namen **3**.

Ist Ihnen das Symbol im Konfigurationsfenster aufgefallen? Sieht doch ganz hübsch aus. Aber wo bekommt man das her? Es gibt eine Riesensmenge solcher Symbole in Home Assistant. Auf <https://cdn.materialdesignicons.com/5.3.45/> können Sie alle betrachten. Neben jedem steht ein kurzer Text, der jeweils mit *mdi* beginnt. Diesen Text müssen Sie im Konfigurationsfenster unter *Symbol* eintragen. Dabei ist allerdings der Bindestrich hinter *mdi* durch einen Doppelpunkt zu ersetzen.

Nach einem Klick auf *Speichern* wird das Badezimmer-Fenster angelegt. Sie erkennen es lediglich am neuen Symbol in der Titelzeile **4**. Möchten Sie dort stattdessen lieber das Wort *Bad* sehen, dürfen Sie im Konfigurationsfenster kein Symbol einfügen. Sie können das nachträglich ändern, indem Sie auf den Stift hinter dem Badezimmersymbol klicken.



**5** Die Symbole für Bad, Schlafzimmer, Küche, Wohnzimmer, Flur und Balkon

Ist doch ganz einfach, oder? Das können Sie das nun für alle anderen Räume Ihres Heims wiederholen. Zum Schluss sieht das dann vielleicht so aus **5**.

Falls Sie später nicht mehr wissen, welches Symbol wofür steht: Setzen Sie den Mauszeiger darauf. Nach einer Sekunde erscheint der Name des Zimmers.

Damit haben wir jetzt die Fenster für alle Räume angelegt. Aber sie sind noch leer. Das sehen Sie, sobald Sie eines der neuen Symbole anklicken. Es wird Zeit, sie zu füllen.

### Zugriff auf Konfigurationsdateien

So langsam werden Sie und ich zum Profi für Home Assistant. Daher wird es Zeit, sich direkten Zugriff auf die Konfigurationsdateien unseres Smarthome-Servers zu verschaffen. Nur damit bekommt man ihn nämlich voll unter Kontrolle. Dazu brauchen wir ein Konsolenfenster, das es als Add-on gibt. Klicken Sie auf *Supervisor* und auf den Reiter *Add-on Shop*. In die Suchzeile geben Sie dann *SSH & Web Terminal* ein. Es folgt eine planmäßige Enttäuschung **6**.

Da man mit solch einem Terminal-Programm wirklich alles in Home Assistant ein- (und ver-)stellen kann, ist die Installation standardmäßig nicht erlaubt. Man muss zuvor den *advanced mode* einschalten. Das ist aber einfach: Klicken Sie auf die blaue Zeile und schalten Sie in Ihrem Profil, zu dem Sie dadurch gelangen, genau diesen Modus ein **7**.

Dann geht es wieder als *Supervisor* in den *Add-on Shop*, wo Sie unter *Home Assistant Community Add-ons* endlich *SSH & Web Terminal* finden. Klicken Sie darauf und installieren Sie das Add-on **8**.

Achten Sie darauf, dass die Konfigurationsschalter so stehen, wie auf dem Bild **9** zu sehen.

Anschließend müssen Sie noch ein Passwort für den SSH-Zugang eingeben. Das geschieht über den Reiter *Konfiguration*. Tippen Sie in der *Passwort*-Zeile ein möglichst sicheres Passwort ein **10**. Speichern Sie alles und starten Sie dann das Add-on.

Wenn Sie danach im Seitenmenü auf Terminal klicken, erscheint das schlicht gehaltene Fenster **11**.

Wenn Sie darin nun mit

```
cd config
```

ins Konfigurationsverzeichnis wechseln, können Sie die dort vorhandenen Dateien mit dem Befehl `ls` anzeigen lassen.

Jetzt können wir auch den Home Assistant Community Store (HACS) installieren, eine Integration, die von Usern geschaffene Add-ons auf Github sucht und zur Installation verfügbar macht. Dazu ist im Terminalfenster nur ein Befehl erforderlich **12**.

Danach muss Home Assistant neu gestartet werden (*Supervisor, System* und *Host neustarten*). Dazu noch ein Hinweis: Die von HACS angebotenen Add-ons liegen allesamt auf Github. Es gibt dort aber keinen zentralen Server, der eine Übersicht über die Home Assistant Add-ons führt. HACS durchsucht Github selbst, wozu es die Github API verwendet. Dazu müssen Sie einen Github-Account haben. Die API hat leider ein Datenmengen-Limit. Wenn es erreicht wird, wird die Kommunikation mit Github vorübergehend unterbrochen, bis dieses Limit von Github automatisch zurückgesetzt wird. Das kann durchaus einmal eine Stunde dauern. Zurzeit sind bereits so viele Home Assistant Add-ons auf Github, dass HACS beim ersten Start dieses Limit erreichen kann und dann beim *Starting up* eine längere Pause einlegt. Also nicht wundern, wenn es zu Verzögerungen kommt.

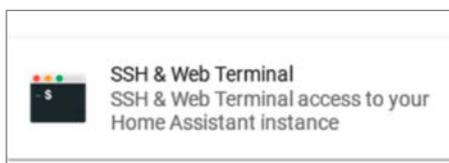
Nun weiter: Nach dem Neustart gehen Sie auf *Einstellungen* und *Integrationen*. Danach klicken Sie im Home Assistant auf *Integration hinzufügen* und durchsuchen die dann angezeigte Liste nach *HACS* **13**. Wichtig: Falls Sie es dort nicht finden, müssen Sie den Cache Ihres Browsers leeren. Anleitungen für die verschiedenen Browser gibt es im Internet reichlich.

Nach einigen Minuten erscheint ein Fenster, in dem Sie alle vier Punkte bestätigen müssen **14**. Nach *Absenden* geht es weiter.

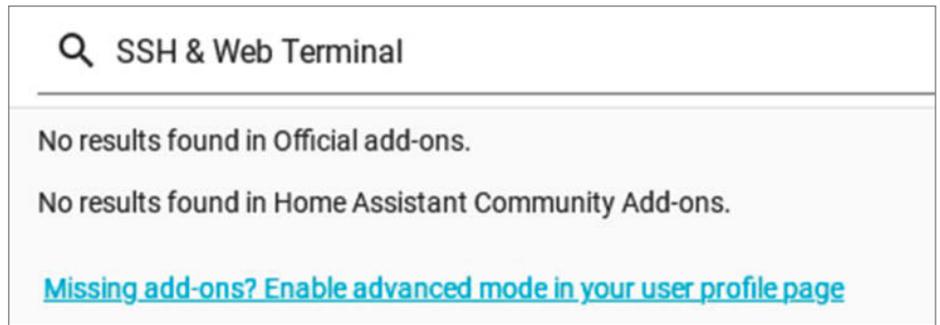
Die Entwickler von HACS möchten halt keine Verantwortung für die von anderen entwickelten und angewendeten Add-ons übernehmen. Danach wird Ihnen ein Code angezeigt und Sie werden aufgefordert, auf die Login-Seite von Github zu gehen. Auf Github geben Sie den Code ein **15** und bestätigen Sie die Autorisierung. Zurück im Home Assistant klicken Sie auf *Submit* und bestätigen die Erfolgsmeldung per Klick auf *Finish*.

Schon erscheint HACS in Ihrer Integrationsliste und im linken Menü von Home Assistant. Jetzt geht es weiter mit *Einstellungen* und *Integrationen*. Klicken Sie auf die *Optionen* für HACS gefolgt von *Absenden* und *Fertig*.

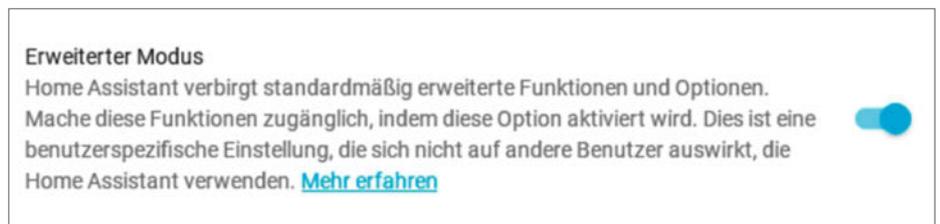
So, das war jetzt eine Menge Vorarbeit. Aber die wird uns nicht nur heute, sondern auch künftig noch viel nutzen. Denn jetzt stehen alle Erweiterungen und Kontrollmöglichkeiten für den Home Assistant zur Verfügung. Kommen wir jetzt zu den Bluetooth-Heizkörperthermostaten und die Bluetooth-Thermometer. Es geht ans Klempnern.



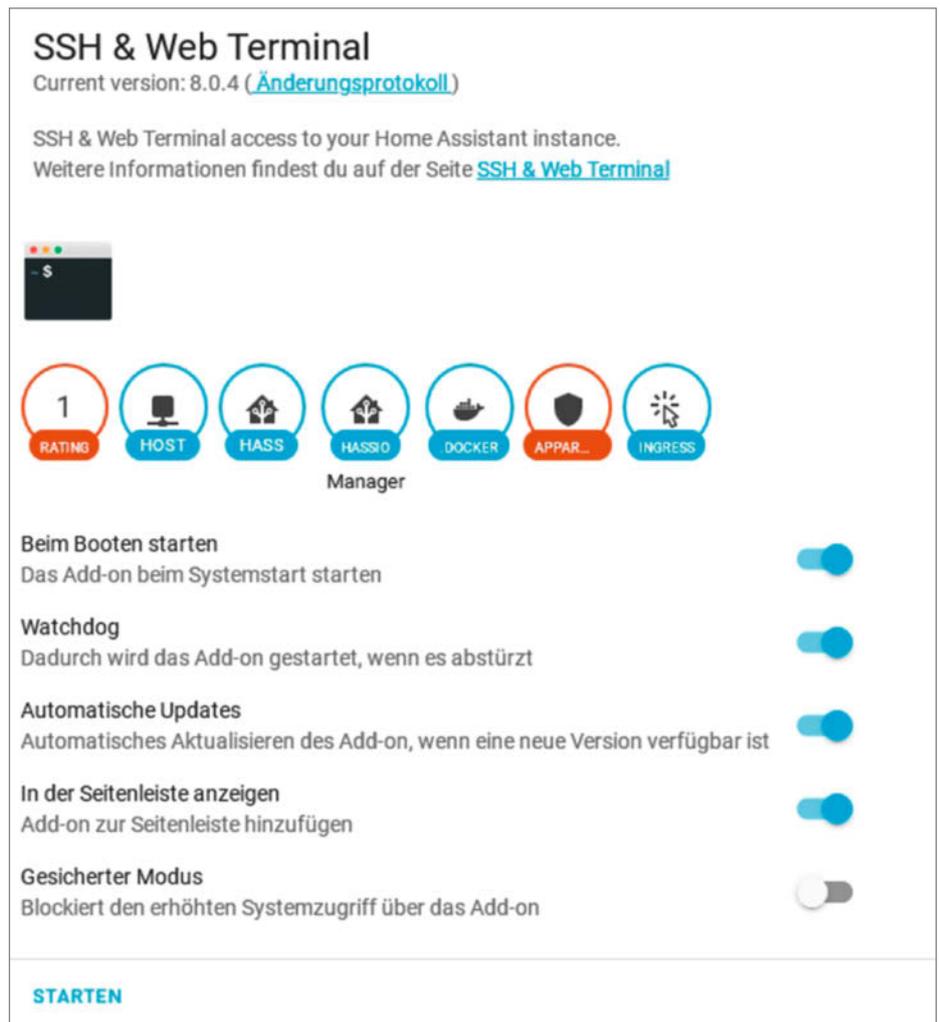
**8** Achten Sie darauf, genau dieses Add-on zu installieren.



**6** Kein Terminal gefunden!



**7** Der erweiterte Modus bringt Zugang zu mehr Add-ons.



**9** So muss das Terminalprogramm eingestellt werden.

Informationen	Dokumentation	Konfiguration
SSH & Web Terminal		
Optionen		
<pre> 1 ssh: 2   username: hassio 3   password: '' 4   authorized_keys: [] 5   sftp: false 6   compatibility_mode: false 7   allow_agent_forwarding: false 8   allow_remote_port_forwarding: false 9   allow_top_forwarding: false 10  zsh: true                 </pre>		

10 Ohne ein Passwort zwischen den Apostrophen in dieser Zeile läuft das Terminal nicht.

## Thermostate installieren

Es gibt eine ganze Reihe von Smarthome-fähigen Heizkörper-Thermostaten, beispielsweise auch von AVM für das Fritzbox-System. Mir waren diese Systeme aber mit je etwa 45 bis 50 Euro pro Stück zu teuer. Nach einigem Suchen fand ich das Modell CC-RT-BLE von Eqiva 16.

Es kommuniziert per Bluetooth BLE und liegt im Preis deutlich unter 30€/Stück, im Set zu mehreren ist es oft noch etwas billiger. Man muss beim Kauf nur darauf achten, auch wirklich die Bluetooth-Version zu erhalten. Es gibt auch eine ohne, die bis auf den aufgedruckten Bluetooth-Schriftzug genauso aussieht, sich

aber nicht fernsteuern lässt. Auch bei den Temperatursensoren fand ich eine preiswerte und elegante Lösung, die sogar noch preiswerter ist, als der Selbstbau-Sensor aus dem ersten Teil 17.

Falls Sie andere Thermostate verwenden möchten, schauen Sie im Home Assistant unter *Einstellungen, Integrationen* und *Integration hinzufügen* nach, ob es eine entsprechende Erweiterung für Ihr Wunschfabrikat gibt. Das müssen Sie dann lediglich installieren und können dann im nächsten Kapitel weitermachen.

Achtung: Gehen Sie jetzt immer zimmerweise vor, installieren Sie also in einem Zimmer

den Heizkörperthermostaten und stecken Sie die Batterie in das Thermometer, das Sie für diesen Raum vorgesehen haben. Der Grund: Wir müssen im Folgenden die MAC-Adressen beider Geräte ermitteln und sie den Räumen zuweisen. Das ist am einfachsten, wenn jeweils nur ein Raum in Betrieb genommen wird.

Beginnen wir mit dem Wohnzimmer: Der Heizkörperthermostat ist schnell gegen den bisherigen ausgetauscht: den alten abschrauben, den neuen aufschrauben. Danach noch die Batterien einlegen und den Adaptations-Vorgang starten. Notfalls hilft da die Anleitung. Bei der Adaptation bestimmt die Elektronik übrigens den maximalen Verstellweg sowie den Schließpunkt des Heizkörper-Ventils. Stimmt der nicht, dann schließt später das Ventil nicht völlig und der Heizkörper bleibt ständig warm. Achten Sie auch darauf, dass entsprechend der Bedienungsanleitung die Bluetooth-Funktion eingeschaltet ist. Legen Sie nun auch die Batterie in das Wohnzimmer-Thermometer ein.

Jetzt geht es weiter im Terminal-Fenster von Home Assistant. Zunächst müssen wir die MAC-Adressen der beiden Geräte ermitteln. Geben Sie diesen Befehl ein:

```
bluetoothctl scan on
```

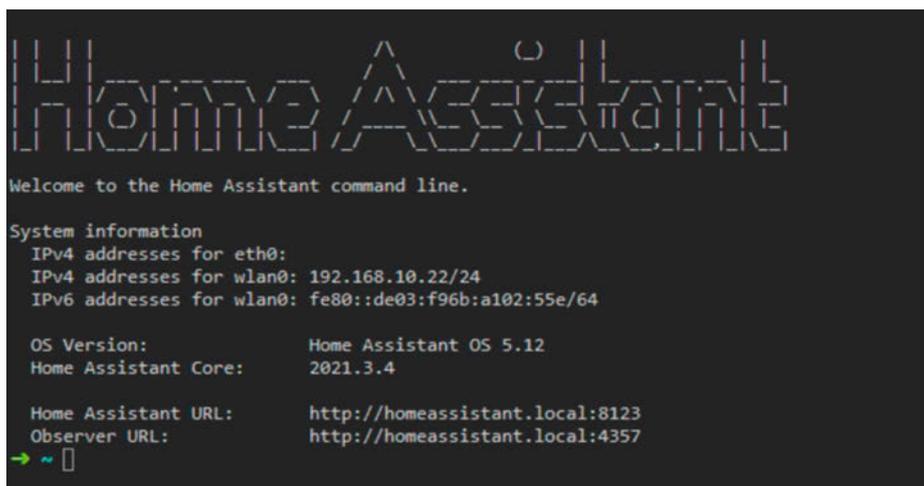
Jetzt läuft Zeile für Zeile die Liste der gefundenen Bluetooth-Geräte durchs Fenster. Hinter Device steht jeweils die MAC-Adresse des Geräts. Sie müssen auf MAC-Adressen achten, die mit `00:1A:22` (für das Heizkörperthermostat) beziehungsweise `A4:C7:38` (für das Thermometer) beginnen 18.

Notieren Sie sich jeweils die kompletten MAC-Adressen und den entsprechenden Raum. Beenden Sie den Scan mit STRG + C. Danach nehmen Sie die beiden Geräte für den nächsten Raum in Betrieb und wiederholen die Ermittlung der MAC-Adresse, bis Sie durch alle Räume durch sind.

Jetzt nehmen wir zunächst die Heizkörperthermostate softwaremäßig in Betrieb. Dazu müssen wir die Konfigurationsdatei von Home Assistant ergänzen. Im Terminalfenster wechseln Sie mit `cd config` ins entsprechende Verzeichnis und rufen die Datei mit `nano configuration.yaml` im Editor auf. Am Ende der Datei setzen Sie die Zeilen ab `climate` 19. Wichtig sind dabei die Einrückungen an den Zeilenanfängen. Machen Sie die mit der Leertaste und nicht mit der Tabulatortaste!

Speichern Sie die Änderung mit F2, Y und der Eingabetaste. Starten Sie dann wie bereits beschrieben den Home Assistant neu. Gelangt der Home Assistant danach in den abgesicherten Modus, haben Sie sich mit den Einrückungen vertan. Korrigieren Sie das und wiederholen Sie dann den Neustart.

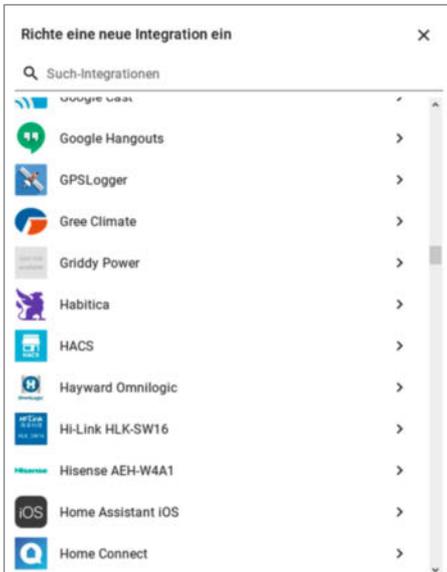
Wechseln Sie dann an das anfangs angelegte Wohnzimmer-Fenster in der Home Assistant-Übersicht. Schalten Sie wieder auf



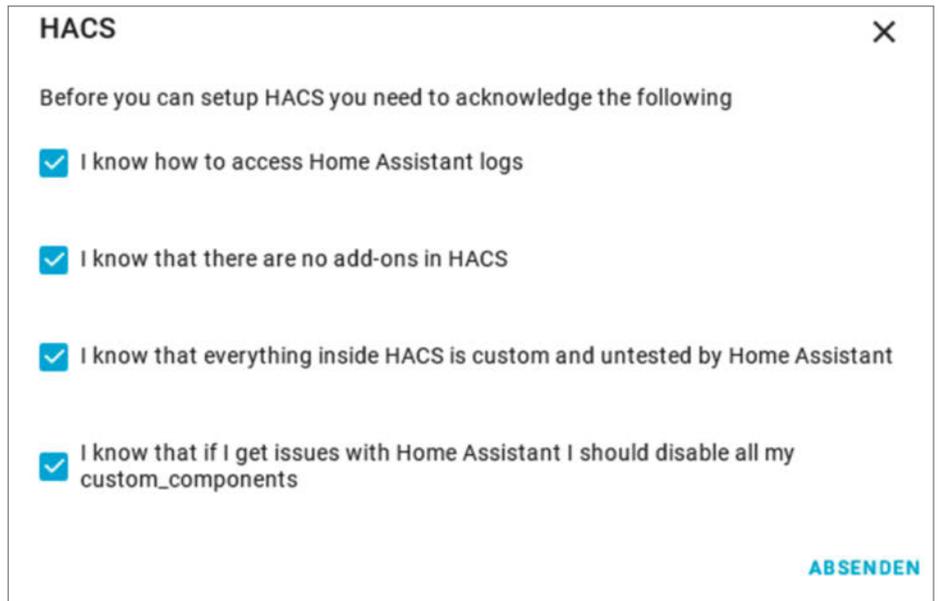
11 Das Terminalfenster ist zwar kein Design-Höhepunkt, aber ein mächtiges Werkzeug.

## 12 Installationsbefehl für HACS

```
wget -q -O - https://install.hacs.xyz | bash -
```



13 HACS erscheint nur, wenn Sie den Browser-Cache geleert haben.



14 Hier müssen Sie bestätigen, dass Sie wissen, was Sie tun.

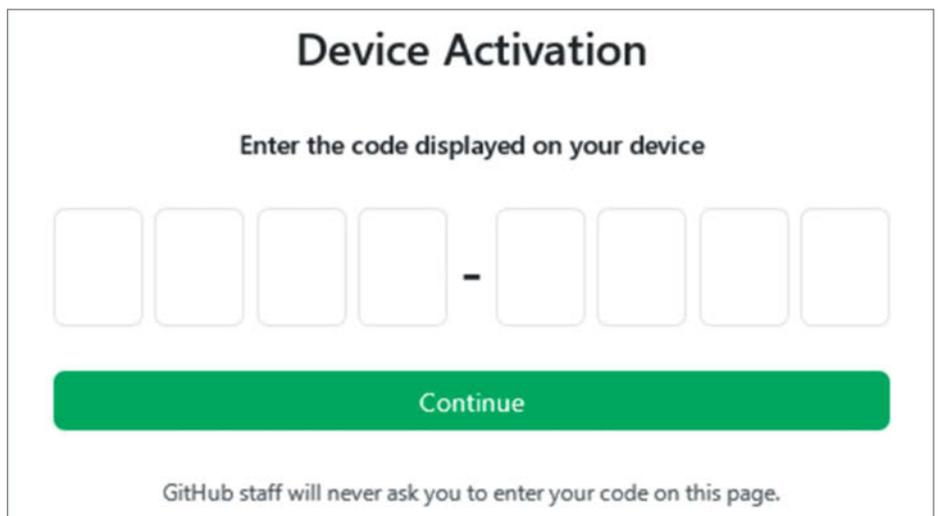
Benutzeroberfläche konfigurieren und Karte hinzufügen. Wählen Sie dann die Thermostat-Karte 20. Achten Sie anschließend darauf, dass als Entität *climate.wohnzimmer* (beziehungsweise der entsprechende Raum) eingetragen ist. Falls nicht, klicken Sie auf den kleinen Pfeil daneben und korrigieren Sie es. Bestätigen Sie die Wahl mit einem Klick auf *Speichern*.

Wiederholen Sie das dann mit allen anderen Räumen. In jedem Zimmer-Fenster steht dann das jeweilige Thermostat zur Verfügung. Wenn Sie auf den Punkt im runden Rahmen klicken und ihn bei gedrückter Maustaste verschieben, können Sie die gewünschte Temperatur (kleine Zahl) einstellen. Achtung: Es kann etwas dauern, bis der Thermostat reagiert und die neue Temperatur (große Zahl) anzeigt.

### Thermometer-Software

Jetzt geht es an die Thermometer. Dazu brauchen wir eine von HACS bereitgestellte Integration. Klicken Sie also in der Seitenleiste auf *HACS*, dann auf *Integrationen* und auf *Durchsuchen und Hinzufügen von Repositories*. Wählen Sie danach die Integration *Passive BLE monitor integration (Xiaomi Mijia MiBeacon monitor)* aus. Mit einem Klick auf *Installiere dieses Repository in HACS* und *installieren* geht es weiter. Auch danach muss der Home Assistant neu gestartet werden.

Dann sind noch Klicks auf *Einstellungen*, *Integrationen*, *Integration hinzufügen*, *Passive BLE Monitor* sowie *Absenden* nötig. Lassen Sie dem Home Assistant dann mindestens 15 Minuten Zeit. Dazu brauchen Sie einen Bluetooth-BLE-fähigen Gerät. Am einfachsten geht das per Smartphone mit ak-



15 Hier geben Sie den Code ein.



16 Das Bluetooth-Heizkörperthermostat



17 Das Thermometer

```

→ ~ bluetoothctl scan on
Discovery started
[CHG] Controller DC:A6:32:00:CA:52 Discovering: yes
[NEW] Device 02:52:EF:68:47:DC Blind
[NEW] Device 02:2F:49:90:A4:2E Blind
[CHG] Device 00:1A:22:13:CC:6E RSSI: -61
[CHG] Device 00:1A:22:13:CC:6E UUIDs: 3e135142-654f-9090-134a-a6ff5bb77046
[NEW] Device A4:C1:38:53:E6:28 LYWSD03MMC
[CHG] Device 02:52:EF:68:47:DC RSSI: -56
[CHG] Device 00:1A:22:13:CC:6E RSSI: -73
[CHG] Device 00:1A:22:13:CC:6E ManufacturerData Key: 0x0000
[CHG] Device 00:1A:22:13:CC:6E ManufacturerData Value:
00 00 00 00 00 00 00 00 .....
[NEW] Device 00:02:72:CE:BA:6B Belkin SongStream BT
[CHG] Device 02:2F:49:90:A4:2E RSSI: -74
[CHG] Device 02:52:EF:68:47:DC RSSI: -69
[CHG] Device 00:02:72:CE:BA:6B RSSI: -84
[CHG] Device 02:2F:49:90:A4:2E RSSI: -85
[CHG] Device 02:2F:49:90:A4:2E ManufacturerData Key: 0x0000
[CHG] Device 00:1A:22:13:CC:6E Connected: yes
[CHG] Device 00:1A:22:13:CC:6E Connected: no
[CHG] Device 02:2F:49:90:A4:2E RSSI: -70
[DEL] Device 00:02:72:CE:BA:6B Belkin SongStream BT
[CHG] Device 00:1A:22:13:CC:6E RSSI: -83
[NEW] Device 21:E9:36:E0:2C:37 21-E9-36-E0-2C-37
    
```

18 Die MAC-Adress-Liste

tivierten WLAN und Bluetooth. Geben Sie dort im Browser die Adresse <https://atc1441.github.io/TelinkFlasher.html> ein.

Tippen Sie dann auf connect. Nach kurzer Zeit sollte eine Liste mit den gefundenen Bluetooth-Geräten angezeigt werden, darin enthalten sind die Thermometer (sie sollten in der Nähe des Smartphone sein). Tippen Sie auf die Bezeichnung des ersten Thermometers (beginnen alle mit LYWSD03MMC gefolgt von der

MAC-Adresse) und auf Koppeln. Nach kurzer Zeit sollte in der Statuszeile die Meldung Connected erscheinen. Tippen Sie dann auf Do Activation. Wieder einige Sekunden Später sehen Sie unter My Bind Key den Verschlüsselungskey für dieses Thermometer 21. Notieren Sie ihn zusammen mit der schon ermittelten MAC-Adresse.

Wiederholen Sie dann den vorigen Absatz für alle weiteren Thermometer. Achtung: So-

bald Sie Do Activation nochmals für ein bereits so behandeltes Thermometer verwenden, wird ein neuer Verschlüsselungskey erzeugt!

Jetzt haben Sie alles, was Sie zur Konfiguration der Thermometer brauchen. Die Konfiguration nehmen wir wieder im Terminalfenster vor. Also wieder zum Verzeichnis config wechseln und mit nano configuration.yaml die Datei öffnen. Jetzt wird Tiperei fällig. In Listing 22 sehen Sie, was Sie zur Datei hinzufügen müssen. Die MAC-Adresse und die Encryptionkeys müssen Sie natürlich durch die von Ihnen ermittelten Werte ersetzen. Achten Sie auch hier wieder genau auf Einrückungen und Leerzeichen. Danach Datei speichern und den Home Assistant wieder einmal neu starten.

### Temperatur-Diagramme

Jetzt wollen wir die von den Sensoren gemessenen Werte auch sehen. Also gehen Sie zur Übersicht und dort auf das erste Zimmer, zum Beispiel das Bad. Aktivieren Sie wieder Benutzeroberfläche konfigurieren und klicken Sie auf Karte hinzufügen. Wählen Sie dann History Graph und als Entität wählen Sie ble temperature Bad. Nach dem Speichern erscheint das Liniendiagramm des Temperaturverlaufs auf der Badezimmer-Seite neben der Heizungseinstellung 23.

Das wiederholen Sie nun für die anderen Räume entsprechend. Da die Thermometer erst seit einigen Minuten laufen, wird nur ein sehr kurzer Verlauf angezeigt. Warten Sie ab:

```

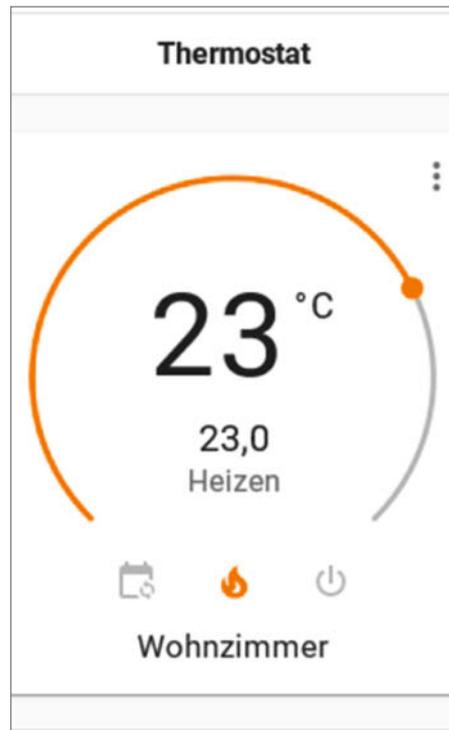
# Configure a default setup of Home Assistant (frontend, api, etc)
default_config:

# Text to speech
tts:
  - platform: google_translate

group: !include groups.yaml
automation: !include automations.yaml
script: !include scripts.yaml
scene: !include scenes.yaml

climate:
  - platform: eq3btsmart
    devices:
      Wohnzimmer:
        mac: '00:1A:22:13:CC:6E'
      Flur:
        mac: '00:1A:22:13:C1:50'
      Küche:
        mac: '00:1A:22:13:C3:AB'
      Bad:
        mac: '00:1A:22:13:E2:84'
      Schlafzimmer:
        mac: '00:1A:22:13:C2:DB'
    
```

19 Der climate-Block für die Thermostate



20 So wird sich die Wohnzimmer-Heizung künftig präsentieren.

Normalerweise erscheinen hier die Temperaturen der letzten 24 Stunden.

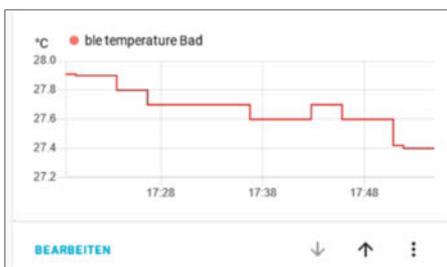
## Optimum bestimmen

Jetzt ist es an Ihnen herauszufinden, wann Sie die Heizung am besten runter- und wieder raufregeln. Am nächsten Tag regeln Sie die Heizung mit dem Home Assistant einfach um ein paar Grad herab. Wenn Sie wieder nach Hause kommen, regeln Sie sie wieder auf Ihre Wunschtemperatur herauf. Ein bis zwei Stunden später schauen Sie sich die Diagramme an. Sie können dort erkennen, wie stark und wie schnell die Temperatur am Tag abgesunken und wie schnell sie wieder angestiegen ist. Nehmen wir mal an, die Temperatur sank in innerhalb von 4 Stunden um 2 Grad ab und stieg nach dem Hochregeln in einer Stunde wieder auf den Ursprungswert an. Wenn Sie morgens um 8 Uhr das Haus verlassen, können Sie die Heizung also schon um 7 Uhr absenken. Kommen Sie um 16 Uhr zurück, sollte die Heizung bereits um 15 Uhr wieder auf die gewohnte Temperatur zurück.

## Absenk-Automatik anlegen

Dann können Sie damit zwei Automationen schreiben (wie in der vorigen Folge für den Luftbefeuchter). Diesmal setzen Sie als Auslöser jedoch die *Zeit* ein, zum Beispiel 07:00:00 Uhr. Als *Dienst* wählen Sie *Klima: Set temperature*, als *Entität climate.wohnzimmer* und geben noch die neue Temperatur an, zum Beispiel 20 für die Absenkung am Morgen. Die zweite Automatisierung macht es entsprechend mit der höheren Temperatur. Das machen Sie dann für alle Räume entsprechend Ihren Wünschen, und Sie haben es immer kuschelig warm, wenn Sie nach Haus kommen.

Damit haben Sie, glaube ich, genug Futter bis zur nächsten Ausgabe. Ich plane, vorausgesetzt alle Teile werden rechtzeitig geliefert, eine Folge zum Thema Multimedia, also TV, Heimkino und Co. Es geht also um das Fernsteuern von TV-Geräten, Audio-Receivern, Lampen, Beamern und Verdunklungsrollos. Für Popcorn müssen Sie eventuell aber selbst sorgen. Bis dahin, bleiben Sie gesund. —hgb



23 **Geschafft:** Das Temperaturdiagramm erscheint.

## Telink Flasher for Mi Thermostat

Copyright: Aaron Christophel / Atc1441 <https://ATCnetz.de>  
[Video Manual](#) [Custom firmware repo](#)

Connect Reconnect  
 Hide unknown   
 BLE device name prefix filter(s) LYWSD03,ATC  
 Do Activation Start Flashing Clear Log

Please select a .bin file you want to flash to a Telink BLE device.

Select Firmware:  Keine Datei ausgewählt.  
 Status: waiting for you to connect a device

Temp/Humi: waiting for data, this will not change on devices with custom firmware, only on stock firmware

#enable-experimental-web-platform-features may be needed to read MAC

Device known id:  
  
 Mi Token:  
  
 Mi Bind Key:

21 **Mit dem Telink Flasher können Sie die Verschlüsselungsschlüssel aus Xiaomi-Bluetooth-Sensoren auslesen.**

## 22 Code für Thermometer

```
ble_monitor:
  hci_interface: 0
  discovery: True
  active_scan: False
  report_unknown: False
  batt_entities: False
  decimals: 1
  period: 60
  log_spikes: False
  use_median: False
  restore_state: False
  devices:
    - mac: 'A4:C1:38:53:E6:28'
      name: 'Wohnzimmer'
      encryption_key: 'd0fe7f31de9b3b04c8f23d0a7170bb56'
      temperature_unit: C
      decimals: 2
      use_median: False
      restore_state: default
    - mac: 'A4:C1:38:6F:D3:49'
      name: 'Schlafzimmer'
      encryption_key: 'b3ede54f950b7776d58ba216df0b686a'
      temperature_unit: C
      decimals: 2
      use_median: False
      restore_state: default
    - mac: 'A4:C1:38:EC:04:11'
      name: 'Kueche'
      encryption_key: 'd0fe7f31de9b3b04c8f23d0a7170bb56'
      temperature_unit: C
      decimals: 2
      use_median: False
      restore_state: default
    - mac: 'A4:C1:38:E5:D2:E4'
      name: 'Bad'
      encryption_key: 'd0fe7f31de9b3b04c8f23d0a7170bb56'
      temperature_unit: C
      decimals: 2
      use_median: False
      restore_state: default
```

## Gewinn bei Meet and Code

Der Verein *Mar de Colores* aus Berlin hat mit seinem E-Textilien-Workshop *Cyborggewebe* den Girls-do-IT-Award der Europäischen Coding-Initiative *Meet and Code* gewonnen.

[meet-and-code.org/de/](http://meet-and-code.org/de/)

## Raumsuche in Solingen

Das Institut für DIY-Kultur sucht Räume oder eine unbebaute Fläche am Solinger Wald, um einen Kreativcampus mit DIY-Space einzurichten.

[instagram.com/institut fuerdiykultur](https://www.instagram.com/institut fuerdiykultur)

## Maker-Termine

**Neueröffnung  
HappyLab Wien**  
21. April  
online  
[happylab.at](http://happylab.at)

**Makerspace Gießen:  
Tag der offenen Tür**  
24. April  
online/YouTube  
[makerspace-giessen.de](http://makerspace-giessen.de)

**Jugend-Camp „Green  
Work and Party“**  
28. Juni – 3. Juli  
Kompetenzzentrum der  
Innung SHK Berlin  
[machgruen.de](http://machgruen.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: Shutterstock/Tijana Simic

## So werden Makerspaces nachhaltiger

### Öffnungszeiten, Werkzeuge und Recyclingpraktiken bieten Ansatzpunkte

„All of us are Makers“ proklamierte Dale Dougherty, Gründer der US-Make und einer der bekanntesten Maker vor rund 10 Jahren, als er die Maker-Bewegung in einem TED-Talk vorstellte. In den meisten Gruppen finden sich aber vor allem weiße Männer, viele aus der Altersgruppe zwischen Ende 20 und Mitte 40. Die Wissenschaftlerin Elisabeth Loose hat nun von 2016 bis 2020 erforscht, welche Geschlechterdynamiken in Makerspaces zu beobachten sind und wie nachhaltig sie arbeiten. Dafür sprach sie mit zahlreichen Makerinnen und Makern aus Deutschland, Großbritannien und Österreich. Neben ihrer Doktorarbeit hat sie daraus auch fünf konkrete Empfehlungen entwickelt, wie Werkstätten umweltfreundlicher werden und ihre Gemeinschaft inklusiver gestalten können.

Diese beginnen ganz praktisch bei Öffnungszeiten und Kinderbetreuung – denn Frauen haben seltener eigene Transportmittel zur Verfügung und nutzen

öfter den öffentlichen Nahverkehr. Ein oft genannter Grund, warum sich Frauen und einige Männer in bestimmten Spaces nicht wohlfühlten, ist ein Umgang, der über Prahlerei und abwertende Witze oder Kommentare funktioniert. Dagegen übten traditionelle Arbeiten, wie mit Holz oder Textilien, oft eine einladende Funktion aus. Umweltaspekte sollten schließlich sowohl in den einzelnen Projekten, als auch im Makerspace allgemein bedacht werden. Einige Punkte, wie etwa der Wechsel zu einem umweltfreundlichen Stromanbieter, sind einmalig umzusetzende Aktionen, während andere Überlegungen, etwa zu Produktionsprozessen, langfristig gedacht werden sollten – also am besten in Prozessen automatisiert werden. Eine ausführliche Analyse von Loose finden Sie online. —hch

► [heise.de/-5055760](http://heise.de/-5055760)

## Tour durch Offene Werkstätten

### Mini-Reise statt großer Tour zu *Repairs for Future*

Über 50 Termine in Deutschland, Österreich, den Niederlanden, Belgien und Luxemburg – mit der Tour *Repairs for Future* hatte sich der Hobby-Reparierer Michel Heftrich für dieses Jahr eine ganz eigene Gesellenfahrt überlegt. Nur mit seinem Werkzeug und einem elektrischen Lastenrad ausgestattet wollte der geborene Luxemburger mehr über die Repair Cafés in Europa und auch das „Reparaturhandwerk“ lernen. Seit er 2015 in Rente ging, betreibt er zwar bereits ein ehrenamtliches Repair Café im österreichischen Burgenland und war zuvor auch in Luxemburg aktiv – mit der Reise wollte der gelernte Metalldreher sein Wissen noch einmal vertiefen und auf Veranstaltungen für Reparaturmöglichkeiten und Kreislaufwirtschaft sensibilisieren.

Dafür hatte Heftrich zusammen mit einem lokalen Verein extra ein Velomobil gebaut, ein elektrisches Fahrrad mit Pedalantrieb, das ihn und sein Gepäck

vor Wind und Wetter schützt. Natürlich im Fokus dabei: die Reparierbarkeit, falls auf der Fahrt etwas kaputtgeht.

Aufgrund der aktuellen Entwicklungen wird die Tour jetzt allerdings auf 2022 verschoben. Als Ersatz plant Heftrich nun eine spontane Tour im Sommer durch Offene Werkstätten in Deutschland. Anschließend will er mit weiteren Interessierten im Raum Südburgenland/Ost-Steiermark eine eigene Offene Werkstatt starten. —hch

► [repairs-for-future.eu](http://repairs-for-future.eu)



Bild: Andreas Unterwieser

# Maker Faire Hannover wird 2021 digital

Jetzt beim Call for Makers anmelden und mitmachen!

Für die Make-Redaktion und die Maker-Faire-OrganisatorInnen war das letzte Jahr deprimierend: Ohne unsere großen Maker Faires in Hannover und Berlin ist das Maker-Dasein einfach nicht das gleiche. Dieses Jahr wird alles besser: Wir feiern am 18. Juni unsere digitale Maker Faire und freuen uns darauf, endlich alle bekannten Gesichter wiederzusehen und hoffentlich auch so einige neue! Damit eine Maker Faire richtig rockt, braucht sie vor allem eins: Maker mit coolen Projekten. Wir bringen unsere Projekte mit – und bauen auf euch. Bewerbt euch bis zum 30. April auf einen der virtuellen Ausstellerplätze der Maker Faire Hannover und zeigt uns, was ihr im letzten Jahr erschaffen habt. Wir suchen Ideen aus allen Bereichen: Robotik, 3D-Druck, Holz- und Stahlbau, Wearables oder Cosplay. Aber auch Projekte zu Themen wie Upcycling und Nachhaltigkeit, Urban Gardening und Smart Home sowie Wissenschaft und Forschung sind willkommen. Eben alle Themen, die normalerweise in den Hannoverschen Hallen der Maker Faire

zu finden sind. Am wichtigsten ist, dass ihr Spaß am Making habt.

Denn mit der Digital Edition wollen wir möglichst vielen Menschen das Reinschnuppern in die kunterbunte Welt des Makings ermöglichen. Und das funktioniert so: In den virtuellen Ausstellungsbereichen stellt ihr – die Maker und Unternehmen – euch und eure Projekte vor und beantwortet in Live-Chats die brennenden Fragen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Stattfinden wird die Maker Faire Hannover am 18. Juni 2021 von 11 bis 16 Uhr. In dieser Zeit solltet ihr euch vor dem Computer oder dem Smartphone befinden, um für Fragen und zum Austausch bereit zu stehen. Auch Unternehmen können sich auf die Ausstellerplätze bewerben. Die Teilnahme ist für Aussteller wie für Besucher kostenfrei. Mehr Infos zum genauen Ablauf gibt es online.



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

## Jugend hackt wächst

Auch 2021 will die Initiative *Jugend hackt* weiterwachsen und gleich an zehn neuen Standorten Workshops und Hackathons anbieten. Als Kooperationspartner können sich interessierte Makerspaces, Fablabs und andere Einrichtungen noch bis zum 15. April melden.

[jugendhackt.org/labs2021](http://jugendhackt.org/labs2021)



# Arduino züchtet Salat

Mit einem Ikea-Hack und einer Arduino-Steuerung kann man den Salatanbau ganz einfach automatisieren. Diese Hydroponikanlage ist mobil, modular, wartungsarm und ausfallsicher.

von Frank Siebert



Schon immer hat mich die Möglichkeit fasziniert, Pflanzen ganz ohne „Bodenkontakt“ anzubauen, also ohne Erde, in hydroponischen Anlagen. Akut wurde das Thema vor ein paar Jahren dadurch, dass eine solche Anlage nicht nur im Science-Fiction-Welt-raumlabor Sinn ergibt, sondern auch in unserem Hof: In dem gibt es zwar viel Licht und Wasser, aber nur wenig Erde zum Anpflanzen.

Ich habe einige Sommer mit eher mäßigem Erfolg versucht, mittels Säulen aus bepflanzten PET-Flaschen und einer sogenannten Gey-sir-Bewässerung eine Tomatenzucht aufzu-bauen. 2019 kam dann das erste Mal eine neue Variante zum Einsatz: Von innen bewässerte Lüftungsrohre mit starker Pumpe und großem Wassertank. Die Vorrichtung bekam wegen ihres Aussehens und der Bepflanzung schnell den Namen „Salatmaschine“, brachte aber eine erwähnenswerte Ernte ein. Dieser Erfolg hat mich ermutigt, das Design weiter zu verfeinern. Und nachdem uns die verbesserte Version 2.0 von Mitte April bis Mitte November mit knackigem Salat und frischen Kräutern versorgt hat, traue ich mich nun, die Salatma-schine hier vorzustellen.

## Anforderungen

Für die Salatmaschine gab es eine klare Anforderung: Sie sollte wartungsarm sein. Meine Frau hatte die Konstruktion aus PET-Flaschen damals schnell als „unser neues Haustier“ titu-liert, denn tatsächlich mussten wir für den reibungslosen Betrieb genau so viel Zeit in-vestieren, wie für die Aufzucht und Pflege eines Kleinnagers: Ohne tägliche Kontrolle und ständige Wartung ging nichts. Deshalb war die Vorgabe, dass die neue Konstruktion mindestens eine Woche ohne Eingriff von außen überleben sollte.

Eng mit dem obigen Punkt verwandt ist die Anforderung, dass die Konstruktion sowohl bei Dauerregen wie auch bei extrem heißen Phasen eine konstante Versorgung der Pflanzen ge-währleisten soll. Das bedeutet unter anderem, dass der gesamte Wasserkreislauf möglichst geschlossen sein und die Bewässerung auch mit verdrecktem Wasser zurecht kommen muss.

Ich wollte außerdem versuchen, die ganze Anlage so modular wie möglich zu halten. Da ich zu Beginn der Arbeiten noch nicht sicher war, welche Arten von Pflanzen ich anbauen wollte, sollte die Bewässerung der einzelnen Elemente der Salatmaschine getrennt vonei-ander erfolgen können. Außerdem sollten die Pflanzrohre für Wartung und Neubepflanzung leicht herausnehmbar sein. Schließlich sollte der modulare Aufbau es auch ermögli-chen, die Salatmaschine für den Fall einer Urlaubsvertretung in den Garten von Freun-den zu verpflanzen.

So durfte sie außer einem Stromkabel keiner-lei feste Installationen benötigen. Zudem hat

## Kurzinfo

- » Ikea-Bank zu Hydroponikgestell umbauen
- » Pumpe einfach über Arduino steuern
- » Kleine Salatkunde

## Checkliste



**Zeitaufwand:**  
6 bis 8 Stunden



**Kosten:**  
360 Euro



**Holzbearbeitung:**  
sägen und bohren



**Handwerk:**  
lackieren und tackern



**Programmieren:**  
anfängerfreundlicher Arduino-Code

## Mehr zum Thema

- » Dr. Florian Grimm, Hydroponik-anlage mit ESP32-Steuerung, Make 1/21, S. 36
- » Elke Schick, Alleskönner Abflussrohr, Make 3/18, S. 76
- » Heinz Behling, Pflanzengießler für die Ferien, Make 2/20, S. 34
- » Heinz Behling, Gewächshaus mit Arduino, Make 2/20, S. 40



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

## Material

- » ÄPPLARÖ Banktruhe
- » ÄPPLARÖ Wandpaneel
- » 4 Schwerlastrollen lenkbar, evtl. arretierbar
- » 2 Regalwandschienen zur Verstärkung und Montage des Paneels, 150cm
- » Teichfolie 1,5 × 2,0m
- » Parkett- und Laminatunterlage 0,3cm
- » 4 PVC Lüftungsrohre 100mm
- » 4 Elektrorohre 16mm
- » 8 Rohrclips mit Gewinde passend zum Elektrorohr (16/18mm)
- » 2 Abwasserrohre 90 Grad Winkel DN110
- » 3 Abwasserrohre HT-Abzweig DN110
- » 4 PVC Rohrschellen für 100mm Lüftungsrohr
- » 4 Muffenstopfen DN110
- » 1 Wasserverteiler 4fach, mit Reglern
- » 4 Schlauchverbinder male-male
- » 12 Schlauchkupplungen female
- » 2 Rohrschellen 4 Zoll (für 100-110mm Rohre) mit Gewindebuchse
- » 1 Tauchpumpe ab 4000l/h
- » 1 Schaltschrank IP65 Industriegehäuse 20cm × 30cm × 13cm
- » Gitternetzöpfe
- » Gartenschlauch ca. 6m
- » 2 Kanthölzer ca. 37cm × 4cm × 6cm
- » Weiße Farbe

## Werkzeug

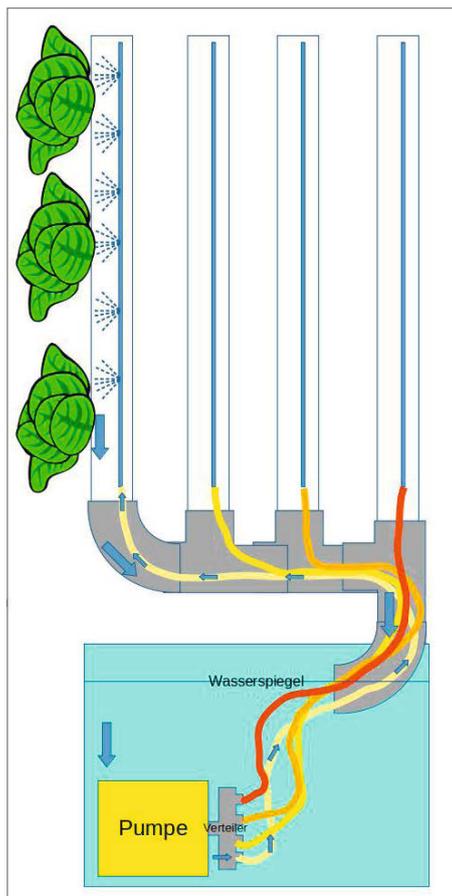
- » Pinsel
- » Metallsäge
- » Heißluftpistole
- » Tacker
- » Schere
- » Bohrmaschine
- » Schraubendreher



Knackige Salaternte ...



... und Tomatenpracht



Schemazeichnung des Bewässerungssystems (Achtung: In dieser Zeichnung fehlen noch die Schlauchkupplungen)

sich die mobile Anlage beim Kärcern des Hofes bewährt: Man fährt sie dann einfach kurz zur Seite. Im Idealfall sollte der Aufbau so mobil und sauber sein, dass er auch auf einem Balkon oder in der Wohnung betrieben werden könnte.

Zum wartungsarmen und ausfallsicheren Setting gehört zwangsläufig eine flexible Steuerung, vor allem für die Bewässerung. Nun kann man für ein entsprechendes Markenprodukt viel Geld ausgeben, oder man wählt die deutlich günstigere und Spaßigere Variante und programmiert die Steuerung mittels Arduino und einigen Shields einfach selbst.

### Wasserbehälter und Grundgerüst

Als Wasserbehälter und Grundgerüst der Salatmaschine habe ich mich an vielen in der Make vorgestellten Projekten orientiert und bei Ikea gewildert. Die Banktruhe ÄPPLARÖ stellt zusammen mit dem gleichnamigen Wandpaneel eine ideale Basis für mein Vorhaben dar. Die Truhe ist stabil und bietet mit den Innenmaßen von ca. 75cm x 35cm x 37cm ausreichend Platz für den Wasserspeicher.

Das Paneel bietet dank der Querleisten gute und flexible Befestigungsmöglichkeiten. Damit die Anlage dann auch mobil wird, habe ich das Paneel mithilfe von Metallleisten eines alten Regalsystems von hinten verstärkt und direkt an der Truhe befestigt. Vor der Montage habe ich beide Möbelstücke weiß lackiert. Das ist wegen der vielen Holzlatten etwas Arbeit, lohnt aber nicht nur aus ästhetischen Gründen: So kann man vermeiden, dass sich das Wasser in der Truhe bei starker Sonneneinstrahlung zu sehr erwärmt.

Warmes Wasser hält weniger Sauerstoff und fördert das Algenwachstum – und Algen im Wasserkreislauf sind der Anfang vom Ende einer reibungslosen Bewässerung. Dann kann schnell die Pumpe verstopfen oder sich die feinen Löcher der innen liegenden Bewässerungsrohre zusetzen. Der mitgelieferte Lattenrost als Boden ist etwas windig, deshalb habe

ich den Boden der Truhe mit einer Holzplatte (76,5cm x 37,5cm) verstärkt. Am besten nimmt man eine Multiplex-Platte mit 1,5cm oder eine Spanplatte mit 2,2cm Stärke, denn immerhin wird das Wasservolumen später ca. 75kg wiegen.

Bevor es an den „Innenausbau“ geht, sollte man jetzt die Laufrollen montieren. Es empfiehlt sich, lenkbare Schwerlastrollen zu verwenden, denn die ganze Apparatur wiegt am Ende rund 90kg – da zählen sich gute Laufrollen unbedingt aus. Kaputte Rollen sind später nur sehr schwer auszutauschen (ich spreche aus Erfahrung). Da die Befestigungsmöglichkeit an der Truhe nur dürftig ist, habe ich jeweils seitlich unten zwei 37cm x 4cm x 6cm Kanthölzer unter die Truhe geschraubt, an denen ich dann die Laufrollen jeweils mit vier Schrauben gut befestigen konnte.

Um das Wasser möglichst gut gegen Wetereneinflüsse zu schützen, habe ich die Truhe mit dünnem Isoliermaterial ausgekleidet, das normalerweise für die Dämmung unter Laminatböden verwendet wird. Die silberne Seite zeigt dabei nach außen und reflektiert so die zwischen den Holzrosten einfallende Sonneneinstrahlung. Zum Befestigen kann ein einfacher Tacker verwendet werden. Ein weiterer Vorteil: Das aufgedruckte Zentimeter-Raster der Dämmung ermöglicht einen einfachen und genauen Zuschnitt.

Auch in den Deckel der Truhe habe ich eine Isolierung getackert, vorher aber an der rechten hinteren Ecke ein ca. 15cm x 15cm Stück der Latten ausgeschnitten. Durch diese Aussparung wird später der Rohrunterbau zurück in den Wassertank geführt. Falls durch die Aussparung Latten ihren Halt verlieren, kann man diese einfach mit einem Stück Holz von unten an den anderen Latten befestigen. Natürlich kann auch jede andere Isolierung



Paneel mit Metall-Verstärkung



Bodenplatte und Verstärkung für die Rollen (mit Gebrauchsspuren nach 7 Monaten Außendienst)



Die eingefaltete Teichfolie ist am oberen Rand festgetackert.



Pflanzrohre mit elf Öffnungen auf 150cm

aus Styropor oder ähnlichem Material verwendet werden, bei dickerem Material reduziert sich dann halt das Tankvolumen.

Aus der Truhe wird ein Wassertank, indem man sie mit Teichfolie auskleidet. Ich habe ein 1mm starkes Reststück aus dem Baumarkt verwendet, weil mir wichtig war, dass die Folie etwas belastbarer ist. Günstigere Varianten mit 0,5mm mögen es aber auch tun. Benötigt wird ein ca. 150cm x 200cm großes Stück. Die Folie wird grob zugeschnitten, möglichst faltenfrei in die Truhe eingepasst und schließlich rundherum festgetackert, bevor die Überstände abgeschnitten werden können.

Wichtig ist, die Folie möglichst bis ganz an den Rand der Truhe hochzuziehen. Jeder Zentimeter weniger bedeutet gleich 2 Liter weniger Wasservolumen. Übrigens empfiehlt es sich, die Folie vor dem Einpassen in der Sonne warm werden zu lassen, sonst ist das Ding ein ganz schön widerspenstiges Biest.

### Pflanzrohre

Mit etwas Recherche bei YouTube fiel die Wahl auf einfache, weiße Lüftungsrohre mit 10cm Durchmesser und 150cm Länge. Jede andere Länge ist natürlich auch möglich – solange die Pumpe den nötigen Wasserdruck aufbringt, um eine ausreichende Befeuchtung der Wurzeln zu gewährleisten. Die Lüftungsrohre sind nicht ganz so günstig wie zum Beispiel graue Abwasserrohre, lassen sich aber viel leichter bearbeiten. Außerdem erwärmen sich graue Rohre bei Sonneneinstrahlung schnell, was den Wurzeln der Pflanzen nicht guttut.

Die Öffnungen zum Einsetzen der Pflanzen werden entlang zweier Linien, die um 90 Grad zueinander versetzt sind, angezeichnet. Und zwar so, dass die Öffnungen entlang der beiden Linien alternieren. In früheren Versuchen hatten die Öffnungen einen vertikalen Abstand von 15cm, was sich aber als zu eng er-

wies. Aktuell habe ich den Abstand von 25cm gewählt, so dass elf (6+5) Pflanzen pro Säule eingesetzt werden können. Das kann aber immer noch eng werden, wenn die Salatköpfe so richtig Gas geben und Sie mit dem Aberten und Verwerten nicht nachkommen. Die schräg nach oben zeigende Öffnung entsteht, indem man mit der Handsäge im rechten Winkel zu den angezeichneten Linien ca. 7,5cm bis 8cm lange Schlitz in die Lüftungsrohre sägt. Die Schlitzlänge ergibt sich aus dem Umfang der verwendeten Pflanztöpfe.

Ich habe Töpfe mit 5cm Durchmesser gewählt. Das reicht völlig aus, da die Wurzeln der Pflanzen sowieso durch die Maschen des Topfes in das Rohr hineinwachsen. Aus der Formel für den Kreisumfang ( $2 \cdot \pi \cdot r$ ) ergibt sich dann für 5cm Töpfe ein Umfang – und damit eine Schlitzlänge von ca. 7,8cm. Man kann natürlich auch größere Töpfe verwenden, muss dann aber entsprechend der Formel die Schlitzlän-



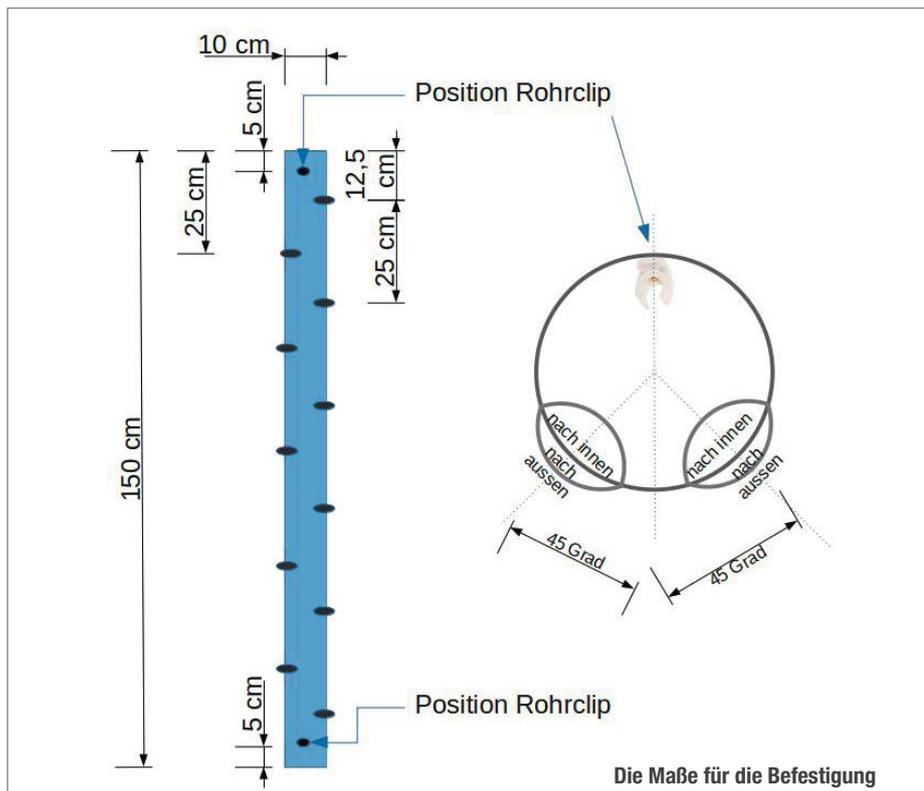
Mit einem flexiblen Lineal die Sägemarkierung anzeichnen und sägen, bis das Sägeblatt ganz verschwindet.



Rohr mit Heißluftpistole über und unter dem Schlitz erhitzen und den Keil einschieben.



Der Topf muss genau in die Öffnung passen und darf nicht raus- oder reinrutschen. Gegebenenfalls muss man den Rand abschneiden.



den Schlitz geschoben. Nach 30 bis 60 Sekunden ist die Pflanzsäule abgekühlt und der Keil kann herausgezogen werden. Noch schneller gehts, wenn man mit einem feuchten Tuch um den Keil herum kühlt.

Zur Befestigung des Bewässerungsrohres bohrt man zwei Löcher gegenüber der beiden Reihen mit Pflanzöffnungen – also quasi an der „Rückseite“ der Pflanzsäule. Daran schraubt man innen zwei Rohrclips fest, und zwar ca. 10cm vom unteren Ende und ca. 15cm vom oberen Ende des Rohres. In diese Clips wird dann das Bewässerungsrohr eingehängt.

### Innenbewässerung

Eine gute, gleichmäßige Bewässerung ist natürlich das Allerwichtigste bei einer hydroponischen Pflanzzucht. Es gibt Bauvorschlüsse, bei denen das Wasser einfach oben in die Pflanzsäule hineingepumpt wird und dann irgendwie herunterrieselt. Darauf, dass dann tatsächlich alle Pflanzen gleichmäßig feuchte bekommen, wollte ich es aber nicht ankommen lassen. Daher habe ich mich dafür entschieden, die Pflanzen über die gesamte Länge der Säule zu besprühen und so gleichmäßig feucht zu halten. Dazu habe ich 16mm-Rohre für Elektroinstallationen zweckentfremdet, die ich am oberen Ende verschlossen und unten mit einer Standard-Schlauchkupplung versehen habe. In dieses Bewässerungsrohr habe ich dann in ca. 10cm Abstand kleine 1,5mm Löcher gebohrt. Als Backup für den Fall, dass die kleinen Löcher mal verstopfen, kam ans obere Ende ein 5mm Loch. So kann im Zweifelsfall noch genug Wasser austreten, um die Wurzeln zu befeuchten.

### Aufbau

Der Rohrunterbau wird aus DN110-Elementen zusammengesteckt und mit den Rohrschellen am Paneel befestigt. Dazu bringt man die Schellen am Rohrunterbau an und zeichnet



Oberes Ende der Bewässerung, heißgemacht und zugeknickt



Mit etwas Isolierband passt die Schlauchkupplung auf das dickere Ende des Elektrorohrs.

ge anpassen. Wichtig ist vor allem, dass der Topf stramm im Pflanzrohr sitzt, sodass die Pflanze gut gehalten wird.

Um die Öffnungen vom Umfang und dem Winkel genau passend hinzubekommen, fertigt man sich aus einem zugespitzten runden Holzpflock oder einem schräg abgesägten Plastikrohr einen Keil. Der Durchmesser des Keils sollte genau dem Pflanztopf-Durchmesser entsprechen. Das Rohr wird dann oben und unten um den Schlitz herum mit der Heißluftpistole erhitzt, bis die Kante des Schlitzes zu schmelzen beginnt. Dann schnell die Heißluftpistole zur Seite gelegt und die Lehre im richtigen Winkel (ca. 30 bis 40 Grad zur Säule) in



Unterbau mit Schraube zum Aufstellen der Pflanzsäulen



Der fertige Aufbau mit dem Rohrunterbau ist bereit für die Pflanzrohre



Rohrklemmen als obere Halterung



Schlauchkupplungen zum Aufstecken der Bewässerungsrohre in den Säulen

am Paneel die Position der Gewindebuchsen an. An diesen Stellen bohrt man Löcher und schraubt die Schellen dann von hinten fest. Hier sollte sicherheitshalber noch jeweils eine Unterlegscheibe verwendet werden. Die DN110-Elemente des Unterbaus haben einen ca. 1cm größeren Innendurchmesser als der Durchmesser der Pflanzsäulen. Damit die Säulen später locker im Rohrunterbau stehen können und nicht zu tief einsinken, dreht man an den vier Öffnungen des Unterbaus jeweils eine Schraube ein, die nach innen in die Öffnung hineinragt.

Der Unterbau sollte so tief befestigt sein, dass man den Deckel der Truhe gerade noch auflegen kann. Dann ist nämlich sichergestellt, dass das untere Rohrende des Unterbaus bei ausreichendem Wasserstand unter der Wasseroberfläche endet und nur minimale Plätschergeräusche entstehen.

Zur oberen Befestigung der Pflanzsäulen schraubt man die PVC-Schellen an das Paneel. Die horizontale Position ergibt sich aus dem Abstand der Unterbau-Öffnungen. Je höher

am Paneel die PVC-Schellen sitzen, desto stabiler ist der Halt. Vor dem Anschrauben empfiehlt sich aber ein Probeaufbau, denn die Schellen sollten so angebracht werden, dass sie genau zwischen den Pflanzöffnungen greifen.

Bevor man die Pflanzsäulen mit den innenliegenden Bewässerungsrohren endgültig auf den Unterbau stellen kann, führt man vier kurze Gartenschläuche – jeweils mit Schlauchkupplungen an beiden Enden – in den Unterbau ein. Schließlich schließt man die Bewässerungsrohre an die Schlauchenden an und stellt die Säulen in die Unterbauöffnungen. Oben auf jedes Rohrende kommt als Deckel ein DN110-Muffenstopfen. Dieser schließt die Pflanzsäule recht dicht ab, sodass Wasserverlust über diesen Weg ausgeschlossen ist.

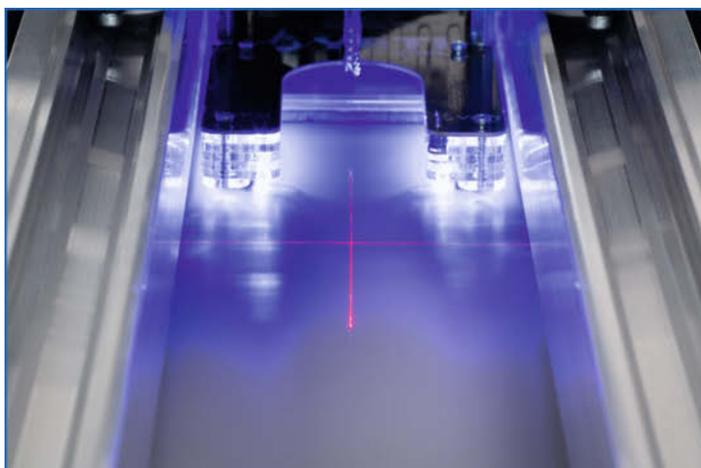
### Wasserführung

Die ganze Konstruktion ist ein (fast) geschlossener Wasserkreislauf. Das wichtigste Element ist natürlich die Pumpe. Ich habe mich für eine

Tauchpumpe entschieden – eine Bauform, die meist zum Beseitigen von Abwasser verwendet wird. Diese Geräte sind in der Regel robust, verzeihen auch so mache Verschmutzung im Wasser und sind zudem günstig. Da die Bewässerung rund um die Uhr in Intervallen betrieben wird, sollte man sich für ein möglichst leises Modell entscheiden.

Um keinesfalls zu wenig Wasser an die Wurzeln zu sprühen, habe ich ein Modell mit viel Druck und 7000 Liter Förderleistung pro Stunde gewählt. Die Tauchpumpe liegt lose im Wassertank. Über den 4-fach-Verteiler ist jeweils ein Gartenschlauch angeschlossen, so dass jede Pflanzsäule über den Verteiler einzeln geregelt werden kann.

Läuft die Pumpe, wird Wasser über die Schläuche in die Bewässerungsrohre gepumpt und spritzt dort mit hohem Druck auf die Wurzeln der Pflanzen. Dann fließt es in der Pflanzsäule nach unten und über den Rohrunterbau wieder zurück in den Tank. Es kann passieren, dass – je nach Position der Düsenöffnungen im Bewässerungsrohr – Wasser seitlich an den



### Mobile CNC-Fräse SMARTBENCH

- ✓ Großformatige Bearbeitung bis 2.500 x 1.250 mm
- ✓ Intuitive Bedienung über Touch-Pad
- ✓ Doppelte Z-Achsen Spindelführung
- ✓ Kreuzlinienlaser für X/Y-Nullpunkt
- ✓ Echtzeit-Anzeige der aktuellen Motor-Last

+49 (0)8143 /99129-0  
[www.sauter-shop.de/cnc-fraese/](http://www.sauter-shop.de/cnc-fraese/)





Pumpe mit Verteiler, pro Säule ein Schlauch



Das Innenleben der Salatmaschine



Schaltkasten an der Salatmaschine

Pflanztöpfen austritt. Das ist nicht schlimm, da die Säulen nur lose im Unterbau stehen und das Wasser wieder zurück in den Tank fließt.

### Steuerung

Für eine einfache, günstige, und möglichst flexible Steuerungslösung für die Salatmaschine habe ich meine etwas verschütteten Arduino-Kenntnisse wieder ausgegraben. Und war mal wieder überrascht, mit wie wenig Aufwand und wie schnell sich aus den Code-schnipseln im Internet und den tausenden von Shields und Komponenten komplexe Lösungen zusammenstecken lassen.

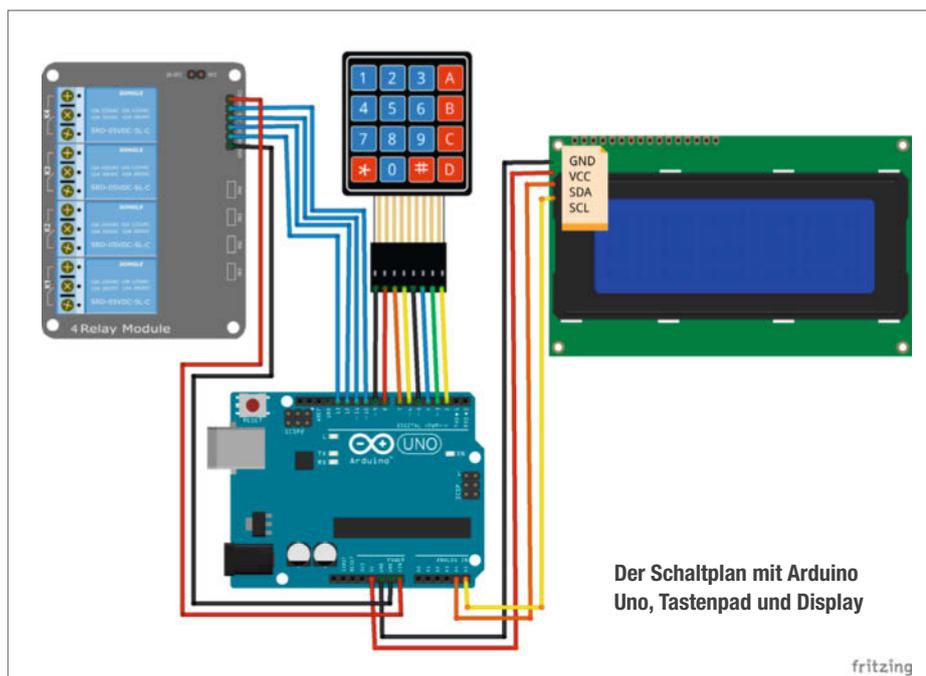
### Hardware

Meine Steuerung basiert auf einem Arduino Uno. Als Display habe ich ein I<sup>2</sup>C- Displayelement mit 20 × 4 Zeichen verwendet, da es wirklich einfach anzusteuern ist. Die Schaltung erfolgt über ein 4-fach Relaismodul. Aktuell wird zwar nur die Pumpe gesteuert, also auch nur ein Relais verwendet – aber wer weiß, was die Salatmaschine V3.0 so alles für Anforderungen hat. Für die Stromversorgung der gesamten Schaltung kommt ein kleines 5V-Netzteil zum Einsatz, wie es auch zum Betreiben von LED-Ketten verwendet wird.

Die gesamte Elektronik inklusive der Außensteckdose habe ich in einem wetterfesten Schaltkasten mit Plexiglasfront untergebracht. Der Kasten hat unten eine Nut zur Durchführung des Strom- und Pumpenanschluss bekommen. Außerdem habe ich seitlich einen Schlitz hinein gefeilt, um die Anschlussbahn der Tastatur nach außen zu führen. Die Folientastatur mit der selbstklebenden Rückseite habe ich so aufgeklebt, dass sie den Schlitz dicht umschließt.

### Software

Der Arduino Code ist sehr einfach, da ich mich auf die Steuerung der Pumpe beschränkt habe. Ich lese nur die Eingaben vom Keypad aus, setze die Bewässerungszeit und das -intervall entsprechend und prüfe, ob der Timer einen der beiden Werte erreicht hat. Wie die Aktivierung der Pumpe funktioniert, kann man im Code-Ausschnitt *Einfache Pumpensteuerung* nachvollziehen. Im Display werden Bewässerungsintervall und -dauer angezeigt sowie die verbleibende Zeit in Minuten bis zur nächsten Bewässerung. Die Tastenbelegung des Keypad ist der Tabelle *Tastenbelegung* zu entnehmen. Den vollständigen Code auf GitHub finden Sie in den Links in der Kurzinfor.



Der Schaltplan mit Arduino Uno, Tastenpad und Display

### Bepflanzung

Bei den ersten Versuchen habe ich meine Hydroponik-Pflanzen selbst aus Samen gezogen. Das ist unschlagbar günstig, klappt auch mit Steinwolle-Substrat in einem Mini-Gewächshaus recht gut, ist aber planungstechnisch nicht ganz einfach. So ist es mir nie wirklich gelungen, jeweils rechtzeitig die richtige Anzahl von Setzlingen heranzuzüchten, um kontinuierlich die

abgeernteten Lücken in den Pflanzsäulen zu füllen. Daher bin ich im vergangenen Jahr dazu übergegangen, Setzlinge auf dem Wochenmarkt oder im Gartencenter zu kaufen. Dann kann man jeweils genau soviel Setzlinge beschaffen, wie gerade benötigt werden.

Ich verwende kleine Gittertöpfe der Maße 5cm x 8cm, die man im 10er-100er Pack günstig im Internet oder Gartencenter kaufen kann. Ich finde die ganz günstigen, dünnen Gittertöpfe am besten, da sie sich richtig gut in die Öffnungen hinein klemmen lassen. Töpfe aus dickerem Material sind manchmal einfach zu steif.

Die Erde an den Wurzelballen der Setzlinge sollte man nicht ins Wasser spülen, da sonst die Bewässerung verstopfen könnte. Deshalb streift man den Wurzelballen vorsichtig ab, sodass er besser in die Netztöpfchen passt und umhüllt ihn mit Baumwollstoff. Stücke eines alten Bettbezugs haben bei uns sehr gute Dienste geleistet. Den eingehüllten Wurzelballen drückt man in den Topf und setzt ihn in die Pflanzöffnungen der Säule.

## Das Tomatenmonster

Im vorletzten Sommer hatte ich auch noch ein paar Tomatenpflanzen, die sich in der Salatmaschine ungeahnt gut entwickelten. Meine Frau sprach nur noch vom „Tomatenmonster“. Die Ausbeute war aber nicht überragend, was wohl auf unsachgemäße Pflege zurückzuführen war – was „Ausgeizen“ bedeutet, hat mir ein Freund erst später erklärt. Als ich im Herbst die Anlage stilllegen wollte, musste ich richtig kämpfen, um die Bewässerung zwischen prall gefüllten Wurzelsäcken freizulegen. Ich habe mich inzwischen ganz auf die Aufzucht von Salaten beschränkt. Salat ist lecker, robust, wurzelt nicht so stark und kann über einen langen Zeitraum im Jahr gezogen werden.

Die „Ernte“ des Salats geht schnell und sauber vonstatten: Man zieht die gesamte Pflanze einfach mit Netztopf aus der Pflanzsäule, schneidet den Salatkopf ab, entfernt die langen Wurzeln und drückt den Ballen aus dem Netztopf, den man dann zur Vermeidung von Plastikmüll gleich wiederverwenden kann.

## Wasserqualität

Da die Pflanzen ja nahezu keine Erde um die Füße haben, müssen dem Wasser alle notwendigen Nährstoffe zugesetzt werden. Im Internet finden sich viele Vorschläge für die Zusammensetzung von Nährlösungen für hydroponische Pflanzenzucht. Nachdem ich aber festgestellt habe, dass alle empfohlenen Zutaten in normalem Pflanzendünger enthalten sind, habe ich hier nicht weiter herumprobiert, sondern einfach einen günstigen Fertigdünger gekauft.

Etwas Mühe habe ich mir aber bezüglich des pH-Werts der Nährlösung gemacht. Jede Pflanze hat in freier Wildbahn einen Lieblings-

## Einfache Pumpensteuerung

```
// Initialwerte setzen
max_water = 5.0; // sec
duration_interval = 1.0; //min
last_water=millis(); // millis
//duration_water = 0; // sec
digitalWrite(Kanal_1, LOW);
pumpe_an = false;

//pruefen ob wasser angeschaltet werden soll
if (millis() > last_water + duration_interval*60000) {
  // pumpe anschalten
  digitalWrite(Kanal_1, HIGH);
  pumpe_an = true;
  // Bildschirm ausschalten
  lcd.setBacklight(0);
  last_water = millis();
  // Anzeige setzen
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("**");
  lcd.setCursor(12,1);
  lcd.print(" ");
}

else {
  // Zeit runterzaehlen
  lcd.setCursor(12,1);
  lcd.print("now: ");
  dry_time_left = duration_interval - (millis()-last_water)/60000;
  sprintf(out,"%3d",dry_time_left);
  lcd.print(out);
}

if (pumpe_an) {
  if (millis() > (last_water + max_water*1000)) {
    // Pumpe aus
    digitalWrite(Kanal_1, LOW);
    pumpe_an = false;
    // Anzeige setzen
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("**");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(12,2);
    lcd.print(" ");
  }
}

else {
  // Zeit runterzaehlen
  lcd.setCursor(12,2);
  wet_time_left = max_water - (millis()-last_water)/1000;
  lcd.print("now: ");
  sprintf(out,"%3d",wet_time_left);
  lcd.print(out);
  lcd.setCursor(12,1);
  lcd.print(" ");
}
}
```

boden, und die Zusammensetzung des Bodens hängt eng mit seinem pH-Wert zusammen. Also habe ich ein elektronisches pH-Meter angeschafft. Für Salate wird ein Wert von pH 5,5 bis pH 7,5, also leicht sauer bis neutral, angegeben, so dass ich für die Salatmaschine versucht habe, den Wert auf 6,0 zu halten. Dazu misst man nach der Zugabe des Düngers das Wasser im Tank. Der Wert wird wahrscheinlich über pH 7,5 liegen. Um den pH-Wert zu drücken, verwendet man ein Gemisch aus Harnstoff und Zitronensäure, beispielsweise *pH-Down*.

## Tastenbelegung

Taste	Funktion
A	Die Bewässerungsdauer wird um 1 Sekunde reduziert.
B	Die Bewässerungsdauer wird um 1 Sekunde erhöht.
C	Das Bewässerungsintervall wird um 1 Minute reduziert.
D	Das Bewässerungsintervall wird um 1 Minute erhöht.
*	Die Bewässerung wird (z.B. zu Testzwecken) sofort eingeschaltet und der Timer zurückgesetzt



Die kleinen Sämlinge setzt man vorsichtig in die Gittertöpfe und den Gittertopf in die Aussparung in den Rohren – so werden die Wurzeln vom Sprühwasser befeuchtet.



Die Krönung der ganzen Arbeit: Die Ernte.

Dieses ätzende Pulver (vorsicht mit Haut und vor allem Augen!) gebe ich mit einem Esslöffel in den Tank und rühre kräftig um. Dann halte ich das pH-Meter ins Wasser und warte so lange, bis es einen stabilen Wert anzeigt. Diesen Schritt wiederhole ich, bis der Wert bei oder um pH 6,0 liegt. Da ja im laufenden Betrieb immer wieder etwas Wasser nachgefüllt wird, empfiehlt es sich, diese Einstellung des Wassers alle vier bis sechs Wochen zu wiederholen. Insgesamt lag ich mit dieser Taktik sicher nicht ganz daneben, denn der Salat wuchs wie wild, und das Wasser blieb den ganzen Sommer algenfrei und klar.

### Unser Salatjahr 2020

Die Salatsaison 2020 lief vom 12. April bis zum 11. November (Helau!) und war ein voller Erfolg. Wir haben täglich frischen und wirklich gut schmeckenden Salat gegessen. Auch die Sicherstellung des Nachschubs an neuen Pflanzen ging reibungslos vonstatten: Alle zwei Wochen ein 12er-Pack Setzlinge auf dem Wochenmarkt zu kaufen hat gut gepasst. Wir sind (fast) schädlingsfrei durch das Jahr gekommen. Durch die erdfreie Aufzucht ist vielen lästigen Mitessern im wahrsten Sinne des Wortes die Grundlage entzogen: keine Drahtwürmer, Erdflöhe oder Erdraupen, und auch keine Wühlmäuse und Schnecken im Salat! Wir hatten nur kurz eine Periode, in der vor allem der Eichblattsalat sich den *Falschen Mehltau* eingefangen hat. Ursache war der deutlich zu dunkle und feuchte Standort in der Salatpension während unseres Urlaubs. Wir haben das Problem dadurch in den Griff bekommen, dass wir die befallenen Blätter immer sofort entfernt und die Pflanzen mit einem Knoblauchsud besprüht haben.

### Saisonende

Auch das Ausklingen lassen der Saison im Herbst hat super funktioniert. Wir haben uns bei der Ernte säulenweise „durchgekaut“ und freierwerdende Pflanzöffnungen nicht wieder neu besetzt. Dann wird eine Pflanzsäule nach der anderen abgebaut: Wasser am Verteiler abdrehen, Säule abnehmen, Bewässerungsrohr herausnehmen, beides gründlich mit warmem Wasser und einem Küchenschwamm von Wurzel- und Blattresten säubern, Düsenöffnungen zum Reinigen kurz durchstechen und dann ab ins Winterlager. Der DN110-Deckel der Säule verschließt dann die Aufnahme der Säule im Unterbau. Ist die letzte Säule leergefüttert, schließt man an einen der Verteilerausgänge einen Gartenschlauch an und lässt die Pumpe den Tank leerpumpen. Mit der passenden Beleuchtung kann die Hydroponikanlage alternativ auch in die Wohnung ziehen und das ganze Jahr frischen Salat liefern.

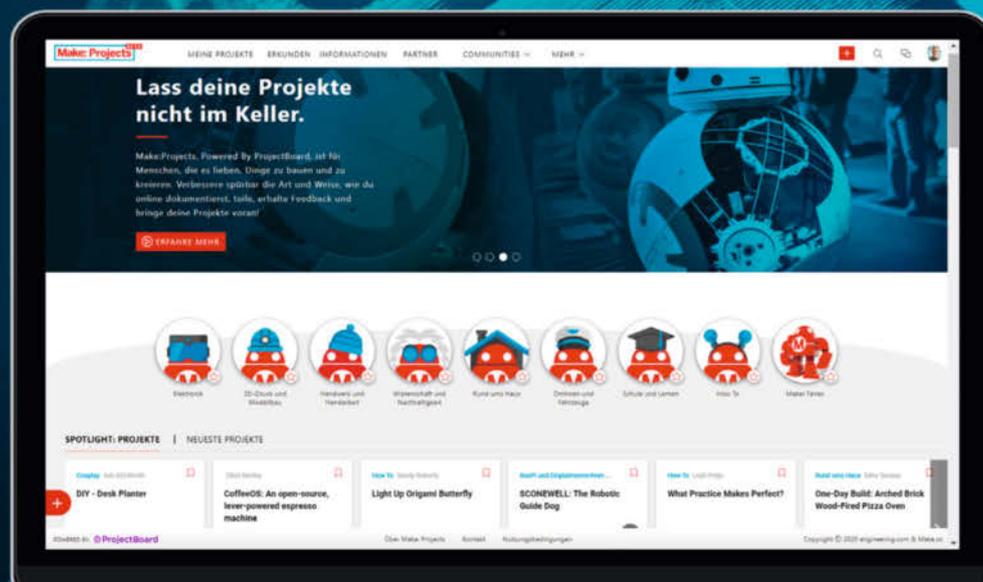
### Ausblick

Mal sehen, wie sich die Salatmaschine in der nächsten Saison weiterentwickelt. Ideen gibt es genug: Mit einer Pflanzbeleuchtung könnte man die Wachstumsperiode bis in den Winter verlängern. Mit einem ESP32 und Sensoren bietet es sich an, jederzeit den Status der Salatmaschine (Feuchte, Pumpe, pH, Wasserstand), im WLAN abzufragen. Die Überprüfung des pH-Werts der Nährlösung ließe sich ebenfalls automatisieren. Und mit einer Solarsteuerung wäre die Salatmaschine gleich noch autarker. Für die Umsetzung einiger dieser Ideen kann man sich von der Hydroponikanlage aus der letzten Ausgabe, der Make 1/21, inspirieren lassen. —rehu

## Kleine Salatkunde

Salatart	getestet	Eigenschaften		Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Kopfsalate	Lollo Rosso, Romana, Butterskopf	früher Anbau möglich	<b>Aussaat</b>												
			<b>Ernte</b>												
Pflücksalat	Eichblatt rot/grün	Blattweise zu ernten über einen längeren Zeitraum	<b>Aussaat</b>												
			<b>Ernte</b>												
Eis-salate	Eisberg-salat	schmackhaft, kann erntereif lange stehen bleiben	<b>Aussaat</b>												
			<b>Ernte</b>												
Zichorien	Radicchio, Endivien	Bitterstoffe, sehr gesund, verträgt kältere Temperaturen	<b>Aussaat</b>												
			<b>Ernte</b>												

# Make: Projects



**Zusammen mehr machen –  
Teile deine Ideen, hol dir Inspiration,  
revolutioniere deine Projekte**

**... all das gemeinsam auf Make Projects!**

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

© copyright by Make: Media GmbH

# Bilderrahmen mit Überraschungseffekt

Ein tolles gerahmtes Bild mit einem Motiv vom letzten Urlaub oder der Familie ist ein Hingucker. Dieser Bilderrahmen ist überraschend: Für Gäste, weil das Bild wie von Zauberhand wechselt – und für den Besitzer, weil in diesem digitalen Bilderahmen nicht nur eigene Fotos zu sehen sind, sondern auch die von Freunden und Verwandten.

von Sven Klomp



Für Menschen, die wie ich nicht mehr hinterherkommen, Bilder vom Urlaub und anderen Ereignissen in schön gestalteten Fotoalben oder -büchern zu verarbeiten, ist ein digitaler Bilderrahmen eine tolle Alternative, um in Erinnerungen zu schwelgen. Und wenn dann auch noch Freunde und Verwandte die Möglichkeit haben, eigene Bilder unkompliziert aufzuspielen, wird man selbst noch überrascht. Außerdem bietet dieser Austausch auch in Zeiten von Social-Distancing ein wenig die Möglichkeit, am Leben von Freunden und der Familie teilzuhaben.

Hauptkriterium für mich war, dass sich Bilder auch von außerhalb des Heimnetzes auf den Bilderrahmen bringen lassen, ohne jedoch die (Fritz-Box)-Firewall aufbohren zu müssen oder den Bilderrahmen ungeschützt ins Internet zu „hängen“. Auch in der Make und Sonderheften gab es schon Artikel über solche Bilderrahmen, die aber anders an das Internet angebunden sind.

Kommerzielle Lösungen gibt es ausreichend. Jedoch strapazieren insbesondere Geräte mit größeren Bildschirmen schnell den Geldbeutel. Außerdem werden die privaten Bilder dann häufig auf fremde Cloud-Speicher abgelegt und was passiert, wenn der Anbieter irgendwann sein Produkt nicht mehr unterstützt?

Im Internet lassen sich einige Beiträge finden, wie sich kostengünstig ein alter Monitor und ein Raspberry Pi mit installiertem Betriebssystem (zum Beispiel Raspbian) durch Installation weiterer Pakete und Erstellung von Skripten zu einem digitalen Bilderrahmen umfunktionieren lassen. Jedoch sind die manuellen Anpassungen in den Systemeinstellungen und Skripten mühsam und häufig auch fehleranfällig.

Die erste Version des Rahmens sollte ein Weihnachtsgeschenk werden, das möglichst einfach zu nutzen und zu warten ist und die oben genannten Nachteile nicht hat. Daher habe ich bei der Arbeit am Bilderrahmen zusätzlich photOS entwickelt (siehe Links in der Kurzinfor), das im Laufe der Zeit zu einem kompakten Betriebssystem, speziell für diesen Anwendungsfall, geworden ist. In diesem Artikel erläutere ich Schritt für Schritt den Aufbau Ihres eigenen digitalen Bilderrahmens.

## Hardware-Auswahl

Hat man nicht bereits einen ausgedienten Monitor zur Hand, ist bei der Auswahl auf die Größe zu achten. Damit die Bilder an der Wand ihre Wirkung entfalten können, sollte eine Bildschirmdiagonale über 20 Zoll (ca. 51cm) gewählt werden. Kleinere Monitore eignen sich hingegen besser, wenn der Bilderrahmen später stehend platziert werden soll. Außerdem sind Monitore mit IPS-Panel aufgrund des großen Betrachtungswinkels zu bevorzugen.

## Kurzinfor

- » Digitaler Bilderrahmen für die schönsten Erinnerungsfotos
- » Automatische Synchronisation von einem beliebigen WebDAV-Server
- » Hochladen neuer Bilder durch Freunde und Verwandte ohne direkten Zugriff auf den Bilderrahmen
- » Stromsparend in der Nacht

## Checkliste



### Zeitaufwand:

2 Stunden (Technik), 1 Tag (Rahmen)



### Kosten:

60 Euro

## Material

- » Raspberry Pi Zero W
- » SD-Karte 8GByte
- » Monitor gebraucht oder refurbished
- » Monitorkabel Mini-HDMI auf HDMI oder DVI, je nach Monitor
- » Rahmenleisten
- » Holzleim
- » Flachdübel

## Mehr zum Thema

- » Wasili Adamow, Patrick Beedgen, Marc Hassenzahl, Kirstin Kohler, Eva Lenz, Thies Schneider, digitales Familientreffen, Make: IoT Special 2016, S. 104
- » Lukas Scheffler, digitaler Bilderrahmen mit Messenger-Funktion, Make Magazin 5/2019, S. 32
- » Heinz Behling, Nistkasten 2.0, Make Magazin 1/2021, S. 28, (verwendet MotionEyeOS)

## Werkzeug

- » Grundaufbau Schraubendreher, Zangen u. ä.
- » Rahmen Selbstbau Oberfräse, Gehrungssäge, Schleifmittel, Holzbohrer, Rahmensepanner

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xb2e](https://make-magazin.de/xb2e)

# Überblick photOS

photOS basiert auf thingOS von Calin Crisan. thingOS ist ein speziell angepasstes Buildroot-System, welches als Basis für IoT-Projekte dient. Bekanntester Ableger ist MotionEyeOS (alle Links siehe Kurzinfor), eine GNU/Linux Distribution, um Einplatinencomputer wie den Raspberry Pi als Überwachungskameras zu nutzen. Das Ziel von thingOS ist es, die Entwicklung von kompakten Linux-basierten Betriebssystemen so einfach wie möglich zu gestalten. Dazu bietet es bereits Mechanismen zur einfachen Installation, Over-the-air-Updates und Backups. Außerdem ist das Root-Filesystem nur lesend eingebunden, sodass bei einem plötzlichen Ab-

schalten der Spannung das Image auf der SD-Karte nicht zerstört wird.

photOS erweitert diese Basis um einen angepassten Bildbetrachter, welcher direkt in den Linux Framebuffer rendert.

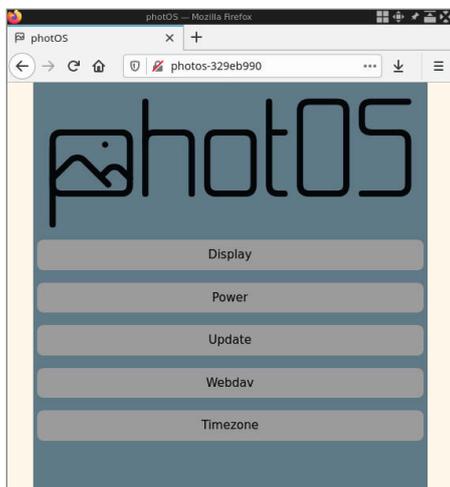
Dadurch wird das Image sehr kompakt gehalten, weil keine zusätzlichen Abhängigkeiten wie eine grafische Oberfläche mit

Window-Manager oder gar eine komplette Desktopumgebung (z.B. KDE oder GNOME), benötigt werden. Außerdem ist eine einfache, webbasierte Oberfläche mit an Bord, um das System komfortabel über einen Browser konfigurieren und bedienen zu können.



## SD-Karten Skript

```
wget https://raw.githubusercontent.com/avanc/photos/master/writeimage.sh
chmod u+x ./writeimage.sh
./writeimage.sh -d /dev/mmcblk0 -i photOS-raspberrypi-0.2.1.img.xz -n „WIFI_SSID:WIFI_SSIDKEY“
```



### Konfigurationsmenü von photOS

Das Seitenverhältnis des Monitors sollte grob dem Seitenverhältnis der eigenen Bilder entsprechen. So eignet sich ein Monitor im 16:10 Format besser für Besitzer einer Spiegelreflexkamera (typischerweise 4:3), als etwa HD (16:9) oder gar Ultra-Wide. Jedoch skaliert photOS die Bilder generell bildschirmfüllend und schwarze Ränder werden nur dann angezeigt, wenn ansonsten über 30% des Bildinhaltes abgeschnitten würden.

Da der Einplatinenrechner nicht viel mehr zu tun hat, als alle paar Sekunden ein Bild zu

## Energieverbrauch

Der Energieverbrauch des Bilderrahmens hängt maßgeblich von dem verwendeten Monitor ab und sollte nicht vernachlässigt werden. In meinem Fall beträgt der Gesamtverbrauch des Monitors (Fujitsu B22W-7) inklusive Raspberry Pi Zero W etwa 12 Watt. Schaltet der Raspberry Pi den HDMI-Ausgang aus, was den Monitor in den Standby-Modus gehen lässt, dann sinkt der Verbrauch auf unter 1,5 Watt.

Bei der Annahme, dass der Bilderrahmen den halben Tag Fotos zeigt und die andere Hälfte im Standby ist, liegen die Energiekosten bei einem durchschnittlichen Preis von 0,32 Euro/kWh über das gesamte Jahr gerechnet bei knapp 19 Euro.

## Nextcloud

Nextcloud ist Open-Source-Software zum Austausch von Dateien, welche auf dem eigenen Server installiert werden kann. Neben der Nextcloud Hub genannten Serversoftware werden auch Clients für den Desktop, sowie Android und iOS angeboten, um Dateien automatisch zu synchronisieren. Zusätzlich lässt sich Nextcloud Hub mit Plug-ins erweitern. So beinhaltet die Basisinstallation bereits Kalender- und Kontaktverwaltung, welche sich ebenfalls mit anderen Clients synchronisieren lassen.

laden und anzuzeigen, ist ein Raspberry Pi Zero W vollkommen ausreichend. Sollte die Auflösung des Monitors 1920 × 1200 Bildpunkte übersteigen, muss über einen Raspberry Pi 4 nachgedacht werden, da dieser im Gegensatz zu allen anderen Modellen die 4K-Auflösung (3840 × 2160) unterstützt.

Viele Monitore besitzen einen integrierten USB-Hub. Dies ist ideal, da sich darüber dann ein Raspberry Pi Zero direkt mit Strom versorgen lässt, ohne dass ein separates 5V-Netzteil nötig ist. Dies funktioniert aber nur mit dem Zero W und auch hier ist zu testen, ob der Hub auf Dauer den Strom liefern kann. Alle anderen Raspis brauchen mehr Strom, als ein normaler Hub liefern kann. Ferner sollte im Vorfeld sichergestellt werden, dass sich der USB-Hub nicht im Standby-Modus des Monitors abschaltet und der Raspberry Pi dann ebenfalls ausgeht. Bei manchen Monitoren lässt sich das Verhalten im Menü konfigurieren.

Als weitere Hardware wird neben der Micro-SD-Karte für den Raspberry Pi lediglich noch ein passendes Monitorkabel (Mini-HDMI auf HDMI oder gegebenenfalls Mini-HDMI auf DVI-D) sowie ein Micro-USB-Kabel zur Stromversorgung benötigt (entweder über den Monitor oder über ein zusätzliches Netzteil).

## Installation und Konfiguration von photOS

Das aktuelle Image aus dem Releases-Zweig im GitHub kann über die Links in den Kurzinformaten heruntergeladen werden. Es ist darauf zu achten, das Image für das passende Board herunterzuladen. Im Falle des Raspberry Pi Zero

W ist es *photOS-raspberrypi-[version].img.xz*, [version] sollte die aktuellste sein.

Unter Linux lässt sich das Image leicht mit dem bereitgestellten Skript auf die SD-Karte schreiben und im gleichen Zuge das Netzwerk konfigurieren. Es ist darauf zu achten, dass das richtige SD-Card-Device angegeben wird und die Zugangsdaten zu Ihrem WLAN (*Listing SD-Karten Skript*) eingetragen werden.

Unter Windows kann das Image zum Beispiel mit *balenaEtcher* (Link in den Kurzinformaten) installiert werden. Jedoch muss hier im Nachgang noch die Konfiguration des Netzwerks erstellt werden. Dazu die SD-Karte erneut einlegen und auf der ersten Partition die Datei *wpa\_supplicant.conf* mit folgende Informationen erstellen:

```
update_config=1
ctrl_interface=/var/run/wpa_supplicant
network={
    scan_ssid=1
    ssid="WIFI_SSID" # Ihr Netz!
    psk="WIFI_SSIDKEY" # Ihr Passwort!
}
```

Nun kann die SD-Karte in den Raspberry Pi gesteckt und das System gebootet werden. Der erste Startvorgang dauert etwas länger, da eine dritte Datenpartition erstellt und formatiert wird. Diese Datenpartition wird unter anderem zur Speicherung der synchronisierten Fotos genutzt. Anschließend wird man mit einem Platzhalterbild begrüßt und die URL zur Konfiguration des Systems wird angezeigt.

Wird die URL in einem Webbrowser eines Rechners oder Smartphone im gleichen Netzwerk wie der Bilderrahmen eingegeben, werden diverse Einstellungsmöglichkeiten von photOS angezeigt.

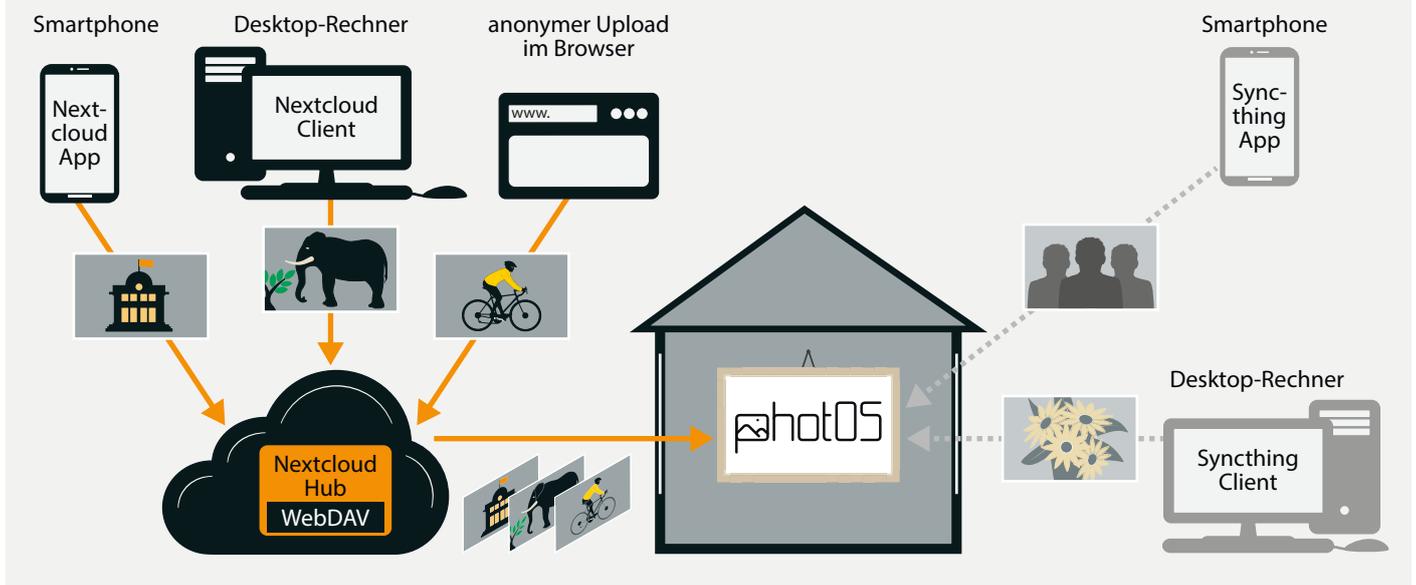
Unter dem Menüpunkt Display lässt sich der HDMI-Ausgang des Raspberry Pi aktivieren und deaktivieren. Da die meisten Monitore dann in einen Stromsparmmodus gehen, kann zum Beispiel nachts Energie gespart werden.

Zusätzlich lassen sich Zeiten konfigurieren, wann das Display automatisch aktiviert und deaktiviert wird. Im gleichen Zuge sollte unter *Timezone* auch die Zeitzone eingestellt werden, da diese in der Grundkonfiguration auf UTC (Universalzeit, Weltzeit) gesetzt ist und die Umschaltzeitpunkte somit hinterherhinken würden.

Im Menüpunkt *Power* lässt sich der Raspberry Pi unter anderem herunterfahren. Jedoch verkraftet das System auch mal ein har-

## photOS-Systemübersicht

Das Zusammenspiel von photOS, Nextcloud und den Endgeräten, die Zugriffsarten auf der rechten Seite befinden sich in der Entwicklung.



tes „Steckerziehen“, da das Root-Filesystem *read-only* gemountet ist und somit ein Zerstören des Images sehr unwahrscheinlich ist. Wie der Name es bereits andeutet, kann man sich unter *Updates* neue photOS Versionen anzeigen lassen und gegebenenfalls die Aktualisierung gleich anstoßen.

### WebDAV und Nextcloud

Um nun auch Bilder auf das System zu bekommen, muss ein WebDAV-Server eingerichtet werden. WebDAV (Web-based Distributed Authoring and Versioning) ist ein Protokoll

zum Austausch von Dateien. Da es auf HTTP aufsetzt, wird es in der Regel nicht durch Firewalls blockiert.

Damit der Upload auch von außerhalb des Heimnetzwerkes funktioniert und der Rahmen nicht dem Internet per Portfreigabe ausgesetzt ist, sollte sich der WebDAV-Server im Internet befinden. Daher nutze ich Nextcloud als WebDAV-Server und photOS verbindet sich einfach als Client und lädt Bilder von dort auf den lokalen Speicher. Im Gegensatz zu einem reinen WebDAV-Server bietet Nextcloud weiterhin noch eine komfortable Smartphone-App und die Möglichkeit des

anonymen Datei-Uploads. Der für mich persönlich größte Vorteil ist, dass ich Nextcloud selber hosten kann und somit volle Kontrolle habe, wo meine Fotos und weitere persönliche Daten wie Kalender und Adressbuch gespeichert sind. Wem das Aufsetzen eines eigenen Servers jedoch zu viel Aufwand ist, kann auf einen der vielen kostenlosen Nextcloud-Anbieter (Link in den Kurzzinfos) zurückgreifen.

Zu bedenken ist, dass das Nextcloud-Passwort im Klartext auf dem photOS System gespeichert wird, da das zugrunde liegende DAV-Filesystem das Passwort benötigt. Ob-

## Studiengang

## Elektrotechnik und Informationstechnik

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Bachelor

Master

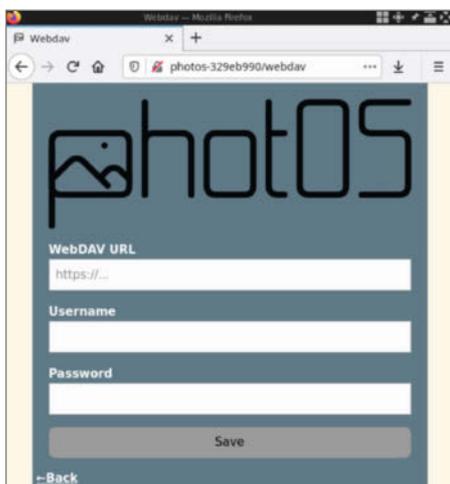
Diplom

Elektrotechnik und Informationstechnik setzt Innovationen in den unterschiedlichsten Bereichen unserer stark digitalisierten Technologiegesellschaft. Erneuerbare Energien, Mobilität oder auch elektronische Kommunikation sind unter anderen Themenschwerpunkte des Ingenieurstudiengangs. - Ingenieure\*innen der Elektrotechnik und Informationstechnik tragen somit nicht nur aktiv zu einer Verbesserung der Lebensqualität bei, sondern auch zur Schonung natürlicher Ressourcen.

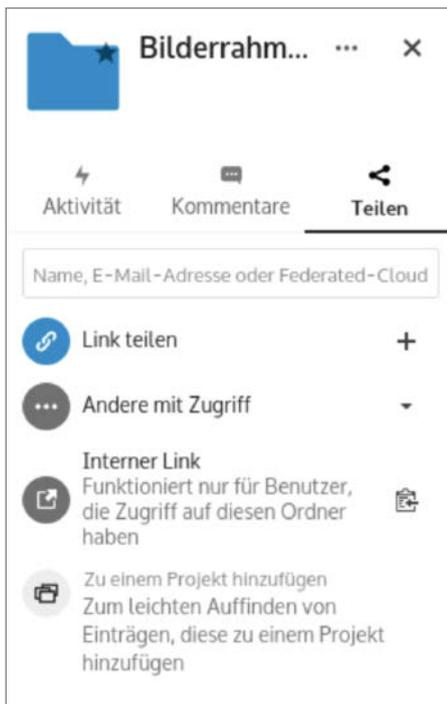
Studienfachberatung: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Jochen Seitz  
 jochen.seitz@tu-ilmenau.de  
 www.tu-ilmenau.de



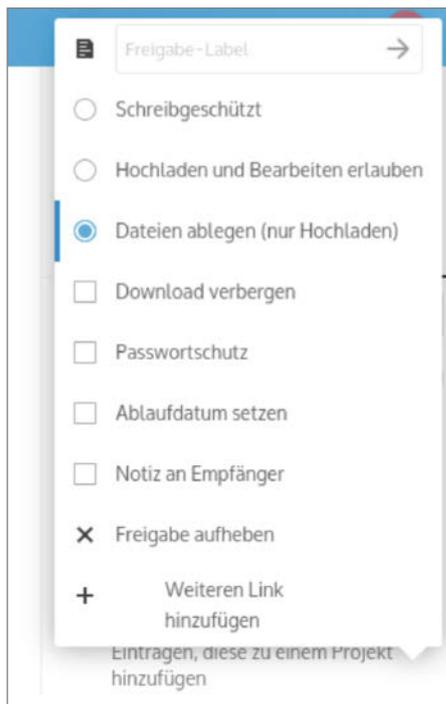
Die WebDAV-URL wird in Nextcloud ausgegeben



Konfiguration von WebDAV in photOS



Verzeichnis in Nextcloud per Link freigeben, dies setzt im nächsten Schritt die Rechte.



Bei der Freigabe nur *Dateien ablegen (nur Hochladen)* auswählen.

wohl der digitale Bilderrahmen nur aus dem lokalen Heimnetz erreichbar sein sollte, ist es ratsam, einen eigenen Account nur für photOS zu erstellen.

Nach dem Einloggen per Browser in die Nextcloud kann ein eigener Ordner für die Bilder erstellt werden. Zum Testen können

auch schon die ersten Fotos hochgeladen werden. Innerhalb des Ordners lässt sich unten links unter *Einstellungen* die WebDAV-URL ablesen, welche gemeinsam mit dem Nutzernamen sowie Passwort zur Konfiguration von photOS benötigt wird.

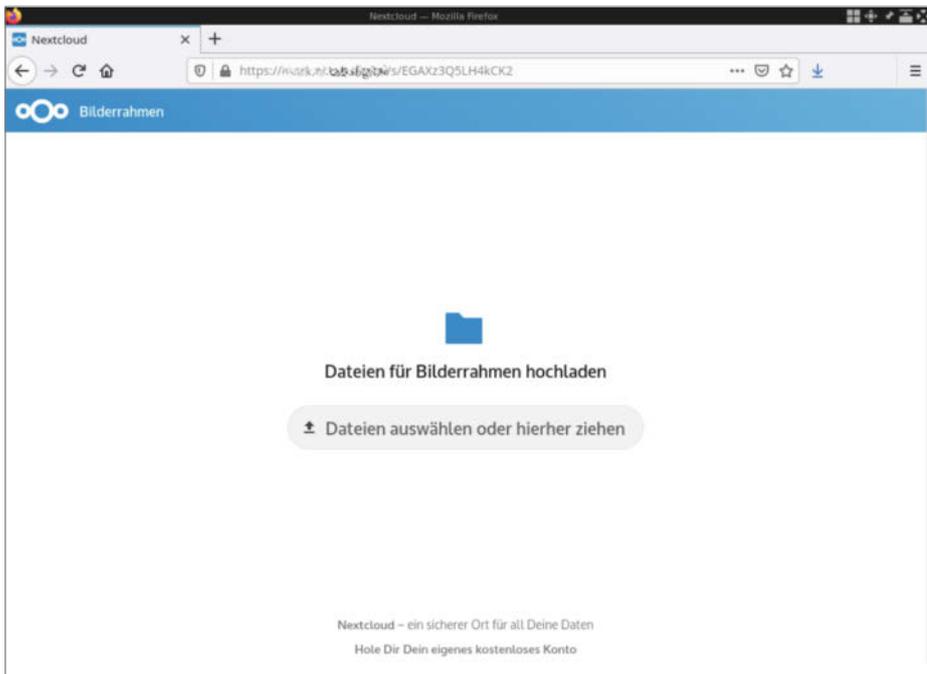
Nach dem Speichern der WebDAV-Zugangsdaten in photOS wird automatisch die Synchronisation angestoßen und bereits nach kurzer Zeit sollten die im Vorfeld hochgeladenen Bilder in zufälliger Reihenfolge angezeigt werden. Die Bilder werden im Intervall von zehn Sekunden angezeigt und alle 30 Minuten wird automatisch nach neuen Bildern auf dem WebDAV-Server geschaut.

Damit nun auch Freunde und Verwandte den Bilderrahmen befüllen können, kann in der Nextcloud noch ein Link zum Teilen des Verzeichnisses erstellt werden.

In der Verzeichnisfreigabe sollte nur das Hochladen von Dateien erlaubt werden. Bei Bedarf lässt sich die Funktion auch mit einem Passwort schützen.

Freunde können nun einfach über ihren Browser Bilder hochladen, ohne dass sie die anderen Bilder einsehen können. Dies funktioniert mit spontanen Schnappschüssen auch vom Mobiltelefon aus.

Sollen die Bilder nicht ungeprüft auf dem Bilderrahmen erscheinen, kann man auch ein anderes Verzeichnis für den Upload erstellen und manuell die genehmen Bilder in das eigentliche Verzeichnis verschieben.



Einfaches Hochladen von Fotos direkt im Browser

## Bau des passenden Bilderrahmens

Nachdem der technische Aufbau abgeschlossen ist, fehlt „nur“ noch ein ansprechender Rahmen. Da Monitore sehr unterschiedlich aufgebaut sind, kann ich an dieser Stelle nur Impulse für den eigenen Rahmen geben. Meine initiale Idee war es, Bilderrahmenleisten zu kaufen und diese dann entsprechend zuzuschneiden und zu verkleben. Beim Ausbau des Displays inklusive Elektronik aus dem Gehäuse stellte sich aber heraus, dass der Randbereich des Displays etwa 10 mm beträgt, welcher vom Rahmen abgedeckt werden sollte.

Jedoch konnte ich keine passende Bilderrahmenleiste finden, welche einen ausreichend breiten Falzausschnitt (der Bereich, der den Rand des Bildes/Monitors verdeckt) hat. Daher habe ich die Rahmenleisten mit einer Oberfräse selbst erstellt. Da das Display mehr wiegt als ein einfaches Bild, habe ich die Klebestellen mit Flachdübeln verstärkt.

Das Display habe ich im Rahmen mittels zweier quer angebrachter Leisten fixiert. Dazu habe ich M4-Versenkmuttern in den Rahmen eingebracht. Entsprechende M4-Ringschrauben halten die Leisten und den Rahmen zusammen und dienen zusätzlich als Aufhängung.

Im letzten Schritt wird der Raspberry Pi festgeschraubt und der digitale Bilderrahmen kann endlich an den geplanten Platz an der Wand aufgehängt werden.

In meinem GitHub werden neue Entwicklungen, z.B. weitere Möglichkeiten auf den Rahmen zuzugreifen, entwickelt und diskutiert. Schauen Sie doch einmal dort vorbei (Link in der Kurzinfo). Ansonsten viel Spaß beim Innehalten vor alten Erinnerungen und neuen Eindrücken von Freunden und Verwandten.

—caw



Der metallene Rand des Monitors sollte aus optischen Gründen vom Holzrahmen überdeckt werden.



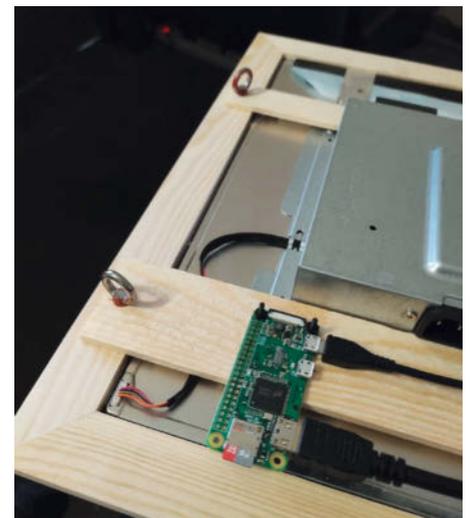
Die Rahmenleisten werden mit Flachdübeln verstärkt.



Ein Rahmen-Bandspanner erleichtert das Verkleben sehr, da der Rahmen in einem Rutsch geklebt werden kann.



Ein spannender Moment ist das Einsetzen des Displays in den fertigen Rahmen. Lohn der sorgfältigen Planung: alles passt!

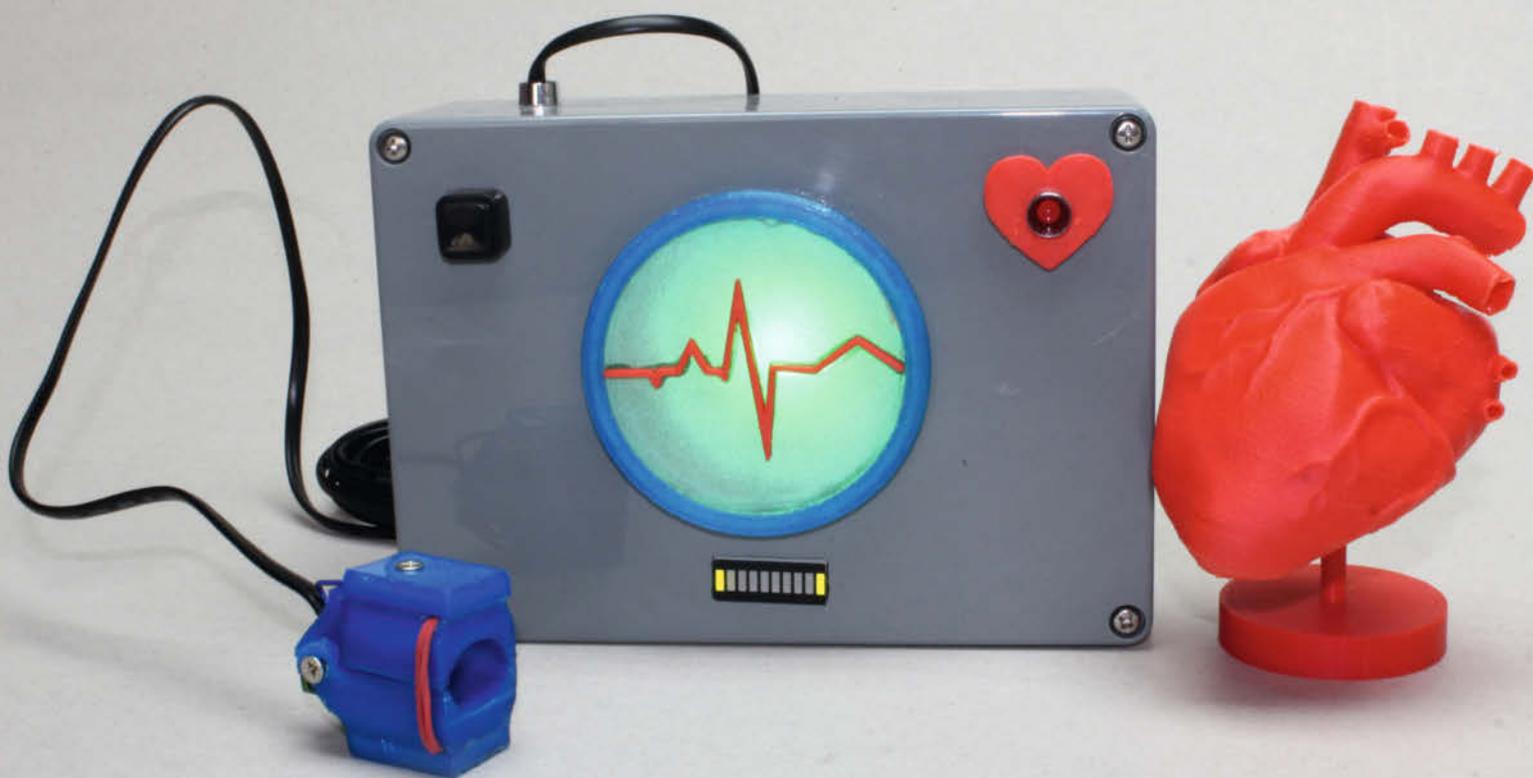


Die Ringschrauben in den Leisten dienen gleichzeitig zur Fixierung des Displays sowie zur späteren Befestigung an der Wand.

# Biofeedback für den Maker

In diesem Artikel zeigen wir, wie Sie mithilfe einfacher Elektronik und einem Arduino Nano Ihren Herzschlag und die Respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) darstellen und trainieren können, um Ihr Herz zu stärken und sich zu entspannen.

von Ulrich Schmerold



**D**er Begriff „Biofeedback“ hört sich zuerst nach etwas Esoterischem oder Mystischem an. Aber weit gefehlt: Unter Biofeedback versteht man wissenschaftliche Methoden, um körpereigene Vorgänge unter Zuhilfenahme von elektronischen Hilfsmitteln sichtbar zu machen. Diese Vorgänge laufen zumeist unbewusst und für einen selbst nicht wahrnehmbar ab. Mithilfe computergestützter Rückmeldung lassen sich diese Vorgänge besser wahrnehmen und mit etwas Übung willentlich beeinflussen und sogar trainieren.

Bio- oder Neurofeedback umfasst einen ganzen Strauß an Körpersignalen, die erfasst und ausgewertet werden können: Hautleitfähigkeit, Hauttemperatur, Atemfrequenz, Atemtiefen, Puls, Elektroenzephalografie (EEG) und viele mehr. Wir wollen uns in diesem Projekt jedoch mit Herzschlag und Atmung beschäftigen. Genauer gesagt werden wir die Atemfrequenz vorgeben und dann bei der Auswertung des Pulses den RSA (siehe Kasten) ermitteln.

## Der Pulssensor

Als Erstes müssen wir die Pulskurve so genau wie möglich detektieren, um später daraus die Respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) errechnen zu können.

Im Internet werden dazu zahlreiche Sensoren angeboten, die zumeist nach zwei verschiedenen Methoden arbeiten. Die einen durchleuchten mit einer Infrarot-LED den vorderen Bereich eines Fingers und messen mittels Photodiode, wie viel Licht den Finger durchdringt. Je nachdem, wie viel Blut gerade durch den Finger strömt, wird mehr oder weniger Infrarotlicht vom Blut *absorbiert*. Aus den Messwerten kann dann der Puls ermittelt werden. Die zweite Gruppe der Sensoren bestrahlen eine Arterie oder eine Vene und detektieren dann das Infrarotlicht, das vom Blut *reflektiert* wird.

Prinzipiell gibt es natürlich noch weitere Verfahren, beispielsweise die Pulsmessung mit auf dem Brustkorb aufgeklebter Sensoren. Jedoch ist hier die Auswerte-Elektronik für unseren Zweck zu aufwendig. Zudem wollten wir uns ja auch nicht jedes Mal Sensoren auf den Brustkorb kleben.

Wir führten Versuche mit sechs Sensoren durch, die wir über das Internet erwarben und konstruierten noch drei Sensoren mit Maker-Equipment. Dabei ergaben sich folgende Erkenntnisse:

- Die Sensoren der MAX30100-Reihe (MAX30100, MAX30102, MAX30105) des Herstellers *Maxim* werden über I<sup>2</sup>C angesteuert und arbeiten nach dem Reflexionsverfahren. Durch eine zweite LED können sie neben dem Puls auch die Sauerstoffsättigung des Blutes bestimmen. Leider gelang es uns je-

## Kurzinfo

- » Biofeedback-Training mit Arduino
- » Pulsmesser im Eigenbau
- » Entspannung durch Making

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
ein Wochenende



**Kosten:**  
30 Euro



**Löten:**  
bedrahtete Bauteile

### Werkzeug

- » Bohrmaschine und Bohrer
- » Lötkolben und Lötzinn
- » 3D-Drucker optional

### Mehr zum Thema

- » Bätz, Bias, Häuser, Muscle Laser Run, Make 6/19, S. 56

### Material

- » Arduino Nano
- » Gehäuse ca. 170mm × 120mm × 55mm
- » LED-Bargraph 10 Segmente
- » RGB-LED 10mm
- » LED 5mm, rot
- » Batteriefach 6AA
- » Lochrasterplatine
- » OpAmp TL072
- » Infrarot-LED 940nm
- » Infrarot-Photodiode 940nm
- » Elko 10µF
- » Kondensatoren 100nF und 10nF
- » Widerstände 2 × 100Ω, 120Ω, 220Ω, 10 × 470Ω, 3,3kΩ, 10kΩ, 56kΩ, 150kΩ, 2 × 220kΩ, 2,2MΩ, 4,7MΩ

Alles zum Artikel  
im Web unter

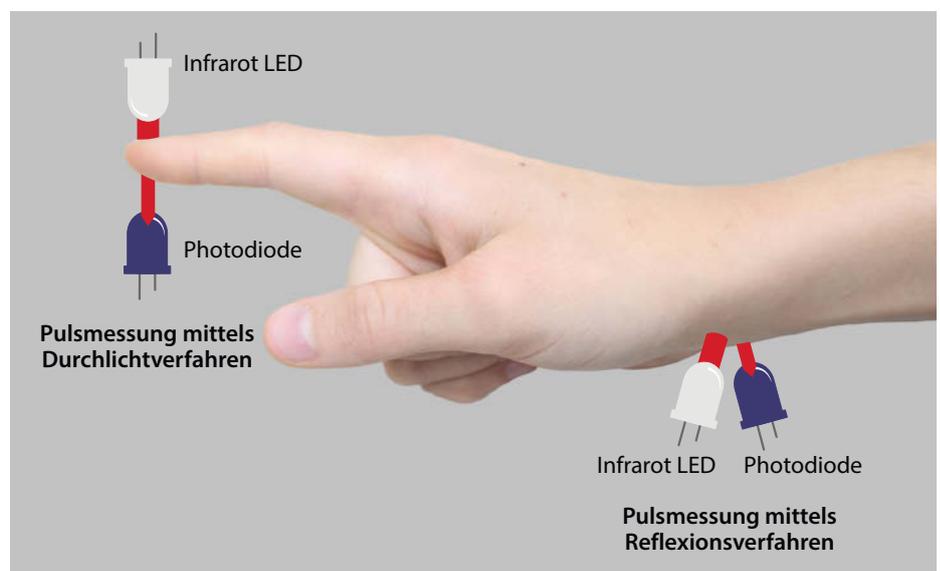
[make-magazin.de/xpjz](https://make-magazin.de/xpjz)

doch nicht, eine detaillierte Pulskurve zu erhalten, da vermutlich die Ansteuerung via I<sup>2</sup>C für unsere Zwecke doch zu langsam war.

- Der TCRT5000 ist eine Infrarot-Lichtschanke (IR, 950nm) für kurze Strecken, die ebenfalls nach der Reflexionsmethode arbeitet. Theoretisch sollte sie sich also auch als Pulssensor eignen. Jedoch gelang es uns damit über-

haupt nicht, auch nur das geringste Signal zu erkennen.

- Ebenso ist es uns nicht gelungen, ein brauchbares Signal von einem Sensor zu bekommen, den wir aus einem Blutdruckmessgerät extrahiert haben. Da der Sensor logischerweise auf Druckveränderungen reagiert, hätten wir eine Blutdruckmanschette zu-



Methoden der Pulsmessung mittels Infrarotlicht

## Respiratorische Sinusarrhythmie (RSA)

Die Respiratorische Sinusarrhythmie beschreibt den Zusammenhang und die gegenseitige Beeinflussung von Atmung und Herzfrequenz. Bei der Einatmung erhöht sich leicht die Herzfrequenz, bei der Ausatmung sinkt sie wieder. Dieses Zusammenspiel wird hauptsächlich durch den Parasympathikus, einem Teil des vegetativen Nervensystems, beeinflusst.

Ein großer RSA ist dabei keineswegs krankheitswertig, sondern die körpereigene Vorgabe eines gesunden Organismus. Am deutlichsten ist der RSA nachweisbar, je jünger der „Patient“ (Proband) ist. Mit zunehmendem Alter sinkt die Fähigkeit, diese flexible Reaktion des Herzschlages herzustellen.

Wissenschaftliche Untersuchungen haben jedoch festgestellt, dass die RSA trainiert

werden kann und sich dabei auch die Entspannungsfähigkeit und das Wohlbefinden verbessern lassen.

Die Respiratorische Sinusarrhythmie wird bei einer vorgegebenen tiefen Taktatmung von sechs Atemzügen je Minute gemessen. Durch die tiefe Atmung muss das Herz während der Einatmung mehr Blut zur Verfügung stellen. Dadurch wird der Herzschlag erhöht. Beim Ausatmen wird der Puls wieder gesenkt.

In einigen Quellen wird der RSA auch als HRV (Herzfrequenzvariabilität) bezeichnet. Beide Werte beschreiben aber die gleiche Beeinflussung der Herzfrequenz, wobei RSA nur die Atmung betrifft, es bei HRV aber noch weitere Faktoren als Ursache geben kann.

ruktion zweier anatomisch passenden Halbschalen aus Modelliermasse (z. B. Fimo) eine Lösung, was aber nicht ausprobiert wurde.

– Die besten Ergebnisse und guten Tragekomfort zeigten unsere Selbstbausensoren aus Holz und das Modell aus dem 3D-Drucker. Beide arbeiten mit 940nm-LEDs und der entsprechenden Photodiode.

Der beste Ort für die Messung befindet sich übrigens direkt hinter dem Ende des Fingernagels (in Richtung des Fingerknöchels). An welchem Finger gemessen wird, ist dabei zumeist egal. Für die Eigenbausensoren haben wir die besten Erfahrungen mit 5mm-IR-LEDs mit einer Wellenlänge von 940nm nebst den dazugehörigen Photodioden gemacht.

Der 3D-Druck-Sensor besteht aus vier Bauteilen: In der Mitte (in der Abbildung grün und gelb) die Teile für die Messklammer, oben und unten (rot) die Deckel, die das Gummiband fixieren und die Rückseite der Photodiode vor ungewollter Lichteinstrahlung schützen. Fehlt dieser Lichtschutz, sind die Messergebnisse unbrauchbar.

Zusammengeschraubt werden die Sensoren-Teile mit vier Senkkopfschrauben 12mm aus dem Baumarkt. Die 3D-Druck-Dateien für den Sensor stellen wir Ihnen wie gewöhnlich als Download über den Link in der Kurzinfo zur Verfügung.

Die Vorwiderstände der Photodiode und der IR-LED (ganz links im Schaltplan) haben wir direkt an die Dioden gelötet, da unter der Kappe noch genügend Platz dafür war. So benötigt man praktischerweise nur ein dreipoliges Kabel für die Verbindung vom Sensor zur Schaltung.

Sehr wichtig ist dabei der richtige Abstand zwischen der Photodiode und dem hinteren



Infrarot-Photodioden mit schwarzem Gehäuse und IR LEDs mit glasklarem Gehäuse

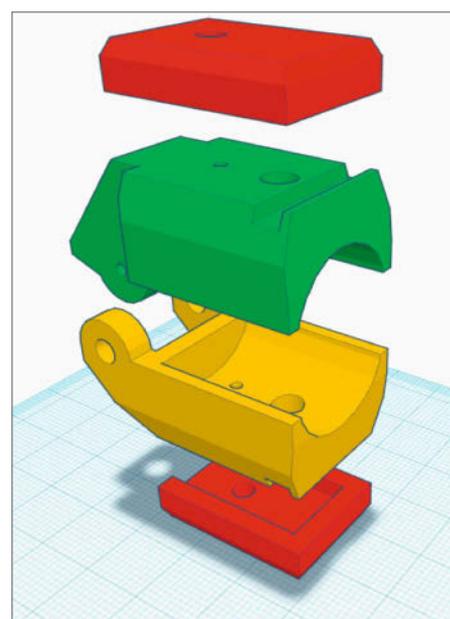
sammen mit dem Sensor anlegen müssen. Somit auch nicht praktikabel.

– Der Ohrclip von unserem Hometrainer arbeitet nach dem Durchlichtverfahren und zeigte prinzipiell gute Ergebnisse, kostet als Ersatzteil jedoch 26 Euro.

– Der selbstgebaute Sensor aus einer Infrarot-LED (IR-LED), einer IR-Photodiode und einer Wäscheklammer führte leider nicht lange zum Erfolg, da die Klammer zu stark auf den Finger drückte und dabei den Blutstrom stoppte. Eventuell ist hier die Konst-



Getestete Selbstbausensoren



Explosionszeichnung des Sensorgehäuses

Anschlag der Fingerkuppe. Ein Abstand von 14mm hat bei uns sehr gut funktioniert. Zum Schluss klebt man die Rückseite der Photodiode mit schwarzem Klebeband lichtdicht ab, damit das Umgebungslicht die Messung nicht beeinflusst.

### Die Schaltung

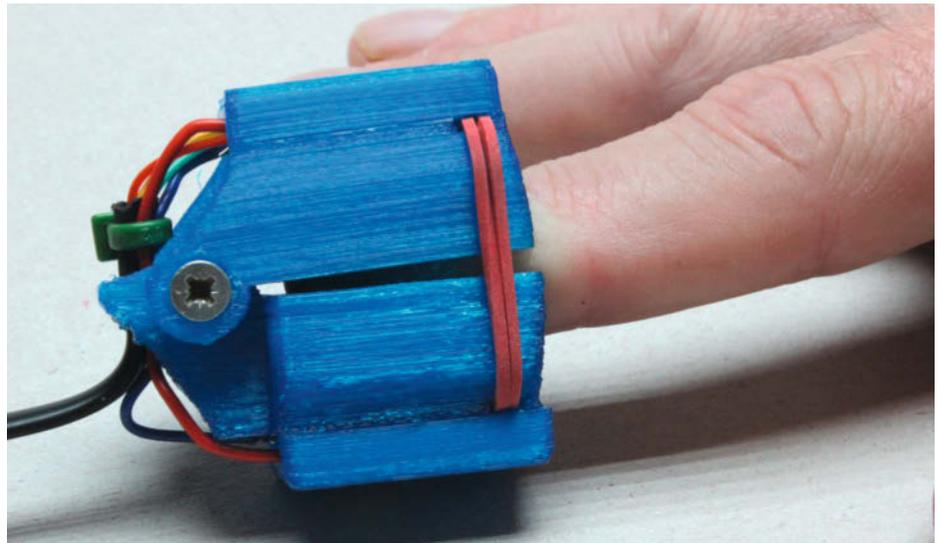
Die elektrische Schaltung besteht im Wesentlichen aus vier Elementen:

- Oben links die IR-LED und die Photodiode nebst Vorwiderständen.
- Rechts daneben befindet sich der zweistufige Operationsverstärker (TL072) zusammen mit einem Bandpassfilter (Kombination aus Hoch- und Tiefpassfilter). Hier wird das Signal der Photodiode verstärkt und werden so gut wie möglich die Frequenzen ausgefiltert, die nicht zum Pulssignal gehören.
- Der Output des Operationsverstärkers wird dann an einen Analogport (A0) des Arduinos geleitet und dort ausgewertet. Alle Digitalports des Arduinos werden dann zum Darstellen der Pulsvorgabe, des Gut-/Schlecht-Signals und des Pulsschlags verwendet.
- Im Schaltplan sind die verwendeten LEDs unten dargestellt. Da der Arduino nicht genügend Digitalports besitzt, haben wir von dem LED-Bargraph die erste und die letzte LED über einen passenden Vorwiderstand mit der Stromversorgung verbunden. Eine Umwidmung von freien Analogports brachte zu viele Störungen in das Sensorsignal. Die LEDs des Bargraph-Displays signalisieren dann quasi die Grenzen der Atmung. Zur Anzeige, ob die Atemvorgabe eingehalten wird und ob ein positiver RSA vorliegt, verwenden wir eine 10mm-RGB-LED in „Ampelschaltung“. Die 5mm-LED zeigt den Pulsschlag an.

Zum Testen haben wir die Schaltung auf zwei Steckboards aufgebaut. Es erwies sich als Vorteil, dass sich diese Boards ineinanderstecken ließen und so eine größere Experimentierfläche zur Verfügung stand.

In der Endversion wurde der Arduino nicht über den USB-Port mit Spannung versorgt, sondern über den Pin  $V_{in}$  auf der Platine. Die vielen LED verursachten große Spannungsschwankungen, die sich natürlich auch auf das Messergebnis auswirkten. Bei einer  $V_{in}$ -Spannung größer als 7V stabilisierte sich die 5V Messspannung, sodass sich die Auswirkungen auf das Messergebnis vernachlässigen ließ.

Als Spannungsversorgung für das fertige Gerät bauten wir daher ein Batteriefach mit sechs 1,2V Akkus in das Gehäuse ein, die inklusive aller Komponenten in dem 170mm x 120mm x 55mm Gehäuse Platz fanden. Im Bild auf der rechten Seite ist die Rückansicht des Batteriefachs zu sehen.



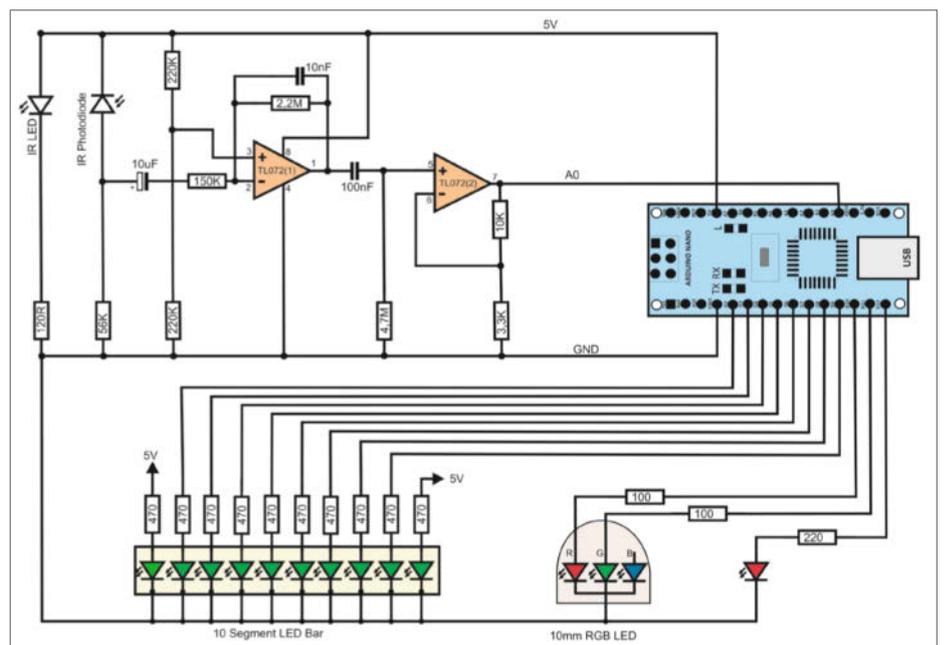
Fertig gebauter und verkabelter Sensor

Den 10-Segment-LED-Bargraph haben wir auf acht gestapelte IC-Sockel gesetzt, damit der Bargraph bis zum Gehäusedeckel reicht. Die RGB-LED in der Mitte des Gehäuses strahlt direkt auf die runde Mattscheibe (Durchmesser 70mm), die wir in den Deckel montiert haben.

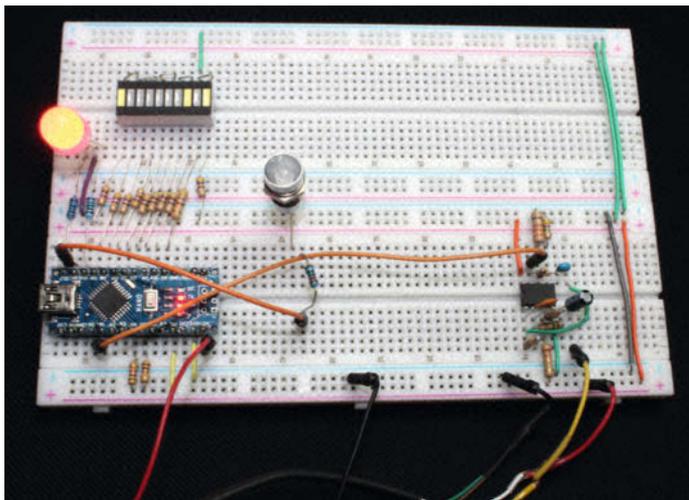
Die weiteren Leitungen (siehe Bild „Blick in das Innere des Gehäuses“) führen zur Puls-LED, dem Ein/Ausschalter und zum Pulssensor. Um den Arduino auch später mit neuer Software bestücken zu können, bohrten wir genau gegenüber der USB-Schnittstelle noch ein 12mm Loch. So können auch die Puls-Daten an den PC übermittelt und mit dem Arduino Serial-Plotter angezeigt werden.



Wer nicht stolzer Besitzer eines 3D-Druckers ist, kann sich auch aus Holz einen entsprechenden Sensor anfertigen.



Schaltplan zum Projekt



Prototyp auf Steckbrett



Akkus im Gehäuse

## Die Auswertung

Nachdem nun alles fertig zusammengebaut ist, der Programmcode in den Arduino übertragen wurde und ein Finger locker im Sensor liegt, sollte nach circa zehn Sekunden die Puls-LED gleichmäßig zu blinken beginnen. Lässt man sich die Werte in Arduinos Serial-Plotter anzeigen, sind deutliche Pulswellen erkennbar. Die Qualität dieser Wellen versetzte uns jedoch sehr ins Staunen. Sogar die T-Wellen (kleine Wellen direkt nach den großen Pulswellen) sind noch sehr gut erkennbar. Da jeder Finger etwas anders beschaffen ist, ist es nicht zielführend, einen festen Wert zu hinterlegen, ab wann der Arduino ein Wert als Pulsschlag erkennen soll. Vielmehr soll er sich dynamisch dem Pulsschlag annähern. Im Bild *Ausgabe durch den Serial-Plotter der Arduino IDE*

(nächste Seite rechts oben) erkennt man drei Kurven:

1. Die **blaue Kurve** besteht aus den Werten, die vom Sensor ermittelt und vom Operationsverstärker verstärkt wurden. In diesem Beispiel ist zwar der Verlauf relativ gleichmäßig; es gibt aber auch viele Situationen, bei denen die Höhe der Zacken variiert.
2. Die **rote Kurve** gibt den Wert an, ab dem ein Puls erkannt wird. Durchbricht also ein Sensorwert die rote Grenze von unten nach oben, so wird ein Pulsschlag erkannt.
3. Die **grüne Kurve** ist dann die untere Grenze. Durchbricht ein Sensorwert die grüne Grenze von oben nach unten, so ist der Pulsschlag beendet.

Bleibt noch das Geheimnis der Berechnung der roten und grünen Kurve zu lüften. Dabei handelt es sich um den gleitenden Mittelwert

der Sensorwerte. Meine ersten Ansätze, den gleitenden Mittelwert zu errechnen, versuchte ich über ein Array zu bewerkstelligen. So kommt man auch zum Erfolg, allerdings werden dazu unnötig Speicherplatz und vor allem Rechenleistung verschwendet. Viel einfacher geht es mit folgender Formel (mit  $n < 1$ ):

$$\text{Output} = \text{Oldvalue} * n + \text{value} * (1 - n);$$

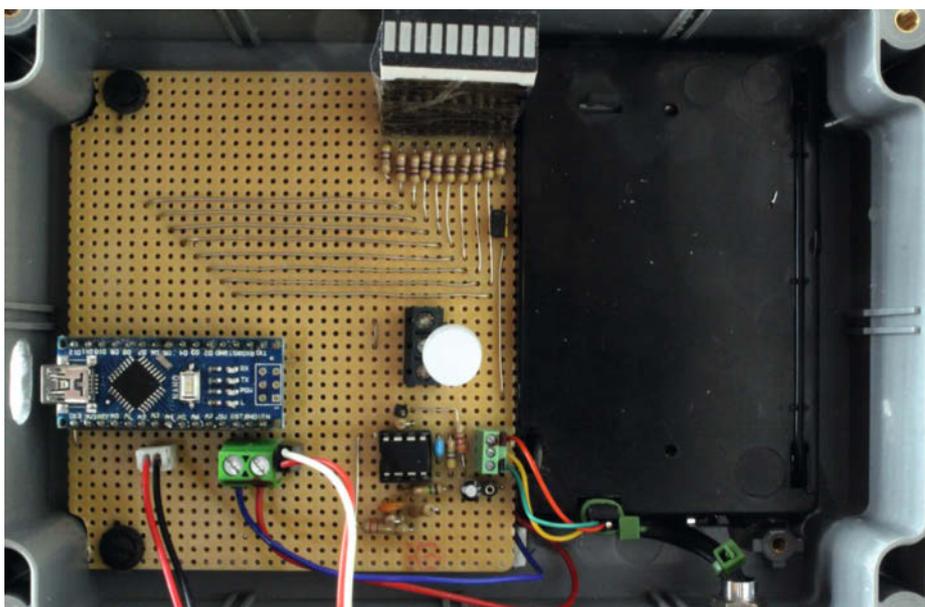
$$\text{Oldvalue} = \text{Output};$$

Die Variable `value` enthält den Sensorwert. Dieser wird bei jedem Durchlauf mit einer vorgegebenen Gewichtung ( $n$ ) der Variablen `Output` zugerechnet. Dabei muss die Gewichtungsvariable  $n$  unbedingt kleiner als eins sein. Sinnvolle Werte ergeben sich bei Werten von  $n$  zwischen 0,80 und 0,99. Je kleiner der Wert  $n$  ist, desto mehr entspricht `Output` dem Sensorwert (`value`). Bei einem Wert  $n$  gleich null wird der Sensorwert direkt in `Output` ausgegeben.

Im Arduino-Programm stehen an mehreren Stellen auskommentierte Zeilen (`//`) mit `Serial.println()`-Anweisungen. Entfernt man die beiden `//`-Zeichen, lassen sich interessante Graphen mit Arduinos Serial-Plotter darstellen. Bei der Darstellung der jeweiligen Abstände zwischen zwei Pulssignalen (RSA) lassen sich z. B. die Ein- und Ausatmung, das Anhalten der Luft und eine Entspannungsphase erkennen. Für die optische Darstellung der RSA zählt der Arduino, während der LED-Balken nach rechts wandert (Einatmung), die jeweiligen Pulsabstände zusammen und vergleicht sie dann mit den Werten während der Balken nach links wandert (Ausatmung). Ergibt dies einen Wert unter Null, so wird die grüne LED eingeschaltet und damit das korrekte Aus- und Einatmen signalisiert.

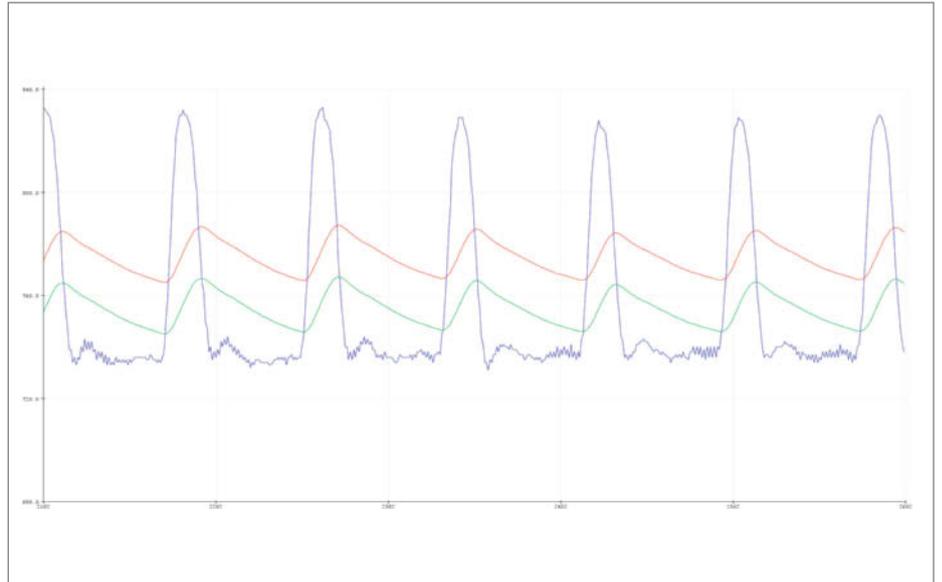
## Die Verwendung des Geräts

Um mit unserem Biofeedbackgerät zu üben, suchen Sie sich zuerst einen ruhigen und



Blick in das Innere des Gehäuses

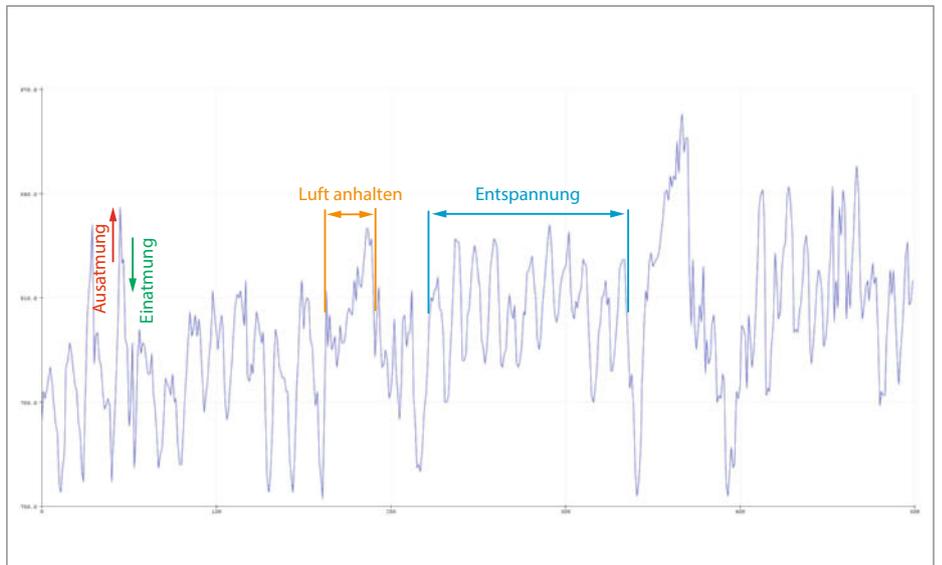
bequemen Platz. Platzieren Sie dann den Sensor an einem geeigneten Finger. Der Sensor darf keinen allzu großen Druck auf den Finger ausüben, da anderenfalls die Blutzirkulation behindert wird. Zum Glück haben wir zumeist fünf Finger an jeder Hand, da lässt sich ein geeignetes Objekt für die Messung finden. Sobald die rote Puls-LED gleichmäßig blinkt, beobachten Sie den LED-Bar-graph. Bewegt sich der Balken nach rechts, so atmen Sie langsam und gleichmäßig ein, bewegt er sich nach links, atmen Sie langsam aus. Läuft alles richtig, leuchtet die grüne LED. Sollte trotz mehrmaligen Versuchen immer nur die rote LED leuchten, so versuchen Sie gleichmäßiger und/oder tiefer zu atmen. Ein tägliches Üben von 10 bis 15 Minuten sollte die RSA und ihre eigene Entspannungsfähigkeit vergrößern. —caw



### Hinweis

Wir haben während der Tests zu diesem Projekt mehrfach versucht, LED-Signale mittels WS2812B-Stripes darzustellen. Dies gelang uns jedoch nicht. Immer wenn die LEDs leuchteten, wurde das Analogsignal vom Sensor derart gestört, dass eine Auswertung nicht mehr möglich war. Auch bei der Verwendung eines LCD-I<sup>2</sup>C-Displays wurde der analoge Eingang am Arduino derart überlagert, dass wir die Verwendung aufgaben. Dies ist eine häufige Fehlerquelle beim Arduino und uns ist noch keine allgemeine Lösung dafür bekannt. Für die Befriedigung der Neugier lassen sich die Signale über die serielle Schnittstelle ausgeben und im Arduino Serial-Plotter anzeigen, was für dieses Projekt auch absolut ausreichend ist.

Ausgabe durch den Serial-Plotter der Arduino IDE



Detailauswertung durch erweiterte Diagramme



# Wie unsere Vorfahren die Welt eroberten

Das neue Sonderheft mit 132 Seiten für nur 12,90 €. **Jetzt im Handel oder einfach online bestellen:** [shop.heise.de/menschheit20](http://shop.heise.de/menschheit20)

# Satellitenschüssel- Automatik

Das Ausrichten einer Satellitenschüssel ist speziell für Wohnmobil- oder Bootsbesitzer ein nerviges Thema, das nach jedem Ortswechsel ansteht. Was liegt da dem Maker näher, als eine automatische Ausrichtungshilfe zu bauen? Wie das klappt, zeigt unsere Anleitung.

von Andreas Koritnik



Viele Camper- und Bootsbesitzer würden gerne den Komfort einer automatischen Sat-Schüssel genießen, die sich fast selbsttätig einstellt, während man im Warmen und Trockenen dabei zuschauen kann. Natürlich gibt es solche Systeme auch fertig zu kaufen, aber kommerzielle Geräte kosten leicht über 1000 Euro. Da lohnt sich ein Selbstbauprojekt.

Der Aufbau einer automatischen Satellitenschüssel ist ein, vor allem mechanisch, ambitionierteres Projekt. Dank der Verfügbarkeit notwendiger Komponenten und Bibliotheken für die üblichen Mikrocontroller ist das aber keine unlösbare Aufgabe.

Nötig ist für dieses Projekt ein ESP8266, ein elektronischer Kompass, ein Lagesensor und zwei Antriebe für Azimut (Ausrichtung nach Himmelsrichtung) und Elevation (Höhe über dem Horizont). Nach einmaliger Kalibrierung erfolgt später die grobe Ausrichtung automatisch, die Feineinstellung kann über eine Web-Anwendung mit dem Handy oder Tablet im Warmen vor dem TV erfolgen.

## Komponenten

Für die horizontale Ausrichtung (Azimut) nutzen wir einen handelsüblichen Diseqc-Motor (**DiSEqC** für Digital Satellite Equipment Control, im Text wegen der Lesbarkeit als Diseqc geschrieben) für ca. 50 Euro. Normalerweise wird solch ein Motor genutzt, um unterschiedliche Satelliten am Himmel anzupeilen. Die Steuerung erfolgt durch einen Sat-Receiver.

TV- und Kommunikationssatelliten werden gern mit einem Bahnradius von 42.164km über dem Äquator platziert. Die Bahngeschwindigkeit ist dort exakt so groß wie die Rotationsgeschwindigkeit der Erde, sodass für einen Beobachter auf der Erde die Satelliten fest an einem Punkt am Himmel stehen. Die verschiedenen Satelliten sind am Himmel, je nach ihrer Lage in der geostationären Bahn, auf einem Bogen verteilt. Benutzt man eine sogenannte polare Montierung mit einer Drehachse parallel zur Erdachse, so kann man mit nur einem Motor alle Satelliten auf diesem Bogen anpeilen, weil sich die Schüssel dadurch quasi in Ost/West-Richtung um die Erdachse dreht. Aus Sicht der Schüssel liegen die Satelliten in diesem Fall auf einer Geraden. Damit das klappt, muss die Halterung und die Schüssel sehr genau und für jeden Ort manuell neu ausgerichtet werden. Eine automatische Ausrichtung der kompletten Schüssel und der polaren Montierung wäre technisch zwar möglich, allerdings muss dazu die komplette Schüssel samt Motor und Halterung bewegt werden, was drei starke Motoren erfordert.

Mit einer Montierung hingegen, die die Drehung um die Senkrechte (Azimut) und dem Kippen der Schüssel in der Waagerechten (Elevation) durchführt, kann man mit nur zwei Motoren jede Position am Himmel anfahren

## Kurzinfo

- » Elektronischen Kompass und Lagesensor zur automatischen Ausrichtung einsetzen
- » ESP8266-Mikrocontroller steuert Diseqc-Motor und Linearantrieb
- » Steuerung über Web-Interface per WLAN

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
8 Stunden



**Kosten:**  
150 Euro



**Löten:**  
Einfaches Bestücken und Löten, Komponenten in Durchstecktechnik ohne SMD



**Programmieren:**  
Arduino Entwicklungsumgebung

### Material

- » Mobile Satellitenschüssel
- » Diseqc-Motor
- » Linearantrieb mit integrierten Endlagenschaltern
- » Wemos D1 Mini
- » Step-Down-Spannungswandler
- » elektronischer Kompass GY-271
- » Lagesensor GY-521
- » Motortreiber DRV8871
- » Platine KiCAD-Dateien, alternativ Lochraster
- » passive Bauteile [Link zur Liste in Kurzinfo](#)
- » Kabel koaxial und 4-polig
- » Spannungsversorgung 12V
- » PLA für 3D-Drucke
- » Holzplatte
- » Schrauben/Muttern M3 und M5

### Werkzeug

- » Lötkolben und Lötdraht
- » Seitenschneider
- » Bohrmaschine/Bohrer
- » Schraubendreher
- » Schraubenschlüssel
- » 3D-Drucker
- » Doppelklebeband

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/x3q1](https://make-magazin.de/x3q1)

und muss jetzt nur noch berechnen, wo die Satelliten am Aufstellungsort zu finden sind. Ein starker Motor bewegt die Schüssel in einer Ebene um die Senkrechte, ein kleinerer Motor kippt die Schüssel hoch und runter, je nachdem, wie hoch der Satellit über dem Horizont steht. Die an sich für polare Montage gedachten Diseqc-Motore sind kräftig und standardisiert und lassen sich perfekt für so ein Projekt zweckentfremden.

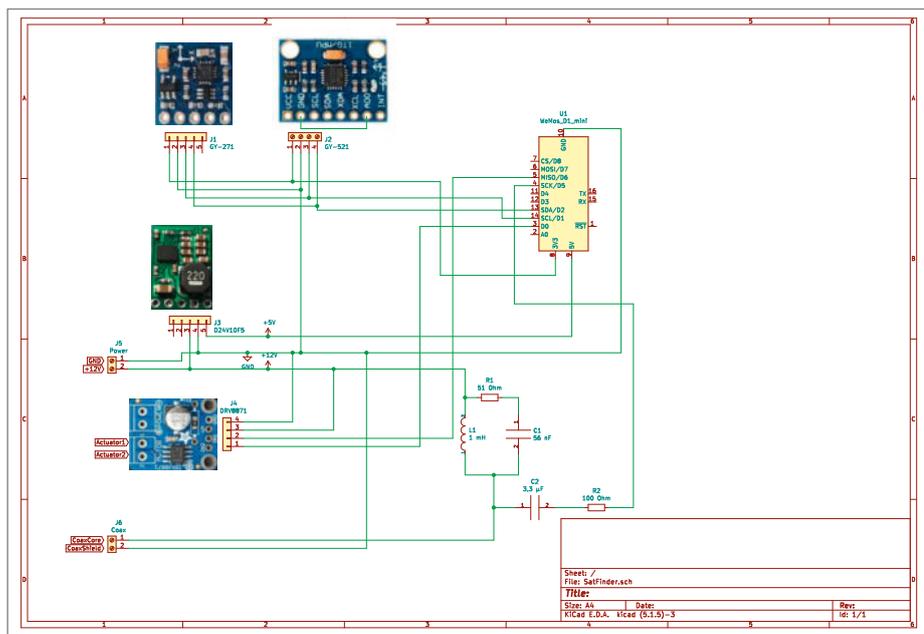
Diseqc-Motore besitzen allerdings eine abgelenkte Achse, um die üblichen Satelliten-

höhen bei einer Mastmontage leichter zu erreichen. Da wir eine gerade Achse benötigen, muss diese abgenommen werden. Dazu ist die Innensechskantschraube zu lösen und der Bolzen herauszunehmen. Dann kann die Achse entfernt werden. **Wichtig:** Den Bolzen und die Mutter bitte nicht wegwerfen. Die Teile benötigen wir noch für das neue Gelenk zur Verbindung des Motors mit der Satellitenschüssel.

Der Wemos (D1 Mini) steuert den Diseqc-Motor über 22kHz-Signale. Details sind



Die demontierte, geknickte Achse des Diseqc-Motors



Der Schaltplan und die Komponenten

in der Diseqc-Spezifikation (siehe Link in der Kurzinfo) definiert. Die generelle Funktion wird später noch beschrieben.

Der D1 Mini erzeugt die notwendigen Signale, die dann mittels einer kleinen Schaltung (siehe Schaltplan) auf die Koaxleitung aufmoduliert werden. Über diese Koaxleitung wird der Motor auch mit 12 Volt versorgt. Beim Anschluss der Koaxleitung mit dem F-Stecker muss man unbedingt aufpassen: Ein Kurzschluss zwischen dem Innenleiter und Schirm würde die Spule in der Schaltung zerstören, da sie nur für ca. 300mA ausgelegt ist.

Der Motor unterstützt eine horizontale Bewegung (Azimut) von -75 bis +75 Grad mit

einer Genauigkeit von 1/16 Grad. Das ist mehr als ausreichend genau für unsere Zwecke. Die automatische Satellitenschüssel muss im Einsatz nur grob in südliche Richtung zeigend aufgestellt werden. Das ist alles.

Die vertikale Ausrichtung (Elevation) wird mit einem kleinen Linearantrieb realisiert, der für weniger als 30 Euro erhältlich ist. Wir nutzen hier einen Antrieb mit 50mm Hub. Ein Linearantrieb ist im Wesentlichen eine Gewindestange, die durch einen Motor angetrieben wird. Eine auf der Stange sitzende Mutter sorgt für das Ein- und Ausfahren eines Zylinders. Hinzu kommen noch Endlagenschalter, die den Motor bei Erreichen der Endpositionen abschalten.



Der Prototyp im Gehäuse eingebaut

## Verbinder

J5	Versorgungsspannung 12 Volt
J2	4-adriges Kabel zum Lagesensor GY521 (SDA, SCL, GND, 3,3 Volt)
J6	Koaxkabel mit F-Stecker (links GND/ Schirm, rechts Kernleitung) zum Diseqc-Motor (REC)
J4	Schraubkontakte auf dem Motortreiber (s. Beschriftung auf Modul) zum Linearantrieb

## Schaltung

Der Kompass und der Lagesensor sind per I<sup>2</sup>C-Interface mit dem D1 Mini verbunden (D1=SCL und D2=SDA). Der Kompass befindet sich im Gehäuse auf der Platine. Der Lagesensor ist mit einem kurzen vieradrigen Kabel mit der Platine verbunden und auf der Rückseite der Satellitenschüssel angebracht, um die vertikale Ausrichtung der Schüssel messen zu können.

Der verwendete Motortreiber Adafruit DRV8871 ist eine H-Brücke mit Feldeffekt-Transistoren und nutzt die Pins D0 und D6. Mit diesem Motortreiber können DC-Motoren mit einem Strom von bis zu 3A versorgt werden. Der hier verbaute Linearantrieb benötigt nur einen Bruchteil des maximal möglichen Stromes. Der Motortreiber wird vom Programm mit einer Pulsweitenmodulation angesteuert, um eine feinfühligere Steuerung zu ermöglichen.

Das 22kHz-Signal wird an Pin D5 erzeugt. Details sind im abgebildeten Schaltplan zu finden.

Auf der Platine sind die Verbinder J4, J5, J2 und J6 vorhanden, die Belegung entnehmen Sie der Tabelle *Verbinder*.

Für die 12-Volt-Verbindung hat sich der Einbau einer Rund-Buchse unten im Gehäuse bewährt (z.B. 5,5mm, passend zum Rundstecker der verwendeten 12-Volt-Spannungsversorgung).

Der Schaltplan und die Platine wurden mit dem frei verfügbaren Programm KiCAD erstellt. Die Dateien sind auf GitHub verfügbar (Link siehe Kurzinfo). Damit sind eigene Änderungen leicht durchzuführen und mit den Leiterplattendaten kann die Erstellung der Platine bei einem Dienstleister der eigenen Wahl erfolgen.

Für den einfachen Nachbau sind auf GitHub Links zu allen wesentlichen Komponenten enthalten (inklusive einem Link zu Aisler.net für die Platine). Damit erspart man sich das langwierige Suchen nach den Einzelkomponenten.

## Kompass und Lagesensor

Für die Funktion der automatischen Ausrichtung der Satellitenschüssel sind der elektroni-

sche Kompass und der Lagesensor die zentralen Komponenten. Der Kompass misst dazu die magnetische Flussdichte des Erdmagnetfelds in allen drei Achsen. Der hier verwendete Kompass GY-271 hat eine Genauigkeit von einem Grad. Da das Erdmagnetfeld nicht exakt gleichmäßig über die Erde verteilt ist, gibt es lokale Abweichungen, die bei der Kalibration des Kompass zu berücksichtigen sind. Auch haben lokale Magnetfelder in der Nähe (zum Beispiel Lautsprecher oder Motoren) störende Auswirkungen. Diese beiden Abweichungen nennen sich Missweisung und Ablenkung. Jeder, der einen Bootsführerschein gemacht hat, wird sich damit etwas auskennen. Für die korrekte Funktion der automatischen Satellitenschüssel müssen wir uns damit aber nicht im Detail auseinandersetzen. Der notwendige Offset wird durch eine einmalige manuelle Ausrichtung festgestellt und dann einfach im Programm eingetragen.

Der Lagesensor misst die Beschleunigung (Lage im Raum) und Drehgeschwindigkeit (relative Drehung im Raum, Gyroskop) in drei Achsen. Da die Beschleunigung der Schüssel beim Verfahren vernachlässigbar ist, ist die wesentliche Beschleunigung hier die Gravitation („Fallbeschleunigung“). Das Gyroskop im Sensor wird nicht benutzt. Durch Differenzen der drei Achsen kann so die absolute Lage des Sensors im Raum bezogen auf den Erdmittelpunkt abgeleitet werden. Der hier verwendete Lagesensor GY-521 hat eine Genauigkeit von 0,1 Grad. Das ist ausreichend zur Einstellung der Neigung (Elevation) der Schüssel.

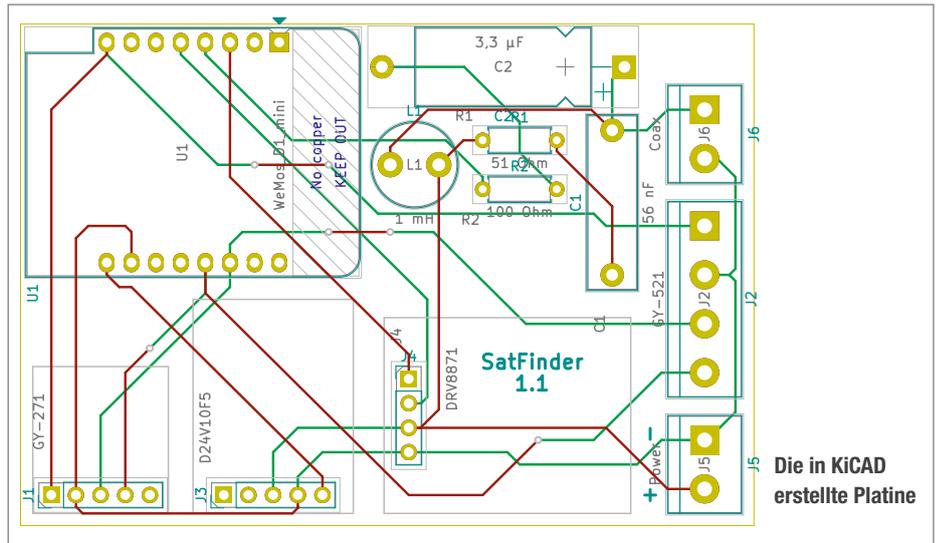
### Software

Die vollständige Software für dieses Projekt ist auf GitHub (Link in der Kurzinfo) zu finden. Zur Programmierung ist die Arduino-IDE (Entwicklungsumgebung, vom Autor verwendete Version ist 1.8.13) erforderlich mit installierten Board-Informationen zum ESP8266 (D1 Mini). Wählen Sie im Boardverwalter (Werkzeuge/Board:/Boardverwalter...) das ESP8266 Board (2.7.4) wobei der Board-Typ LOLIN (WEMOS) D1 R2 & mini eingestellt werden muss. Das ist wichtig, damit die Definitionen für die Ports mit D0 bis D10 korrekt sind. Wenn Sie ein anderes Board verwenden, ist dies zu beachten, ebenso können sich eventuell die Portbezeichnungen ändern.

Folgende Bibliotheken müssen zusätzlich installiert werden:

- QMC5883LCompass (Version 1.1.1)
- TinyMPU6050 (Version 0.5.3)
- ArduinoJson (Version 6.17.2)

Die Versionsangaben beziehen sich auf die aktuellen Versionen bei der Erstellung des Artikels. Neuere Versionen sollten auch funktionieren. Bei Problemen kann es aber helfen, auf die getesteten Versionen umzusteigen. Die Installation der Bibliotheken erfolgt am ein-



Die in KiCAD erstellte Platine

### Konfiguration

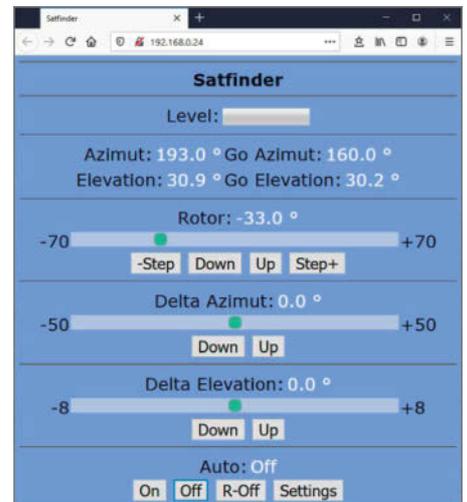
```
//Enter your SSID and PASSWORD
const char* ssid = "ssid";
const char password = "password";
// Astra 19.2 position and dish specific offsets
float Astra_Az = 164, Astra_El = 30.19, El_Offset=-18, Az_Offset=-10.0;
```

fachsten über den Arduino Library-Manager (Sketch/Bibliothek einbinden/Bibliotheken verwalten...).

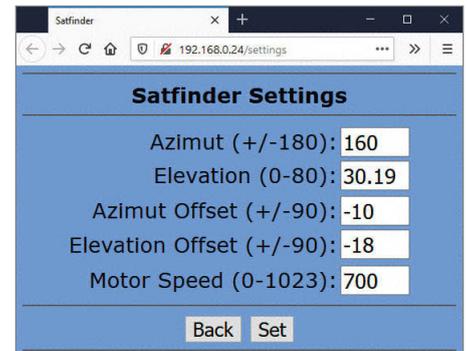
Zur Verbesserung der Genauigkeit des Kompasses ist eine einmalige Kalibrierung erforderlich. Der erforderliche Sketch (calibration.ino) ist in den Beispielen zur QMC5883LCompass-Bibliothek enthalten. Die Kalibrierung wird am besten vor dem Einbau der Platine in das Gehäuse und ohne angeschlossenen Lagesensor durchgeführt. Bei der Kalibrierungsprozedur muss das Modul in alle Richtungen gedreht werden. Das ist im montierten Zustand nur schwer möglich. Die berechneten Werte für Ihr Modul sind in Zeile 80 (compass.setCalibration();) einzutragen.

Der Sat-Positionierer wird über ein Web-Interface gesteuert. Standardmäßig funktioniert das Programm als WLAN-Client in einem bestehenden Netz. Die Funktion als eigener Access-Point ist aber durch kleine Änderungen auch realisierbar, hierzu gibt es ausführliche Beispiele in der Dokumentation des Boards. Die SSID und das Passwort sind im Programm einzutragen.

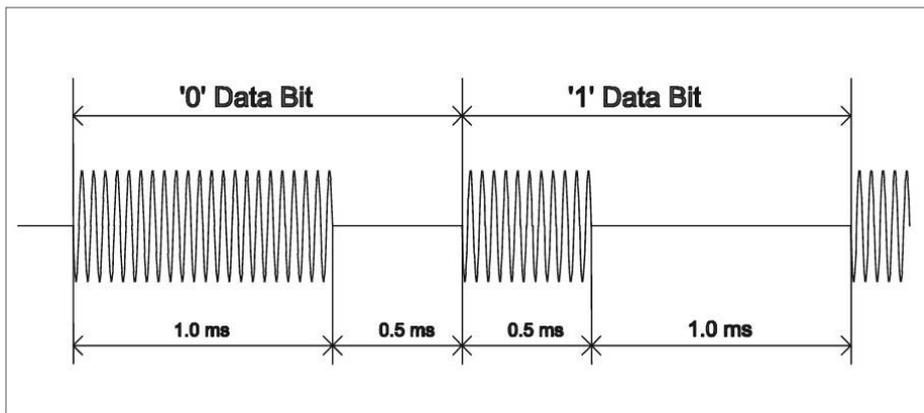
Das Programm ist aktuell für den Satelliten Astra 19,2 Grad und meine Heimatstadt konfiguriert. Für andere Satelliten oder Orte müssen die Werte für Azimut und Elevation neu ermittelt werden. Zum Glück gibt es zahlreiche Web-Seiten und Apps für Android und iPhone, die diese Berechnungen durchführen (siehe Links in Kurzinfo). Wir benötigen die Werte Azimut und Elevation. Im Programm ist der Upload eines neuen Programms per WLAN



### Webinterface



Die Settings-Seite enthält die Informationen die im EEPROM gespeichert werden.



Diseqc 22kHz Signal

(OTA) freigeschaltet, so dass man im Falle eines Falles keinen Laptop draußen an die Schüssel anschließen muss. Oder Sie benutzen den *Settings-Knopf*, um neue Daten per Weboberfläche einzugeben.

Der wahre Nord-Azimet-Winkel muss mit dem Wert *Azimet Offset* in den Settings korrigiert werden, um die Missweisung und andere Abweichungen durch magnetische Ablenkung zu korrigieren. Am einfachsten geschieht dies durch einmalige manuelle Ausrichtung der Schüssel auf einen bekannten Satelliten mit dem Web-Interface. Die Abweichung (Wert *Delta Azimet*) für den Kompass wird dann bei *Azimet Offset* eingetragen; wenn man nicht gerade von Kontinent zu Kontinent unterwegs ist, muss man die Abweichung nicht an jedem neuen Standort neu ermitteln. Der vertikale Winkel (Elevation) ist durch unterschiedliche Bauweisen und Befestigungsart des Sensors spezifisch für die verwendete Satellitenschüssel und beträgt für meine Schüssel -18 Grad und wird in den Settings als *Elevation Offset* eingetragen. Dies muss im Programm als *El\_Offset* eingetragen werden. Bei

der Verwendung einer anderen Schüssel muss der Wert durch Ausprobieren ermittelt werden. Die Vorgehensweise ist dann wie beim Azimet-Winkel. Im Programm sieht das dann in etwa so aus wie im Listing *Konfiguration* zu sehen.

Mit dem Web-Interface kann der Sat-Positionierer gesteuert werden. Die per DHCP zugewiesene IP-Adresse im eigenen WLAN muss dafür einmal herausgefunden werden. Am Einfachsten ist es, im verwendeten Router oder Access-Point nachzusehen. Der angezeigte Name sollte „Satfinder“ sein.

Im Interface kann sowohl der Azimet-Wert als auch der Elevation-Wert angepasst werden (*Delta Azimet* und *Delta Elevation Up/Down*).

Die Tasten *On*, *Off* und *R-Off* bestimmen den Funktionsmodus:

- *On* = automatische Ausrichtung Azimet und Elevation eingeschaltet
- *Off* = automatische Ausrichtung Azimet und Elevation ausgeschaltet
- *R-Off* = automatische Ausrichtung Azimet ausgeschaltet

### Kommando zur Feinjustierung in 1/8-Grad-Schritten

<b>Framing Byte</b>	0xE0	Kommando vom Master, Keine Antwort, Erste Übertragung.
<b>Address Byte</b>	0x31	Polar / Azimet Positionierer.
<b>Command Byte</b>	0x68, 0x69	Drehe nach Ost, drehe nach West.
<b>Daten Byte</b>	0xFE	1/8 Grad.

### Kommando zur Positionierung des Motors

<b>Framing Byte</b>	0xE0	Kommando vom Master, Keine Antwort, Erste Übertragung.
<b>Address Byte</b>	0x31	Polar / Azimet Positionierer.
<b>Command Byte</b>	0x6E	Goto x.x. Fahre Motor zur angegebenen Winkelposition.
<b>Daten Byte 1</b>	d1	Die kodierte Winkelposition (1/16 Grad) erste 8 Bit.
<b>Daten Byte 2</b>	d2	Die kodierte Winkelposition (1/16 Grad) zweite 8 Bit.

### Kommando zum Stoppen des Motors

<b>Framing Byte</b>	0xE0	Kommando vom Master, Keine Antwort, Erste Übertragung.
<b>Address Byte</b>	0x31	Polar / Azimet Positionierer.
<b>Command Byte</b>	0x60	Stoppe Motor.

- *Settings* = Eingabe von neuen Satellitendaten

*R-Off* ist hilfreich, um den Diseqc-Motor ruhigzustellen. Der Motor kann bei ständigen minimalen Änderungen der Richtung recht laut und störend sein.

Die Tasten *-Step* und *Step+* ändern die Ausrichtung um jeweils 1/8 Grad. Das ist absolut ausreichend für das Feintuning der Signalstärke vor dem Fernseher. 1/16 Grad wäre die maximale Genauigkeit des Diseqc-Motors.

Die Programmierung des Web-Interfaces erfolgte mit der ESP8266 Web-Server-Bibliothek, wobei die Skriptsprache Javascript genutzt wird. Die Kommunikation zwischen Web-Client und Server erfolgt mit AJAX-Funktionen. Die Datenübergabe erfolgt mittels JSON oder über die Request-URL.

Zur einfacheren Lesbarkeit ist die Webseite im Sketch *index.h* ausgelagert. Das Aussehen der Seite kann leicht über die CSS-Kommandos angepasst werden. Das Web-Interface sollte auf allen gängigen Browsern laufen, sowohl am PC als auch auf einem Smartphone oder Tablet.

### Diseqc 22 kHz-Signal

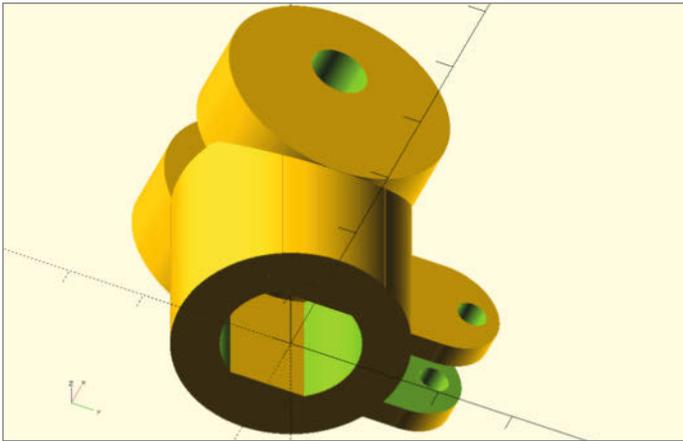
Der Quellcode für die Erzeugung des 22kHz-Signals wurde einem anderen Projekt auf GitHub entnommen. Dabei handelte es sich jedoch um eine Sonnennachführung für ein Solarmodul. Trotzdem hat der Code die Entwicklung der automatischen Satellitenschüssel sehr vereinfacht.

Die Erzeugung des notwendigen Signals erfolgt mit den Widerständen R1/R2, der Induktivität L1, und den Kondensatoren C1/C2. Der Widerstand R2 ist mit dem digitalen Ausgang D5 des ESP8266 verbunden. In der Solarmodulsteuerung war zusätzlich noch ein Operationsverstärker verbaut. Meinen Tests nach reicht der Pegel am D1 Mini jedoch aus, um den Diseqc-Motor zuverlässig zu steuern. Daher wurde der Verstärker hier weggelassen.

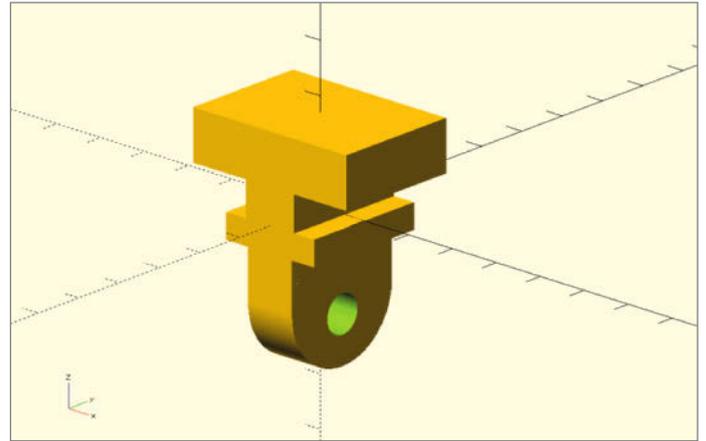
Die Steuerung des Motors wird durch die Taktung des 22kHz-Signals erzeugt, wobei eine Signallänge von 1,0ms und einer Pause von 0,5ms einer binären Null entspricht. Eine Signaldauer von 0,5ms mit einer Pause von 1,0ms entspricht einer binären Eins.

Im Quellcode wird das 0/1-Signal durch die Funktionen `write0()` und `write1()` erzeugt. Dies wird durch Schleifen realisiert, in denen Pin D5 auf High/Low gesetzt wird, jeweils mit einer Pause von 16 bzw. 17 Mikrosekunden. Eine 0 entspricht 22 Umschaltungen. Eine 1 entspricht 11 Umschaltungen. Weitere Funktionen dienen der Berechnung von notwendigen Parity-Bits und dem Senden der einzelnen Bytes. Die zu sendenden Bytes sind der Diseqc-Spezifikation entnommen.

Der Syntax ist immer: **Framing Byte | Address Byte | Command Byte | Daten.** Im



1 Untere Verbindung/Gelenk



2 Oberes Gelenk/Verbindung zur Schüssel

Programm werden drei unterschiedliche Kommandos genutzt, deren Syntax ist in den Kommando-Tabellen zu sehen.

### 3D-Drucke

Für die korrekte Funktion muss zwischen dem Diseqc-Motor und der Satellitenschüssel eine Verbindung hergestellt werden.

Darüber hinaus ist für die vertikale Ausrichtung auch noch ein Gelenk notwendig. Die benötigten Teile werden im einfachsten Fall mit einem 3D-Drucker ausgedruckt. Nach der Erfahrung des Autors ist dies für eine temporär aufgestellte Schüssel ausreichend. Mit einer Grundausstattung an Metallwerkzeugen sollten die Teile aber auch aus Metall hergestellt werden können.

Die Elemente wurden mit dem frei verfügbaren Programm OpenSCAD erstellt und sind im SCAD-Verzeichnis auf GitHub gespeichert.

Der untere Teil des Gelenks 1 passt auf die profilierte Welle des Diseqc-Motors. Der obere Teil 2 adaptiert die Satellitenschüssel. Dazu muss das originale metallische Kugelgelenk entnommen werden (vier Schrauben am Deckel des Gehäuses) und durch das Teil aus Ab-

» Continuous Lifecycle » [Container Conf]

Continuous Testing Day | 4. Mai 2021

Jetzt  
Tickets zum  
Frühbucher-  
rabatt  
sichern!

#### Konzeptuelles Wissen und praktisches Know-how bei

- >> Tests in CI/CD Pipelines nutzen
- >> Die wichtigsten Test-Frameworks im Software Lifecycle
- >> Das Konzept von Unit-Tests auf Docker-Images adaptieren
- >> Tools für hochwertigeren Infrastruktur-Code qualitativ kennen lernen
- >> Testergebnisse zentral und einheitlich für alle Teams
- >> Testsysteme umfassend auf Sicherheit hin überprüfen

#### Weiterer Thementag

- >> **18. Mai 2021:**  
Monitoring und Observability  
Logs, Metrics, Traces –  
Monitoring-Stacks im Vergleich

#### Workshops

- >> **10. und 11. Mai 2021:**  
Microservices – Architekturen und Technologie
- >> **15. Juni 2021:**  
Monitoring innerhalb von Kubernetes

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

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



Montiertes Gelenk am Prototyp



Montage des Lagesensors

bildung 2 ersetzt werden. Für andere Satellitenschüsseln muss das Verbindungsstück entsprechend in OpenSCAD angepasst werden.

Die Verbindung zwischen Schüssel und Motor muss sehr stabil sein. Gute Ergebnisse wurden mit PLA, 0,2 mm Genauigkeit und 70% Füllrate erzielt, eine unmotorisierte Version tut ihren Dienst seit Jahren am Boot des Autors. Die Verwendung von ABS ist besonders in heißen Ländern eine Überlegung wert. PETG sollte auch gut möglich sein, hier sollten dann aber die Teile etwas großzügiger dimensioniert werden, da PETG wesentlich flexibler als PLA ist.

Der untere und obere Teil wird dann mit dem am Anfang entnommenen Verbindungsbolzen vom Daseq-Motor verbunden.

Für den Linearmotor gibt es eine 3D-Druckvorlage für ein Verbindungsstück zwischen dem LNB-Arm und dem unteren Teil des Gelenks. Zur Befestigung ist ein Loch durch den Arm zu bohren. Die Durchmesser der Verbindungsstücke sind für M3 Schrauben bemessen.

Der Lagesensor muss auf der Rückseite der Schüssel in einer horizontalen Position montiert werden. Doppelseitiges Klebeband hat sich hierzu bewährt. Ein kleines Gehäuse ist bei den 3D-Druckvorlagen mit enthalten.

Für die Platine ist ebenfalls ein Gehäuse auf GitHub zu finden. Dieses kann auf die Rückseite des Motors geklebt werden, Abweichungen durch die Magnete der Motoren werden durch die Kalibration ausgeglichen, weiterhin wird der Motor bei einer Messung mit dem Kompass kurz abgeschaltet. Der Kompass auf der Platine ist so nach vorn ausgerichtet. Das ergibt dann einen Korrekturwert von 90 Grad im Programm. Für andere Ausrichtungen muss der Korrekturwert am Anfang des Programms gegebenenfalls angepasst werden (#define Az\_PCB\_Correction 90).

Falls die Schüssel bei der Einstellung des Elevation-Winkels anfängt zu schwingen, muss eventuell der Wert für die Stellgeschwindigkeit des Linearmotors angepasst werden (Settings-Seite *Motor Speed*). Meist ist eine Verringerung der Geschwindigkeit am besten. Sollten es Resonanzschwingungen sein, kann aber auch eine leichte Erhöhung funktionieren.

Der Motor und die Schüssel müssen auf eine stabile Grundplatte montiert werden. Hier eignet sich zum Beispiel eine entsprechend dimensionierte Holzplatte. Die notwendigen Montagewinkel sind als 3D-Druckvorlage im Git-Repository verfügbar.

### Ausrichtung der Schüssel in der Praxis

Für die Ausrichtung der Satellitenschüssel hat sich folgender Ablauf bewährt:

1. Grobe Ausrichtung der Schüssel in südlicher Richtung (Nähe zu Metall und Magneten möglichst vermeiden)
2. Anschließen der 12 Volt Spannungsversorgung (Rundstecker)
3. Einschalten des Fernsehers und des Sat-Receiver in der Kabine des Wohnmobils oder Bootes
4. Wechsel auf die Signalanzeige des Receivers (abhängig vom verwendeten Receiver)
5. Starten des Web-Interfaces auf dem Handy oder Tablet
6. Aktivierung des Automatik-Modus, die Schüssel wird jetzt gemäß dem Standort und Satellitenposition wie im Programm eingegeben ausgerichtet.

7. Manuelle Änderung von Delta Azimut und Delta Elevation, bis das Signal vom Receiver erkannt wird

8. Umschaltung auf manuelle Steuerung und Feinabstimmung mit *-Step/Step+*

Bei der Steuerung des Azimut hat es sich bewährt, einige Grad nach Links (Ost) zu gehen und dann langsam Schritt für Schritt nach rechts (West). Sollte sich die Lage der Sat-Schüssel ändern, zum Beispiel durch Winddrehungen auf einem festgemachten Boot, kann die Einstellung entweder automatisch oder manuell angepasst werden. Und zwar ohne die Kabine zu verlassen, was besonders bei strömendem Regen sehr angenehm ist.

Unternimmt man weite Reisen, muss die Information für das Programm natürlich entsprechend der geografischen Lage und der dort verfügbaren Satelliten angepasst werden. Dies ist weiter oben im Artikel beschrieben.

### Mögliche Erweiterungen

Das Web-Interface enthält auch eine Anzeige für den Signal-Level. Diese Funktion ist aber bisher nicht realisiert. Möglich wäre hier zum Beispiel der Einsatz eines digitalen SAT-Finders (*DUR-line SF 4000 BT*) mit Bluetooth. Bisher hat die Ausrichtung mittels der Signalanzeige des Sat-Receiver aber immer problemlos funktioniert.

Ich entwickle die Software stetig weiter, gerne nehme ich Ideen und Vorschläge an. Alles im Artikel beschriebene bezieht sich auf die Version 1.0, im GitHub sind dann natürlich neben dieser Version auch neuere Versionen im *Main Branch* zu finden. Bei Problemen mit der Hardware, der Software oder den 3D-Druckdateien, kann auch die „Issues“-Funktion zur Kontaktaufnahme genutzt werden.

—caw

Hannover

**Maker Faire®**

Digital Edition 2021

18. Juni 2021

## CALL FOR MAKERS

- **Zeige dein Projekt virtuell**
- **Austausch über Video-Chat**
- **Vernetze dich mit Gleichgesinnten**



**Bewerbungsschluss: 30. April 2021**

[maker-faire.de/hannover/](https://maker-faire.de/hannover/)

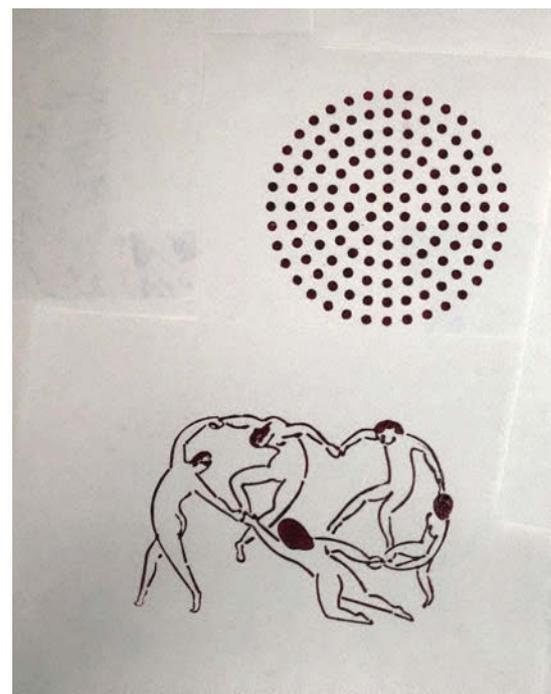


# Was uns inspiriert

## Was inspiriert Dich?

Wir freuen uns über Vorschläge an:

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



# Gutenbergs Erbe

Die Designergruppe *gestalte design* ermöglicht Makern, in Gutenbergs Fußstapfen zu treten: Mit der 3D-gedruckten *Zine Machine* kann man Pamphlete, Hefte und Flyer drucken, ebenso wie filigrane Holzschnitte und Radierungen. Die Zine Machine besteht primär aus einem Deckel, in den man das Papier einspannt und einer Basis, auf der eine Halterung für winzige Plastiklettern aufliegt. Diese Lettern kann man ganz wie im klassischen Buchdruck verwenden, um einen Schriftblock zusammenzusetzen. Neben der 3D-gedruckten Presse braucht man lediglich Linoldruck-Equipment aus dem Kunstbedarf: Druckfarbe, einen kleinen Roller und Papier.

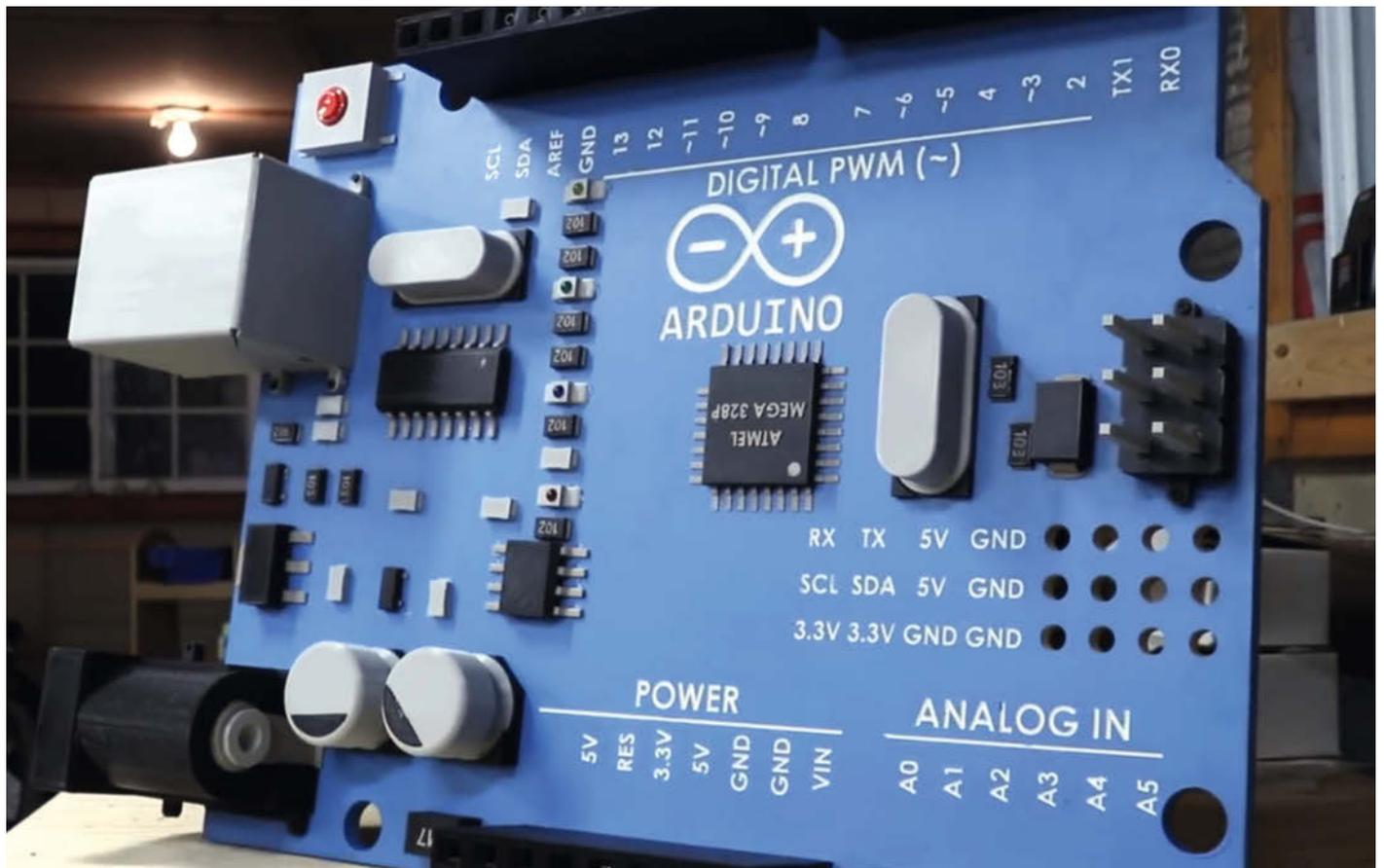
Die Buchstaben und Sonderzeichen sowie die Abstandshalter liegen als eine große STL-Datei im GitHub-Repository und bringen den Rechner leider etwas zum Pusten. Eine Anleitung zur Erstellung individueller Motive gibt es dort auch. Man muss die Grafik lediglich als DXF-Datei auf 3mm Höhe extrudieren und auf eine passende Basisplatte addieren. Wie man eine geeignete Vektografik erstellen kann, zeigen wir auf Seite 76. Die Aufbauanleitung auf GitHub hat übrigens einigen Unterhaltungswert – ein Blick ins Repo lohnt sich also. —rehu

► [github.com/gestalte-design/zine-machine](https://github.com/gestalte-design/zine-machine)



gestalte design





## Der größte funktionierende Arduino der Welt

Der Erschaffer dieses gewaltigen und voll funktionsfähigen *Arduino Giga* ist YouTuber Zach „byte sized“ Hipps. Der Gigacontroller sieht dem zwölfmal kleineren Original dank Hipps' Detailverliebtheit zum Verwechseln ähnlich. Er besteht aus einer Sperrholz-Basis, die mit 3D-gedruckten Steckverbindern und Bauteil-Attrappen verziert ist. Allein der 3D-Druck dieser Teile hat beeindruckende 1,5 Wochen Druckzeit in Anspruch genommen. Die Beschriftung hat Hipps zunächst mit einer CNC-Fräse in den Holzkörper graviert und dann in mehreren Anläufen weiß auf Arduino-blau lackiert.

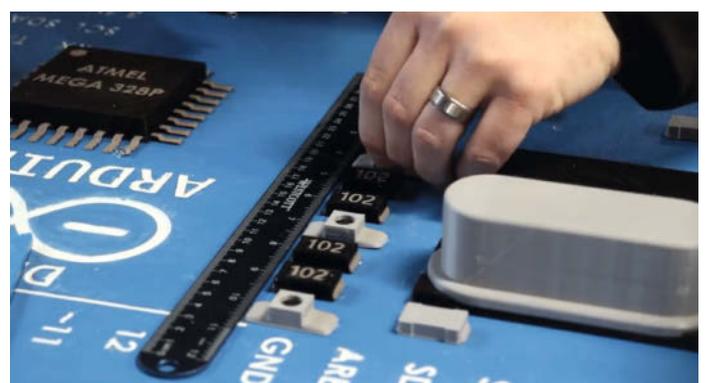
Der Arduino Giga sieht nicht nur beeindruckend aus, er ist sogar voll funktionsfähig, da auf seiner Rückseite ein Arduino Nano eingelassen ist. So hat er neben funktionierenden Status-LEDs und einem Resetbutton – der im früheren Leben mal ein Arcade-Button war – auch gigantischen Pin-Header, in die 1/4-Zoll-Audiobuchsen als Anschlüsse eingebettet sind. Dank dieses Anschluss-Hacks kann Hipps mit dem Arduino seine Weihnachtsbaumbeleuchtung steuern; der Holz-Arduino stiehlt dem Weihnachtsbaum allerdings gehörig die Show.

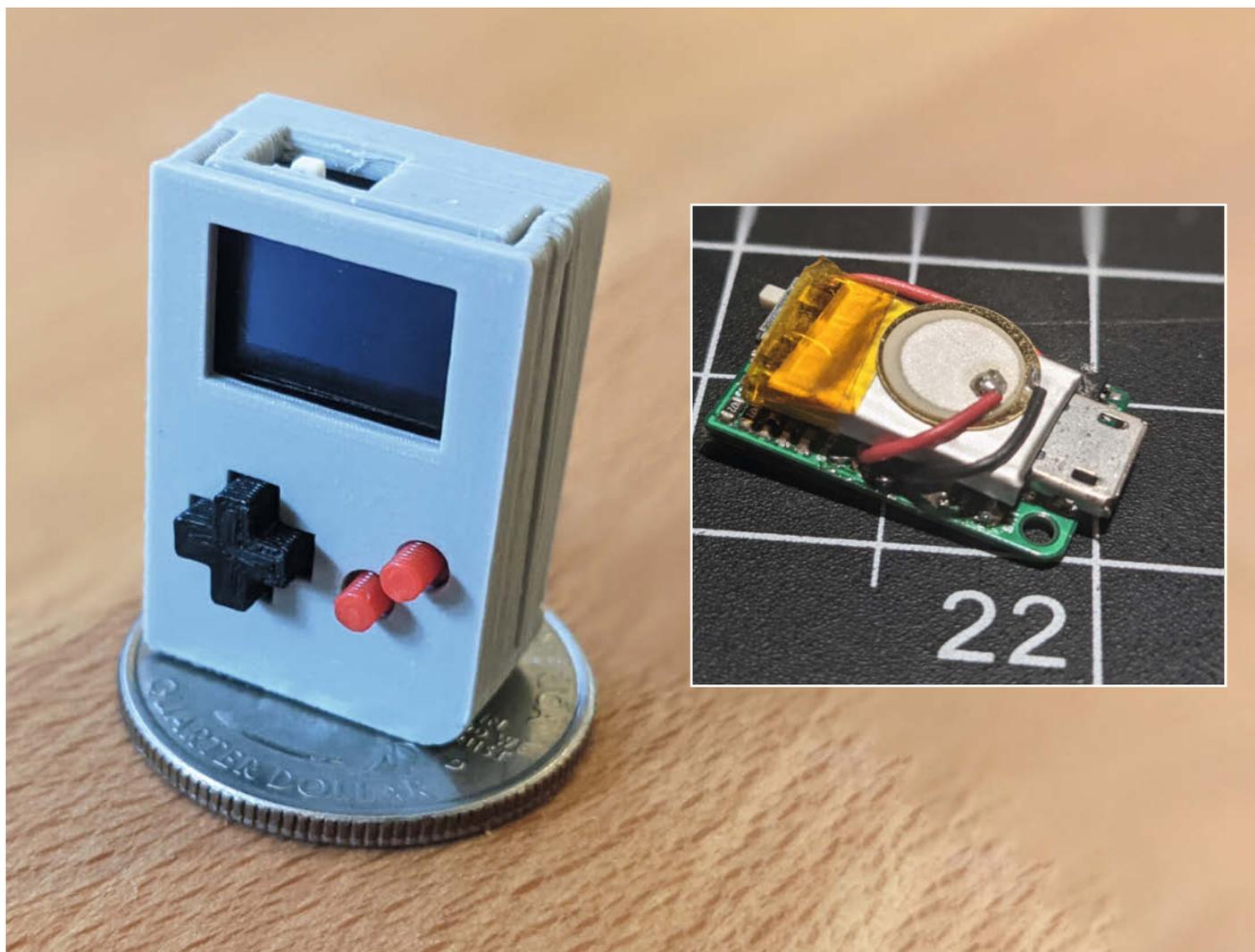
—rehu

► [youtube.com/watch?v=aeNuHb9jWpY](https://youtube.com/watch?v=aeNuHb9jWpY)



byte sized





## Der kleinste Arduino-Handheld der Welt

Der Maker Kevin Bates, auch bekannt als *bateske* im Arduboy-Forum, hat mit dem *Arduboy Nano* eine Game-Konsole entwickelt, die auf den ersten Blick wie ein einfache Miniatur aussieht. Allerdings stecken in diesem kleinen Gerät tatsächlich ein Arduino, ein Display und ein Akku – und wer sehr kleine Hände hat, kann eine Runde *Space Trash* darauf zocken. Der Arduboy Nano ist der winzige Bruder des Arduboys – der an sich schon ein „Gameboy“ im Kreditkartenformat ist. Das komplette Arduboy-Ökosystem ist Open Source.

Das Display des Nano ist ein ganzes Stück geringer aufgelöst als das des großen Arduboys und wird per I<sup>2</sup>C angesteuert. Da Pinouts und die Codebasis mit dem Arduboy übereinstimmen, können die Arduboy-Spiele dennoch recht einfach angepasst werden – wenn man sie auf das kleine Display quetschen kann. Das im Moment einzige verfügbare Spiel *Space Trash* diente ursprünglich als Beispiel für die Display-Library *u8glib*. Kevin hat dieses Beispiel um die Beeps erweitert und die Logik der Buttons angepasst. Die winzige Platine für den Arduboy-Nano ist mittlerweile im Arduboy-Shop erhältlich. —*caw*

► [community.arduboy.com/t/introducing-arduboy-nano](https://community.arduboy.com/t/introducing-arduboy-nano)



bateske

# Makerspace-Challenge: Die Gewinner



Holzböcke für die Werkstatt, eine Werkzeug-Aufbewahrung aus dem 3D-Drucker und eine modulare Werkbank für die Wohnung: Bei der Makerspace-Challenge auf Make Projects haben wir die besten Projekte und Helferlein gesucht, die das alltägliche Leben in Makerspaces, offenen Werkstätten, Fablabs und Hackerspaces einfacher machen.

von Rebecca Husemann

**B**ei der Challenge für Makerspaces auf Make Projects wurden so viele hervorragende Projekte eingereicht, dass wir uns kaum entscheiden konnten, welche uns am besten gefallen. Am Ende haben wir es trotzdem geschafft, uns auf einige Lieblingspro-

jekte zu einigen. Hier nochmal die Kriterien: Wir haben besonders darauf geachtet, wie originell (besser gesagt: *awesome*) die Projekte sind, wie gut man sie mit der Dokumentation nachbauen kann und wie das Preis-Leistungs-Verhältnis aussieht. Los

geht's mit unseren Gewinnern – aber auf Make Projects gibt es noch viele weitere tolle Einreichungen, durch die man sich schmökern sollte. Wir sagen nur Info-Displays, Designerschränke, Akkuschauberhalterungen, Personenzähler ...

## Beste Anleitung: MUFUTI 2020 C aus der HfK Bremen

Dieses Projekt entstand für Studierende, die derzeit wegen Corona nicht in die Hochschule können. Die Werkbank soll ihnen ermöglichen, zu Hause (Modellbau-)Arbeiten durchführen zu können, bei denen es etwas beherrzter zu Sache geht. Manchmal müssen nun mal Späne fliegen. Da man sich nicht unbedingt beliebt macht, wenn man den WG-Küchentisch dafür nimmt, entstand die Idee einer mobilen Werkbank, die zuhause genutzt werden kann und bei der es auch nicht schlimm ist, wenn sie leidet.

Die Werkbank besteht aus leicht zu beschaffenden Platten. Um Kosten zu sparen, ist die Lage der Bauteile auf einer Platte auf ein Maximum an Materialausnutzung und auf eine möglichst effektive Ausnutzung des Fräswerges ausgerichtet. Da wohl nicht alle

Makerspaces und Fablabs über Fräsen mit einem Frästisch von 1,5m x 2,5m verfügen, wird sicher eine Anpassung der Frästeile nötig sein.

Das komplette Projekt ist hervorragend dokumentiert und stellt alle relevanten Dateien und CAD-Modelle zur Verfügung. Es ist somit verdienter Sieger in der Kategorie „Beste Anleitung“.

**Die Hochschule für Künste Bremen** ist eine Musik- und Kunsthochschule. In den unterschiedlichsten Werkstätten können sich Studierende nach Herzenslust austoben, um ihre Ideen umzusetzen – sofern nicht gerade eine Pandemie wütet.

► [makeprojects.com/de/project/mufuti-2020-c](https://makeprojects.com/de/project/mufuti-2020-c)



Marcus Lieblich



## Besonders awesome: Böcke für die Werkstatt aus dem Holzkombinat

Diese Böcke sind nützlich, handwerklich hervorragend umgesetzt und benötigen keine ungewöhnlichen Spezialwerkzeuge, um sie nachzubauen. Stabile Böcke braucht man in der Werkstatt immer, also eindeutig *awesome*. Aus einem Stück Massivholzplatte aus Kiefer mit den Maßen 800mm x 800mm x 42mm kann man insgesamt sechs Paar Böcke herstellen. Für die Absätze der FüÙe

und Verbindler hat das Holzkombinat Buche verwendet.

Das **Holzkombinat** in Chemnitz betreibt eine voll ausgestattete Holzwerkstatt für Einmietung, Kurse und Veranstaltungen. Dabei unterstützt es Maker bei allen Vorhaben – von der Planung bis zur erfolgreichen Fertigstellung. Sie bespielen über 300 Quadratmeter Fläche, die sie Stück für Stück

zum Projektparadies umbauen. Das Holzkombinat kann übrigens nicht nur sehr gut schreinern, auch Videoschnitt gehört zu den Stärken des Kombinat. Schaut mal in das Video auf Make Projects.

► [makeprojects.com/de/project/bcke-fr-die-werkstatt](https://makeprojects.com/de/project/bcke-fr-die-werkstatt)

Holzkombinat



## Bestes Preis-Leistungs-Verhältnis: Die Tool Wall aus dem SP4CE.berlin

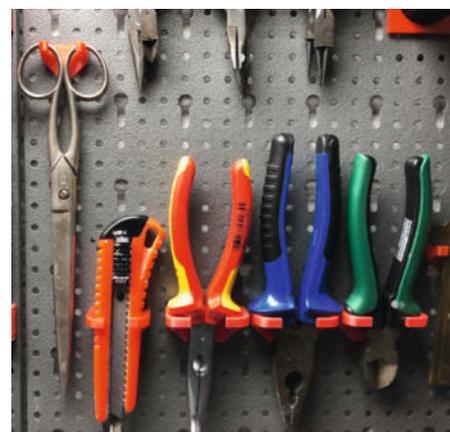
Oliver aus dem SP4CE.berlin kennt die alte Makerweisheit: „Das passende Werkzeug immer griffbereit zu haben, ist super!“ Lochwände mit Haken und Halterungen sind eine gute Aufbewahrungslösung, doch oft passen die Werkzeuge nicht zu den Haltern oder man hat mehr Werkzeuge als Befestigungen. Mit ein paar Elementen aus dem 3D-Drucker kann man die Tool Wall einfach und kostengünstig erweitern.

Man druckt schlicht die Werkzeug-Halter, die man wirklich braucht. Alle Modelle wurden mit der CAD-Software Fusion 360 erstellt und die STL-Dateien stehen zum Download bereit. Angefangen hat alles mit einer Befestigung

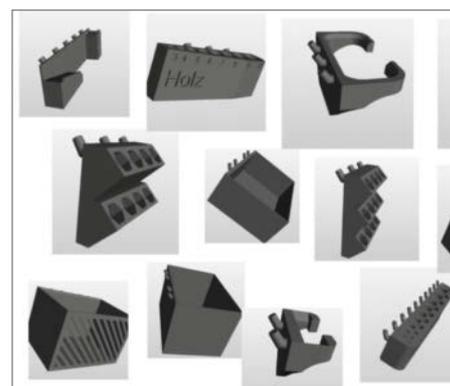
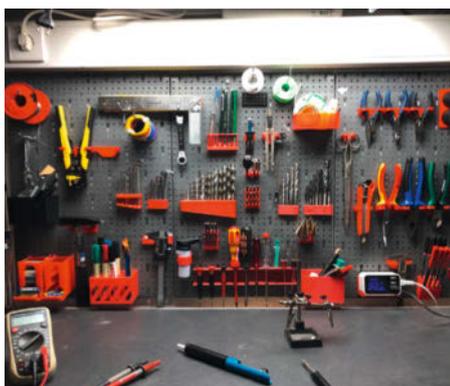
für eine Schiebelehre. Dieses Modell wurde weiterverwendet, um die anderen Formen zu entwickeln.

**SP4CE.berlin** ist ein kleines Side-Projekt einer Büro-Gemeinschaft. Da es eh' immer Anlass für kleine DIY-Elektronikprojekte und Kunstprojekte gab, ist ein Makerspace entstanden. Der Ort mit 3D-Druckern, Glaswerkstatt und Elektronik-Ecke soll auch als Treffpunkt für Workshops und Makertreffen dienen. Der 3D-Drucker ist eines der meist genutzten Werkzeuge – und öfter im Einsatz als Akkuschauber oder Bohrmaschine.

► [makeprojects.com/de/project/toolwall](https://makeprojects.com/de/project/toolwall)



SP4CE.berlin



## Honorable Mention

Sämtliche Einsendungen haben uns sehr gefreut und inspiriert, aber leider können nicht alle gewinnen. Na gut, eigentlich schon: Hier folgen zwei Projekte, für die wir prompt einen Sonderpreis eingeführt haben.

### Gewinner der Herzen: Hex Nut Determination Device 1.0

Dieses Projekt war einer unserer Favoriten, aber wir müssen streng sein: Ein persönlicher Makerspace ist leider keine juristische Person. Vorenthalten wollen wir euch dieses coole Device aber trotzdem nicht.

User **Nerdworld** hat ein einleuchtendes Hilfsmittel gebaut, mit dem man einen Berg Muttern blitzschnell sortieren kann. Der Aufbau ist unschlagbar simpel, aber funktional. An einen Arduino Nano wird ein Potentiometer angeschlossen. Auf das Potentiometer kommt ein Drehgriff mit einer langen Spitze aus dem 3D-Drucker. Mit dem Potentiometer wird jetzt die Höhe der jeweiligen Mutter gemessen. Der Wert wird dann umgerechnet und an der Seite mit Hilfe von LEDs angezeigt. Nerdworld hat seinen ganz persönlichen Makerspace zuhause, der auch Freunden und Verwandten als Werkstatt dient.

► [makeprojects.com/de/project/hex-nut-determination-device-10](https://makeprojects.com/de/project/hex-nut-determination-device-10)



Beim Hex Nut Determination Device macht es sofort Klick.

### Das größte Potenzial: Die Smarte DIY-Lötabsaugung aus dem ViNN:Lab

Dieses sinnvolle Projekt sollte jeder Löt-Fan anschauen, denn Lötdämpfe einzusatmen ist bekanntermaßen ungesund. Doch wegen der Corona-Situation müssen viele ihre Bastelarbeiten zuhause durchführen und die wenigsten Maker haben tatsächlich eine Lötabsaugung daheim. Die Geräte sind meist entweder zu laut, zu teuer oder zu groß. Daher hat das ViNN:Lab prompt eine kleine Lötabsaugung entwickelt. Die ist nicht nur einfach herzustellen, sondern besitzt auch einen Aktiv-Koh-



Zu gleichen Teilen Elefant und Lötabsaugung. Knuffig.

le-Filter und geht selbstständig an, sobald Lötqualm verursacht wird. Die Steuerung ist mit einem einfachen Arduino Uno sowie einem Rauch- und Gassensor umgesetzt.

Das **ViNN:Lab** ist der Makerspace der TH Wildau. Er ist mit vielfältiger Fertigungstechnik ausgestattet. Die Mitglieder haben ein einladendes Video mit einer Live-Lab-Führung durch ihren Makerspace auf Make Projects hochgeladen. Richtig cool! —rehu

► [makeprojects.com/de/project/makerspace-challenge-die-smarte-diy-lotabsaugung](https://makeprojects.com/de/project/makerspace-challenge-die-smarte-diy-lotabsaugung)

## Und das waren die Gewinne:



Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xu8p](https://make-magazin.de/xu8p)



# WILLKOMMEN IN DEN GUTEN ALTEN ZEITEN...



30 %  
Rabatt!

Testen Sie Retro Gamer  
mit 30 % Rabatt!

2 Ausgaben als Heft oder digital  
+ Geschenk nach Wahl



Jetzt bestellen:

[www.emedia.de/rg-mini](http://www.emedia.de/rg-mini)



(0541) 800 09 126



leserservice@emedia.de

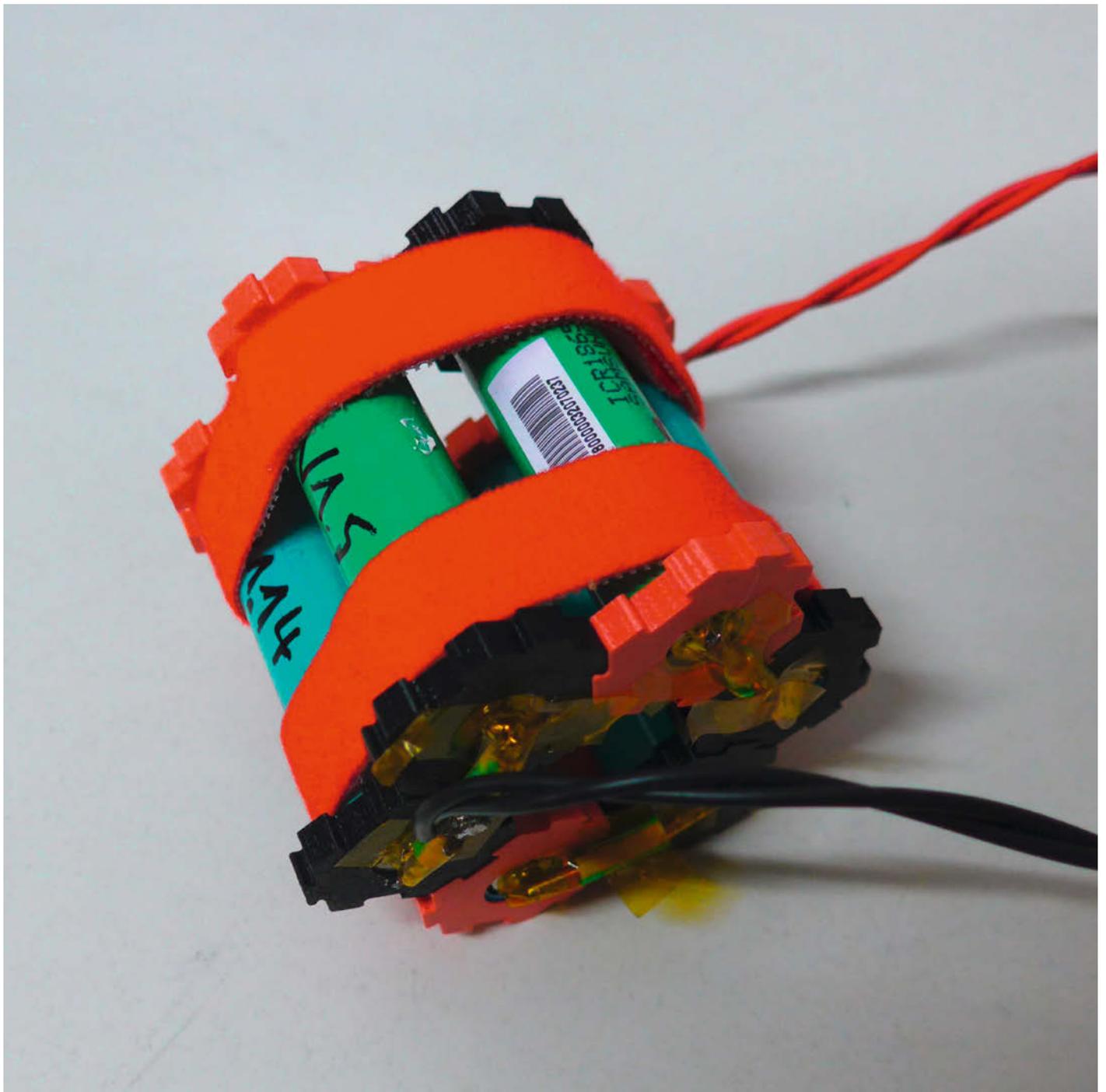


eMedia Leserservice, Postfach 24 69, 49014 Osnabrück

# Lithium-Ionen-Akkus testen und wiederverwenden

Alte Akkus müssen nicht zwangsläufig in den Müll wandern: Oft sind darin noch gut funktionierende Zellen zu finden. Wer sie genauer durchmisst, kann sie für mobile Projekte einfach weiterverwenden.

von Jan Wegener



**E**-Autos, kabellose Baugeräte, Unterhaltungselektronik und vieles mehr – mittlerweile werden fast alle elektrischen Geräte mit Hilfe von Akkus betrieben. Sehr beliebt ist der Typ *Lithium-Ionen*, da er relativ leicht und effizient ist. Als Nachteil ist er leider recht empfindlich für Tiefentladung und reagiert bei falscher Lagerung und Ladung mit einer starken Abnahme seiner Kapazität. Lithium-Ionen-Akkus an sich findet man häufig in Form von zylinderförmigen Zellen, mit der Bezeichnung 18650 (18mm Durchmesser, 65mm Länge und die 0 für den Zylinder). Akkupacks, wie man sie zum Beispiel in E-Bikes oder Laptops nutzt, bestehen aus mehreren solcher 18650er Zellen, die durch Reihen- und Parallelschaltung auf die für das Gerät benötigte Spannung und Kapazität gebracht werden.

Wenn zum Beispiel in einem Laptop-Akku eine der verbauten Zellen kaputt geht, nimmt zunächst die Kapazität drastisch ab. Im schlimmsten Fall fällt auch die Spannung, wodurch das Gerät nicht mehr per Akku betrieben werden kann und meist entsorgt wird. Allerdings kann auch mit aktuellen Recyclingverfahren nur ein Bruchteil der Rohstoffe zurück gewonnen werden und oft sind nur einzelne Zellen eines Akkus kaputt. Warum also nicht die funktionierenden Zellen ausbauen, Geld sparen und die Umwelt schützen?

Darüber habe ich mir in meinem Jugend-Forscht-Projekt *batterE* Gedanken gemacht und eine Weiterverwendungsstrategie entwickelt. Bei einem Regionalentscheid des Wettbewerbs in Rheinland-Pfalz habe ich damit 2020 in der Kategorie Physik den ersten Platz gewonnen, die weiteren Entscheide sind Corona-bedingt leider ausgefallen. Mit weiteren Verbesserungen des Testprozesses war ich dieses Jahr erneut erfolgreich und trete Ende März beim Landesentscheid an. Meine Inspiration war übrigens das Projekt der *Upcycling-Leseleuchte* aus *Make 2/19* (S. 46). Darin wird beschrieben, wie man die Lithium-Ionen-Zellen aus Laptop-Akkus ausbauen, kurz testen und schließlich in Taschenlampen verbauen kann. Diesen Prozess habe ich verbessert, um die Zellen sicher auszubauen, zu klassifizieren und vielfältig weiter zu nutzen. Wer einen 3D-Drucker hat, kann damit schließlich eigene Akkupacks für verschiedene Projekte bauen.

## Zellen ausbauen

Die meisten haben heute vermutlich ein Gerät mit defektem Akkupack herumstehen – falls nicht, können Sie in lokalen Computer- oder E-Bike Läden nachfragen. Über eBay-Kleinanzeigen werden ebenfalls sehr häufig solche Akkus angeboten. Hier kann man auch Munitionskisten günstig erwerben, in denen sich kaputte Zellen sicher lagern lassen.

Da jeder Hersteller andere Gehäuse für seine Akkus verwendet, gibt es keine immer

## Kurzinfo

- » Akkupacks zerlegen
- » Kapazität und Entladung überprüfen
- » Eigene Akkupacks zusammenstellen

### Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
zwei Nachmittage
-  **Kosten:**  
5 Euro
-  **3D-Druck:**  
optional

### Werkzeug

- » Multimeter
- » Li-Ion Ladegerät mit Testfunktion
- » Zange
- » Schraubendreher
- » Seitenschneider
- » feuerfeste Unterlage
- » Infrarot-Thermometer
- » Lagerbox

### Material

- » Alte Akkus
- » Step-Up-Modul 134N3P oder Ladeplatine

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/x3hb](https://make-magazin.de/x3hb)

### Mehr zum Thema

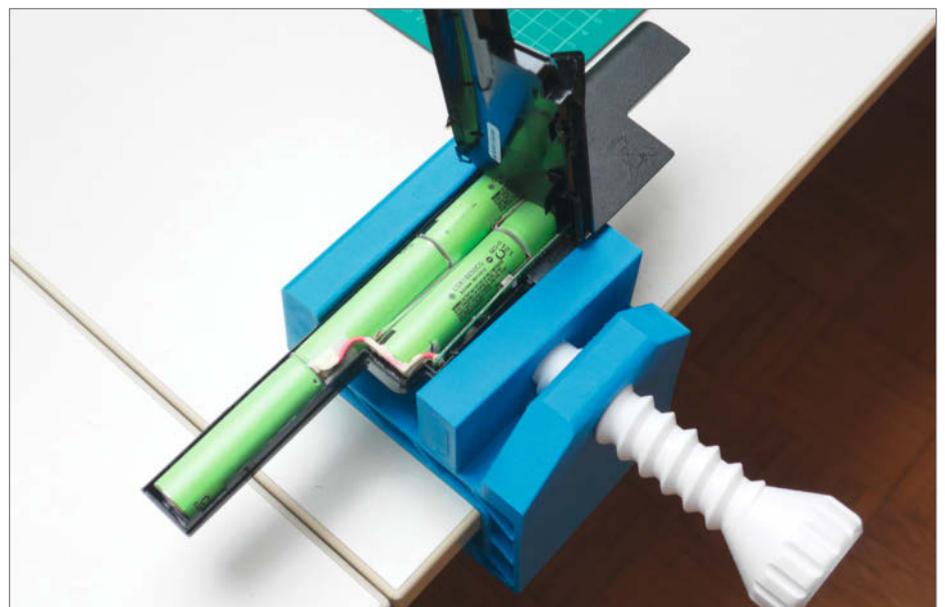
- » Clemens Verstappen, Kapazitätsmessgerät für Powerbanks und Akkuzellen, *Make 1/2020*, S. 100
- » Dieter Hoffmann, Upcycling-Leseleuchte, *Make 2/2019*, S. 46
- » Florian Schäffer, Akkutechnik, Sonderheft *Energie 2018*, S. 68

gültige Anleitung, wie diese auseinanderzunehmen sind. Meist bestehen sie aus zwei zusammengeklebten Kunststoffteilen. Laptop-Akkus sind oft gut zu öffnen, indem man mit einem flachen Schraubendreher zwischen den Deckel und die Fassung der Zellen geht und diesen aufhebelt. Mit einem Seitenschneider lassen sich dann die inneren Verbindungen der Zellen trennen – wer mag, kann Kabel und Metallplättchen für zukünftige Projekte



## Warnhinweis

Achten Sie darauf, dass Sie beim Öffnen nur das Gehäuse der Akkupacks kaputt machen. Werden die Zellen selbst beschädigt, besteht Brandgefahr!



Geöffneter Laptop-Akku



Die ausgebauten Zellen, Ladeelektronik und Plastikgehäuse



Einzelne Zellen

aufbewahren. Sollten Sie versehentlich die Gummihülle einer Zelle teilweise entfernt haben, empfehle ich, die Stelle mit Kapton- oder anderem Tape zu überkleben, um Kurzschlüsse zu vermeiden.

Sofern möglich, notiere ich außerdem die Seriennummern der Zellen, da sich darüber nützliche Informationen finden lassen, wie zum Beispiel den vom Hersteller empfohlenen Ladestrom. Gerade wenn man mehrere Zellen ausbaut und neu kombinieren möchte, ist es wichtig, den Überblick zu behalten: Am besten beschriften Sie die Zellen mit fortlaufenden Nummern wie V1.1, V1.2 usw. So können Sie die gemessenen Daten mit der Zellen-Nummer in einer Tabelle festhalten.

## Zellen überprüfen

Für den ersten Test nutze ich ein einfaches Voltmeter. Bei den 18650ern liegt die Entladeschlussspannung, bei der eine Zelle als entladen gilt, zwischen 2,5 und 2,75 Volt. Bei

Werten darunter ist sie tiefentladen. Damit ist sie noch nicht unbedingt defekt. Falls die Spannung unter 1,5 Volt liegt, die Zelle sich am Voltmeter entlädt oder gar nicht mehr erkannt wird, stehen die Chancen allerdings schlecht, dass sie noch normal funktioniert.

Der wichtigste Schritt ist die Berechnung der Kapazität. Sie wird in mAh angegeben und erfasst, wie viel elektrische Ladung ein Akku speichern kann. Je nach Höhe der Kapazität sind die später möglichen Verwendungszwecke begrenzt. Sie lässt sich am besten mithilfe eines intelligenten Ladeegerätes bestimmen. Dieses können Sie selbst bauen (eine Anleitung finden Sie in der Make 1/20 ab S. 100) oder fertig kaufen. Dafür empfehle ich das Opus BT-C3100. Es lädt bis zu vier Zellen auf, entlädt sie, lädt sie wieder und errechnet schließlich die Kapazität. In meinen Versuchen waren diese Ergebnisse zuverlässiger und genauer als eigene Berechnungen.

Ein weiterer Defekt von Akkus kann sein, dass sie sich über einen längeren Zeitraum zu

schnell selbst entladen. Innerhalb von 20 Tagen dürfen sie nur bis zu 2 Prozent an Spannung verlieren. Für den Selbstentladungstest müssen die Zellen aufgeladen sein. Bei den meisten Ladegeräten können Sie den Ladestrom in mA einstellen. Standardmäßig lassen sich Akkus gut mit 500mA laden. Wenn es schneller gehen soll, hilft die Suche im Netz nach der Seriennummer einer Zelle – und damit dem maximalen Ladestrom laut Datenblatt.

Optional können Sie während des Ladevorganges die Temperatur messen. Eine defekte Zelle wird merkbar heiß beim Laden, bis zu 50 Grad Celsius. Bei Werten über 40 Grad können Zellen direkt aussortiert werden. Nach dem Aufladen messe und notiere ich die Spannung.

Anschließend lagere ich die Zellen für 20 Tage ein. Auch dafür haben sich die Munitionskisten bewährt, wenn sie nicht zu warm gelagert werden. Nach dieser Zeit messe ich die Spannung erneut und berechne die Differenz zwischen der Spannung vom ersten und zwei-



Überprüfung der Spannung



Test im Opus BT C3100



Überprüfen der Ladetemperatur



Lagerung in einer Munitionskiste

ten Messen. Liegt sie über 0,2 Volt, kann die Zelle ebenfalls direkt aussortiert werden.

### Zellen klassifizieren

Um einschätzen zu können, welche Zelle noch für welche Anwendungen verwendet werden kann, ordne ich sie verschiedenen Klassen zu, die von den gemessenen Werten abhängen. Ich habe hierfür die Klassen A (beste) bis E (schlechteste) gewählt. Wenn man zum Beispiel einen E-Bike-Akku bauen möchte, ist es wichtig, sehr gute Zellen zu verwenden, um lange und sicher fahren zu können. Für eine Powerbank hingegen, die lediglich das Handy unterwegs etwas aufladen soll, können auch schwächere Zellen genutzt werden. Die Einteilung in Klassen erfolgt anhand der gemessenen Kapazität. Bei einer Testreihe mit 40 Zellen aus defekten Akkus waren über 30 Zellen noch in einem sehr guten Zustand (Klasse A oder B). Es wird also viel unnötig weggeworfen.

Die Zellen der Klasse E können allerdings getrost entsorgt werden. Die aufgrund ihrer Temperatur oder Selbstentladung aussortierten Zellen ordne ich ebenfalls der Klasse E zu. Entsorgen Sie defekte Lithium-Ionen-Zellen aber niemals im Hausmüll. Sie müssen zu speziellen Sammelstellen gebracht werden, etwa Abfallwirtschaftshöfen oder Rücknahmestellen im Elektrofachhandel. Kleine Lithium-Akkus bis 500 Gramm können auch in Supermärkten in die Boxen geworfen werden. Um Kurzschlüsse zu vermeiden, müssen die Pole und Kabelenden abgeklebt werden.

### Klassifizierung

Kapazität	Klasse
≥ 2000mAh	A
≥ 1500mAh	B
≥ 1000mAh	C
≥ 500mAh	D
≤ 500mAh	E

### Wiederverwendung der Zellen

Grundsätzlich sind die Möglichkeiten nun unbegrenzt, da man die Zellen ganz normal weiterverwenden kann. Zwei Projekte sind leicht selbst zu bauen und äußerst nützlich:

# Durchstarten mit Linux!

NEU

Heft + PDF  
mit 29%  
Rabatt



### c't LINUX

Linux zu nutzen war nie so einfach wie heute. Darum richtet die c't-Redaktion in diesem Sonderheft den Fokus auf den produktiven Einsatz von Linux. Im Heft gibt's Vorschläge für bewährte Anwendungen, Tipps zum optimalen Einrichten Ihres Desktops und wie Sie das System für Ihre Bedürfnisse anpassen. Also – viel Spaß mit Tux und Co.!

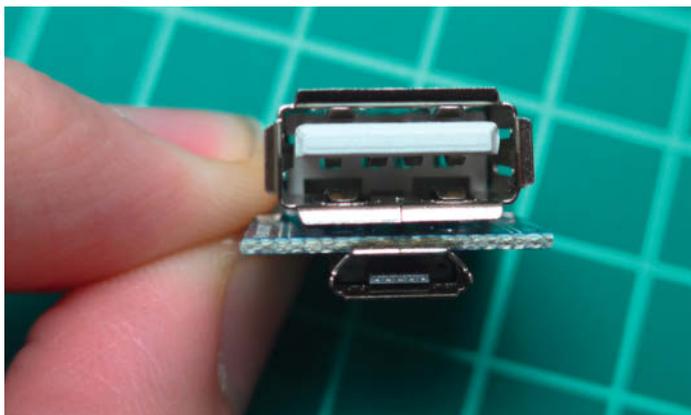
Auch als einzelnes Heft erhältlich.

[shop.heise.de/ct-linux21](http://shop.heise.de/ct-linux21)

Heft + PDF  
für nur  
19,90 € >

heise shop

[shop.heise.de/ct-linux21](http://shop.heise.de/ct-linux21)



Das Step-Up-Modul 134N3P bietet USB-Anschlüsse zum Laden und Entladen.



Meine selbstgebaute Powerbank

Mobile Powerbanks und Ersatzakkus für Großgeräte wie E-Bikes.

Mit Powerbanks kann man nicht nur das Smartphone unterwegs aufladen, sondern als Maker auch Projekte mit einem Arduino oder Raspberry Pi im Freien lange betreiben. Für den Bau einer eigenen Powerbank eignet sich das Step-Up-Modul 134N3P, da es das Laden (per Micro-USB-Kabel) und Entladen über USB-Kabel des Typs A ermöglicht. Wer einen 3D-Drucker hat, kann noch ein passendes Gehäuse ausdrucken.

Meine Powerbank besteht aus nur einer Zelle mit einer Kapazität von knapp 2200 mAh und kann somit ein durchschnittliches Smartphone fast ganz aufladen. Für das Gehäuse habe ich auf ein Design auf Thingiverse von Gervasi Alain zurückgegriffen (zu finden unter der Nummer 3332838 und über den Link in der Kurzinfor).

Für größere Projekte empfehle ich, Zellen aus den Gruppen A und B meiner Klassifizierung zu wählen. Um mehrere Zellen zu einem

großen Pack zu kombinieren, sollte man außerdem darauf achten, dass die verschiedenen Reihen auf die gleiche Kapazität kommen. So lässt sich aus 18650er-Zellen praktisch jeder Akku bauen: Bei der Reihenschaltung (auch serielle Schaltung genannt) wird die Spannung der Zellen addiert, während bei der Parallelschaltung die Kapazität zusammengerechnet wird. Für meinen 3S2P-Akku habe ich drei Zellen in Reihe und die beiden Reihen parallel geschaltet, sodass er eine Spannung von 12 Volt liefert.

Wichtig ist schließlich, dass man den Minus- und Pluspol des Packs an eine BMS-Platine (Battery Management System) anschließt. Diese Platine sorgt für das Laden und Entladen des Akkus und schützt ihn vor der Tiefentladung sowie vor gefährlichen Überladungen. So kann man einen individuell angepassten Akku entwerfen und zusammenbauen. Bei E-Bikes ist beispielsweise der Typ 7S2P, bestehend aus 14 Zellen, sehr beliebt. Zum Verbinden

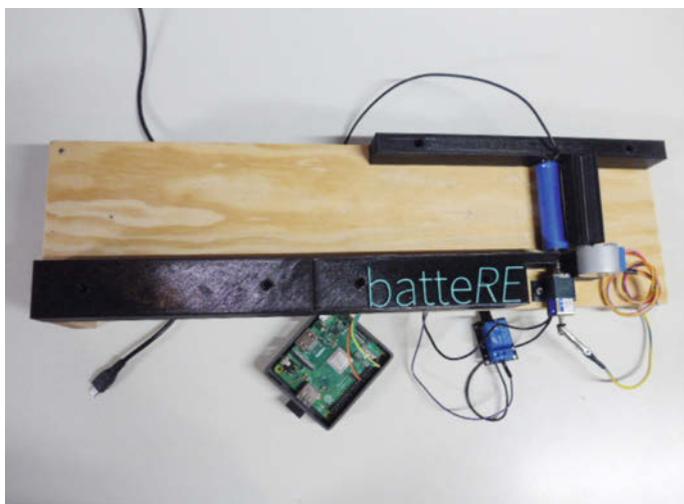
sollte man entweder sehr dicke und starke Litze an die Zellen löten oder sie noch etwas professioneller mit einem Punktschweißgerät und Nickelstreifen verbinden.

## Ausblick

Ein Punkt, an dem ich weiter forsche, ist die Entwicklung des Stecksystems für die Zellen (Download siehe Kurzinfor). Da es auf 3D-gedruckten Teilen basiert, ist es leicht anpassbar. Mit leitfähigem Filament könnten Kontakt- und Verbindungspunkte direkt in die Bauteile gedruckt werden und das Löten wegfallen. Außerdem wären die Akkus nochmal viel leichter zu reparieren. Zusätzlich arbeite ich an einem automatischen Testsystem für 18650er Zellen. Ich möchte Maschinen bauen, die die einzelnen Schritte des Prozesses übernehmen. Einen ersten Prototypen habe ich bereits, er ist aber noch in der Entwicklung. —hch



3S2P-Akku mit selbstgedruckter Halterung



Prototyp für ein Akku-Testsystem



~~Vielleicht!~~

~~Könnte~~

**LOS GEHT'S!**

~~Sollte!~~

~~Würde!~~

~~Hätte!~~

**04. Mai 2021**

**THEMEN-HIGHLIGHTS:**

- Veränderung beginnt im Kopf und Bauch – Impuls für den Umgang mit Veränderung
- Selbstreflektion – was ist das, wie geht das?
- Bewerbung: Im Jahr 2021 richtig bewerben
- Gehaltsspiegel IT – Was bin ich wert?
- Kostenloser Lebenslaufcheck

+

Virtuelle Ausstellung &  
Möglichkeit für **direkte**  
**Bewerbungsgespräche**



Registrieren Sie sich jetzt kostenlos!

[www.it-job-kompakt.de](http://www.it-job-kompakt.de)

Organisiert von:

 **Heise Medien**

# Grafik für Maker

Wollten Sie schon immer mal wissen, wie Sie (fast) beliebige Bilder perfekt für Schneidplotter, Lasercutter & Co. aufbereiten? Hier zeigen wir Ihnen Schritt für Schritt, wie kostenlose Software aus Pixelbildern Vektorgrafiken macht – und wir setzen keine Grundkenntnisse voraus.

von Peter König



**M**aker lieben Logos – für viele gehört es zum DIY-Lifestyle einfach dazu, ihre Projekte, ihr Werkzeug und ihre Social-Media-Profile mit eigenen Signets (und auch Memes) zu markieren und auf *Maker Faires* und anderen Veranstaltungen das Shirt des heimischen *FabLabs* oder *Makerspaces* zu tragen. Standesgemäß macht man auch die dafür nötigen Aufbügelfolien, Sandstrahl- oder Sprühschablonen und Stempelgummis natürlich selbst, zumal die dafür notwendigen Schneideplotter und Lasercutter in vielen Maker-Werkstätten vorhanden sind.

Gerade für Einsteiger ist der Weg von der Bildvorlage zum schnittfertigen Vektorpfad aber keineswegs banal, weshalb wir ihn im Folgenden Schritt für Schritt erklären. Im ersten Teil (in diesem Heft) zeigen wir, wie man stilisierte, einfach Bildvorlagen wie Logos oder Figuren aus Comics so vorbereitet und in eine Vektorgrafik verwandelt, dass das Ergebnis gut aussieht und allen Anforderungen der gewünschten Transfertechnik erfüllt – so muss eine Sprühschablone Stege aufweisen, damit sie nicht auseinanderfällt. Im zweiten Teil (im nächsten Heft) setzen wir dann noch einen Schritt weiter vorne an und zeigen, wie man beispielsweise Fotos effektiv stilisiert und reduziert, sodass sie sich ebenfalls gut sprühen, sandstrahlen, siebdrucken oder aufbügeln lassen.

Um die grundlegenden Schritte von der Bildvorlage bis zum Vektor-Zuschnittpfad zu beschreiben, fangen wir mit einer ganz einfachen Logo-Vorlage an **1**, einer stark stilisierten Darstellung von *Makey*, dem Roboter-Maskottchen der *Maker Faire*. Dieses Bild (Download über den Link) ist in vielerlei Hinsicht ideal, denn es besteht aus klar abgegrenzten Formen in nur zwei Farbtönen, was sich ohne viele Modifikationen für T-Shirt-Bügelgelfolie, eine Sandstrahlvorlage oder sogar für eine Sprühschablone verwenden lässt. Dass das Bild lediglich 600 × 600 Pixel groß ist, stört bei so klaren Grafiken übrigens nicht, ganz im Gegenteil – kleinere Bilder als Vorlagen verarbeitet der Vektorisierer schneller als große.

Will man seine Schablone von Hand zuschneiden (etwa mit einem Cutter aus Pappe oder für eine Siebdruckvorlage), muss man die Figur nur in der gewünschten Größe ausdrucken, auf die Pappe kleben und dann loschnitzen. Das kann man machen, aber bei allem, was komplizierter ist als *Makey*, spart eine Maschine viel Nerven und Zeit. Für einen Lasercutter oder Schneidplotter braucht man aber auf jeden Fall eine Vektorgrafik-Vorlage. Zwar liegt den Geräten oft eine Software bei, mit der man so etwas erzeugen kann, aber eben nicht immer und nicht immer bietet diese genau die Funktionen, die man braucht. Glücklicherweise gibt es mit der Open-Source-Software *Inkscape* (Download siehe Link in der Kurzinformatio) aber auch ein pas-

## Kurzinformatio

- » Mit *Inkscape* und *Gimp* von der Bildvorlage zur fertigen Schnittdatei für Plotter und Lasercutter
- » Logos und Comics passend zur geplanten Transfertechnik vektorisieren und vereinfachen
- » Rezepte für schwarz auf weiß – und umgekehrt

### Checkliste



#### Zeitaufwand:

je nach Vorlage zwischen wenigen Minuten und etwa einer Stunde



#### Kosten:

keine für die Vorbereitung, Materialkosten für die Fertigung



#### Maschinen:

Schneideplotter oder Lasercutter, Kompressor und Sandstrahlkiste, je nach gewünschter Technik



#### Computer:

mit Windows, macOS oder Linux

### Mehr zum Thema

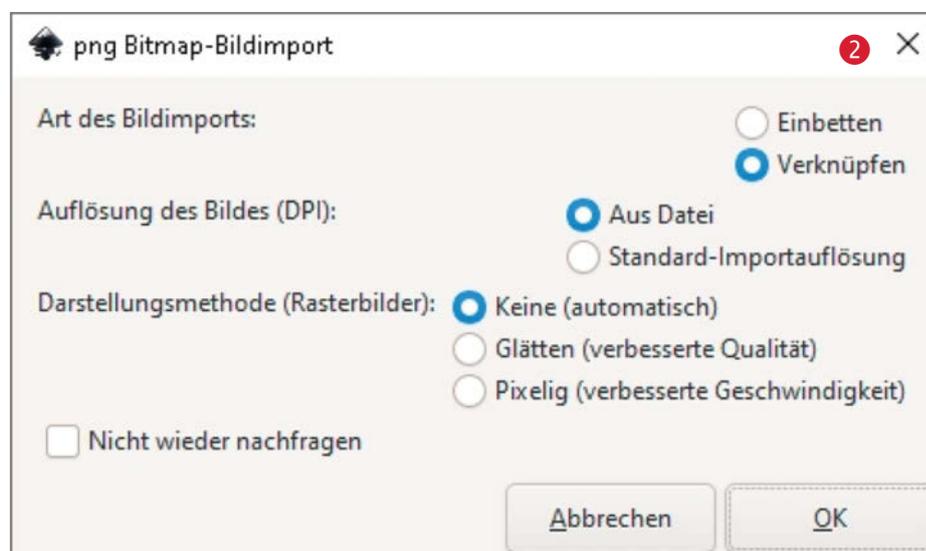
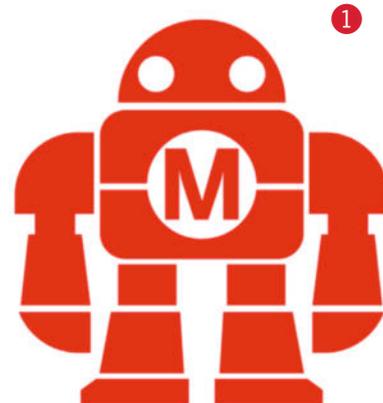
- » Guido Körber, Schneideplotter-Praxis, *Make* 6/18, S. 106
- » Guido Körber, Plexiglas sandstrahlen, *Make* 1/19, S. 112
- » Heinz Behling, Schneiden und Gravieren, *Make* 4/18, S. 126
- » Ulrich Schmerold, Sandstrahlkabine für zu Hause, *Make* 2/16, S. 120
- » Elke Schick, Geekshirts mit Siebdruck, *c't Hacks* 2/13, S. 90

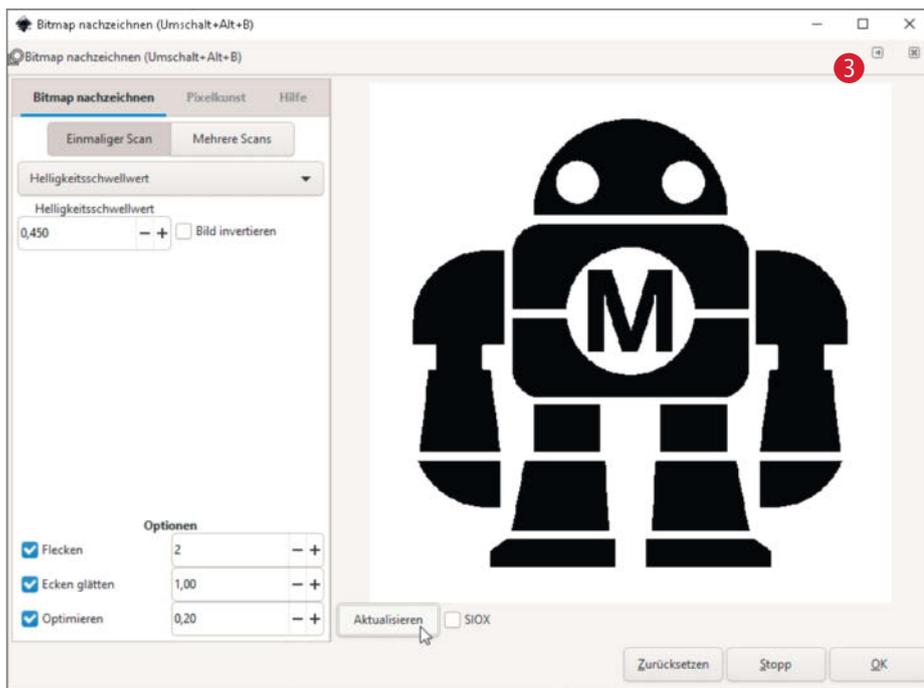
Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xqtc](http://make-magazin.de/xqtc)

sendes Gratis-Werkzeug für Windows, macOS sowie Linux, das allen zur Verfügung steht, weshalb wir es im folgenden benutzen.

## Vektorisieren ganz einfach

Starten Sie *Inkscape* und holen Sie das Bild per Drag & Drop auf die Zeichenfläche. Es taucht ein Dialog auf, der nach der Art des Bildimports fragt und den Sie für unsere Zwecke auf *Verknüpfen* stehen lassen können, was Sie dann mit *OK* bestätigen **2**. Die Größe des Bildes im Verhältnis zum Dokument ist erst einmal egal, denn am Ende der Prozedur steht





eine Vektorgrafik, die sich ohne Qualitätsverlust beliebig groß (und klein) skalieren lässt. Durch den Import ist das Bild gleich auch ausgewählt, deshalb können Sie direkt im Menü oben auf *Pfad/Bitmap nachzeichnen...* klicken, was das entsprechende Dialogfenster öffnet. Nicht irritiert sein, das besteht erst einmal vor allem aus einer leeren hellgrauen Fläche. Wenn Sie dann aber auf *Aktualisieren* klicken, sollte die sich mit einer Darstellung von Makey füllen **3**.

### Schwellwert

Die Figur ist allerdings schwarz. Das liegt daran, dass standardmäßig als Nachzeichnen-

methode *Einmaliger Scan* und *Helligkeitsschwellwert* ausgewählt ist – für unsere Zwecke genau das richtige. Eigentlich könnten Sie jetzt direkt auf *OK* drücken, aber setzen Sie mal spaßeshalber den Schwellwert auf 0,1 und danach auf 1,0 und drücken Sie danach jeweils auf *Aktualisieren*: Im ersten Fall liegen dann das Rot und das Weiß des Vorlagenbilds oberhalb des Schwellwertes und die Vorschau wird komplett weiß, im zweiten Fall liegt beides unter dem Schwellwert und alles wird schwarz. Alle Schwellwerte zwischen 0,38 und 0,99 führen bei unserer Beispielvorgabe aber zur gewünschten Tontrennung. Stellen Sie also den Schwellwert wieder auf etwas dazwischen ein, klicken Sie auf *Aktualisieren*, damit Sie Makey

wieder sehen, dann auf *OK* und dann schließen Sie den Dialog über das Kreuz rechts oben.

### In Form bringen

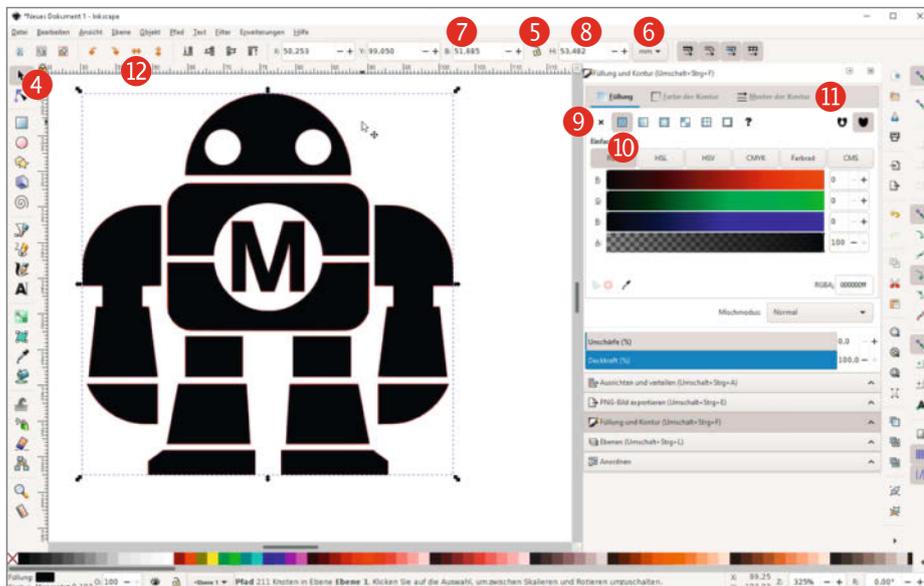
Auf der Ansicht des Inkscape-Dokuments ist der Makey jetzt schwarz geworden. Schnappen Sie ihn sich mit dem Auswahl-Pfeil aus der Werkzeugleiste links **4** und ziehen Sie ihn ein Stück zur Seite – darunter wird das rote Originalbild sichtbar. Das klicken Sie an und löschen es mit der *Entf*-Taste.

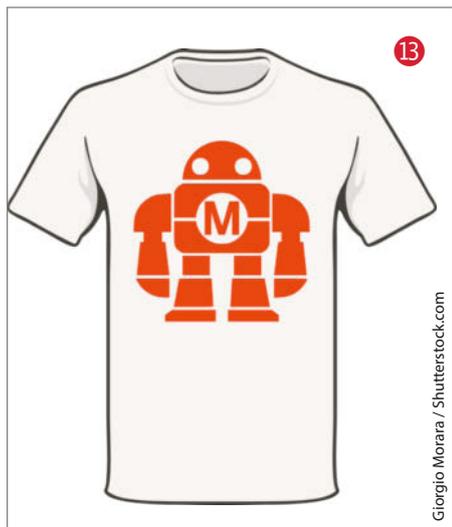
Klicken Sie dann den Makey wieder an und bringen Sie ihn auf die gewünschte Größe. Dazu klicken Sie zuerst auf das Schlosssymbol **5**, um das Seitenverhältnis zu sperren, dann prüfen Sie, ob als Einheit *mm* eingestellt ist **6**. Anschließend können Sie bei der Breite **7** oder Höhe **8** das gewünschte Maß eingeben. Sollte die Figur dabei aus dem angezeigten Blattformat hinausrutschen, schieben Sie sie wieder rein. Sprengt sie den Rahmen, müssen Sie im Menü über *Datei/Dokument-einstellungen* für ein größeres Blattformat sorgen, denn was sich außerhalb des Blattformats befindet, ist beim Öffnen der Vektordatei durch ein anderes Programm (etwa für den Schneideplotter) möglicherweise unsichtbar.

Der Vektorisierer hat ein Vektorobjekt ohne Konturlinie, aber mit schwarzer Füllung erzeugt. Falls Sie Ihr Logo mit dem Lasercutter flächig auf ein Gehäuse oder Werkzeug oder Weizenbierglas lasern wollen, sind Sie jetzt fertig mit der Vorlage. Für echte Schnitte mit Cutter und Laser hingegen braucht man Vektorpfade ohne Füllung, aber in der Regel mit einer bestimmten Konturstärke. Welche genau, hängt von Ihrem Gerät für die Weiterverarbeitung beziehungsweise dessen Software ab; Details dazu sollten Sie in der Dokumentation zu Ihrem Gerät finden. Klicken Sie auf *Objekt/Füllung und Kontur*, worauf sich rechts ein Dialog öffnet, in dem Sie die *Füllung* mit dem *x* wegklicken **9** und die *Farbe der Kontur* über das ausgefüllte Quadrat anschalten **10**. Unter *Muster der Kontur* **11** wählen Sie die nötige Stärke für Ihre Maschine.

Je nach Technik kann es noch nötig sein, die Vorlage zum Schluss horizontal zu spiegeln, etwa wenn Sie Transfer-Folie auf ein T-Shirt bügeln wollen – denn die wird in der Regel von hinten geschnitten. Das ist beim Makey egal, der ist perfekt symmetrisch; die Ziffer **12** zeigt Ihnen aber, wo Sie in Inkscape das nötige Werkzeug finden.

Dann können Sie die fertige Vorlage speichern. Inkscape benutzt intern SVG, über *Datei/Speichern unter...* stehen aber auch noch eine Reihe anderer Formate wie EPS, PS, DXF und PDF zur Wahl. Was Sie da brauchen, hängt wieder von Ihrer Maschine für die weitere Fertigung ab. Übrigens gibt es für viele Schneideplotter auch Inkscape-Plug-ins, sodass man direkt aus dieser Software heraus schneiden kann.





### Negativ denken

Jetzt können Sie den fertigen Makey etwa aus roter Flock-Folie ausschneiden und auf ein weißes T-Shirt bügeln **13**. Ist Ihr T-Shirt rot und die Folie weiß, klappt das auch und sieht bei so einer flächigen Vorlage auch noch brauchbar aus **14** – bei realistischeren Bildern geht das allerdings oft nicht mehr, dazu gleich mehr.

Es gibt aber auch noch eine Alternative für rotes T-Shirt und weiße Folie, bei der Makey trotzdem rot bleibt **15**. Das schöne: Man muss hierfür die Vorlage kaum verändern, sondern nur einen Rahmen außen herum hinzufügen, hier in Form eines Kreises. Den können Sie in Inkscape mit dem Ellipsenwerkzeug **16** zeichnen, bei gedrückter *Strg*-Taste bleibt das Seitenverhältnis ganzzahlig. Wählen Sie dann Makey und Kreis mit dem Auswahlpfeil aus, indem Sie mit gedrückter Maustaste um beides ein Auswahlrechteck ziehen und zentrieren Sie beide über *Objekt/Ausrichten und Verteilen* und den Dialog rechts (*Vertikal zentrieren* **17** und *Horizontal zentrieren* **18**).

Zur Sicherheit sollten Sie noch den Kreis vor dem Export über *Pfad/Objekt in Pfad verwandeln* präparieren, weil die Treiber von Cutter und Laser eventuell nur mit einem Vektorpfad und nicht mit einem Kreisobjekt klar kommen. Dann können Sie wie gehabt die weiße Flock-Folie ausschneiden, müssen dann aber beim Entgittern (=Entfernen der nicht gewünschten Teile vor dem Aufbügeln) aufpassen, denn diesmal müssen Sie alle Teile entfernen, die zu Makey gehören und den weißen Rand drumherum stehen lassen. Generell ist es beim Entgittern sehr hilfreich, zur Orientierung eine Vorlage auf dem Bildschirm oder als Ausdruck zur Hand zu haben, und zwar in den Farben, die Folie und Untergrund tatsächlich zeigen.

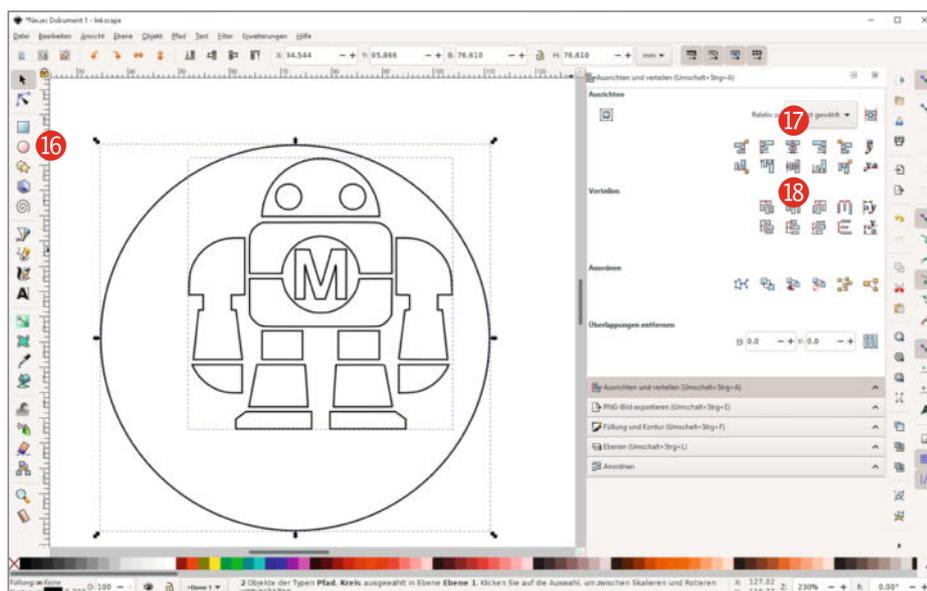
### Inseln und Brücken

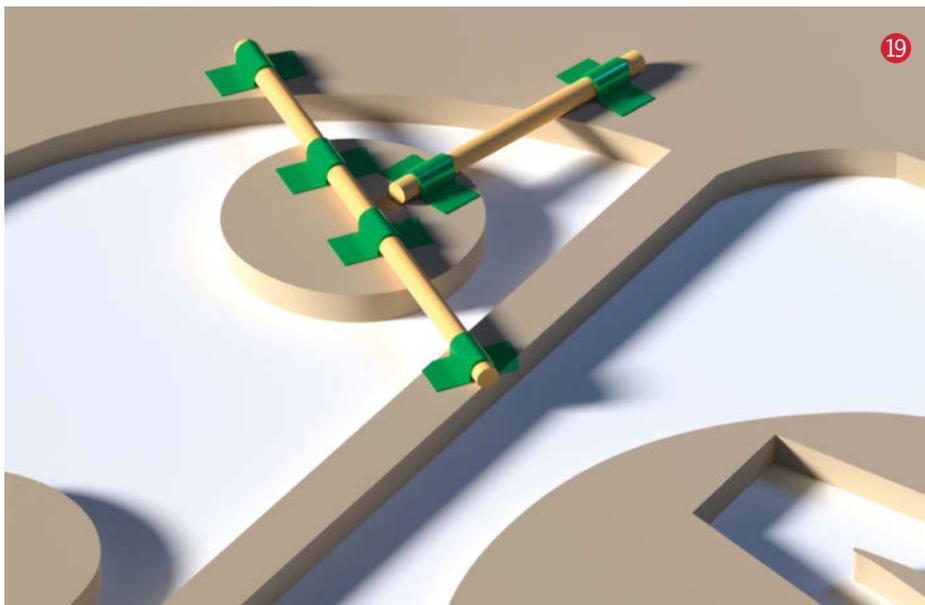
Das bisher beschriebene Verfahren eignet sich für alles, was auf einem Untergrund haftet wie die Flock-Folie auf dem T-Shirt oder die Maskierungsfolie beim Sandstrahlen. Will man allerdings eine Schablone bauen, mit der sich Makey in Rot auf die weiße Wand oder den hellen Boden sprühen lässt (wie wir das mit Kreidespray schon bei *Maker Faires* gemacht haben) und schickt die eben vorbereitete Datei auf den Lasercutter, dann fallen dem Roboter anschließend buchstäblich die Augen raus. Denn sie sind nirgends mit der Grundform verbunden, weshalb man sie auch als *Inseln* bezeichnet.

Solche Inseln in der Form sind bei Sprühschablonen nur möglich, wenn man sie durch Brücken oder Stege an den Rest anbindet – und die muss man von Hand in die Vorlage

einbauen. Diese Stege müssen hinreichend breit sein, um die ganze Schablone nicht zu fragil geraten zu lassen. Was da ausreichend ist, hängt von der Länge der Stege und vom Material ab: Lasert man seine Schablone aus dünnem Sperrholz oder *Kraftplex*, reichen oft wenige Millimeter Breite. Wenn die Schablone allerdings nur aus Folie oder gar Papier geschnitten wird, die man mit Klebeband auf dem Untergrund befestigt, müssen die Stege breiter sein. Bei Folie oder Papier besteht außerdem die Gefahr, dass sich solche Teile der Schablone vom Untergrund abheben, die wie lange schmale Zungen in Ausschnitte hineinragen, beim Makey etwa die Mittelspitze des M auf seiner Brust. Auch die verdient es, über eine Brücke in Zaum gehalten zu werden.

Passende Stege zeichnet man in Inkscape als kleine Rechtecke mit genügend Überlap-  
pfung mit der Makey-Form, wählt dann wieder

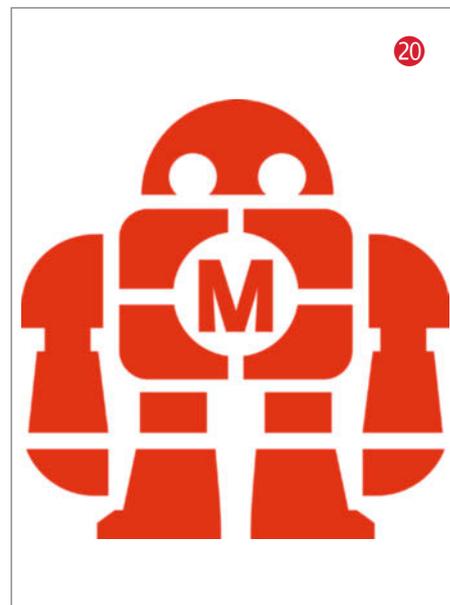




gemeinsam den Steg und den Makey aus und verschmilzt beides über *Pfad/Vereinigung* (hierfür ist es zur Orientierung hilfreich, die Formen vorübergehend wieder mit einer Füllung zu versehen). Es gibt aber noch einen anderen Weg, der sich etwa bei einer größeren Makey-Pappschablone anbieten würde: Man klebt nach dem Lasern oder Schneiden ein-

fach Stege aus Schaschlikspießchen oder dünnen Drähten mit Klebeband auf <sup>19</sup>. Auf diese Weise lassen sich auch Schablonen im Nachhinein verstärken, wenn man feststellt, dass sich doch die eine oder andere Zunge hartnäckig in die Höhe kringelt ...

Zweifelsohne bedeutet das Einfügen von Stegen immer eine Vergrößerung der Form



und damit einen Kompromiss. Bild <sup>20</sup> zeigt die von uns für Maker Faires verwendete Schablone, bei der wir etwa die ohnehin vorhandenen Brücken zwischen Körper und Armen verbreitert, über und unter dem M zusätzliche Stege eingefügt und die Augen gesenkt haben, damit sie ohne Stege halten – sonst könnte schnell der Eindruck entstehen, Makey trüge eine Brille ...

## Darf man das denn?

Das Internet ist voller Bilder und zum *Üben* der hier gezeigten Verfahren können Sie natürlich alles verwenden, was Sie dort finden oder was Ihnen vor Ihre Smartphone-Linse gerät. Sobald Sie aber das Ergebnis *nutzen* wollen, etwa für einen T-Shirt-Aufdruck, brauchen Sie die *Nutzungsrechte* an der Vorlage. Die können Sie etwa dann in Anspruch nehmen, wenn das originale Bild explizit unter einer Lizenz veröffentlicht wurde, die diese Rechte einräumt, zum Beispiel *Creative Commons* (wobei Sie dann gegebenenfalls den Namen des Urhebers und die Lizenz mit auf das Shirt drucken müssen). Oder Sie schließen mit dem Urheber explizit einen Vertrag über die Nutzungsrechte. Das ist zum Beispiel dann der Fall, wenn Sie ein Motiv über eine Stockfoto-Plattform kaufen oder wenn Sie jemanden beauftragen, der eine Grafik für Sie entwirft. In jedem Fall müssen Sie genau prüfen, welche Rechte Ihnen dieser Vertrag einräumt. So haben wir beispielsweise den trampenden Astronauten für diesen Artikel bei *Shutterstock.com* lizenziert, die Lizenz erstreckt sich aber nur auf re-

daktionelle Verwendung im Heft, nicht darauf, das Bild weiterzugeben, sodass wir Ihnen diese Vorlage leider nicht zum Üben zur Verfügung stellen können.

Eine Ausnahme macht das Urheberrechtsgesetz allerdings in Paragraph 53: Für den ausschließlich *privaten Gebrauch* ist es erlaubt, von einem geschützten Werk eine materielle Kopie herzustellen, sofern dazu nicht eine offensichtlich rechtswidrig hergestellte oder zugänglich gemachte Vorlage verwendet wird.

Im Klartext: Wenn Sie Ihren Lieblingscomic gekauft haben, können Sie eine Figur daraus scannen oder abfotografieren und legal auf Ihr T-Shirt bringen. Dies dürfen Sie dann auch an Freunde verschenken. Wichtig ist allerdings, dass Sie das Shirt dann auch selbst herstellen. Geben Sie die Vorlage an einen Printshop, so handelt dieser ja gewerblich, sodass der Bereich der Privatkopie bereits wieder verlassen wird. Eine Ausnahme kennt das Gesetz nur dann, wenn die Herstellung durch einen Dritten unentgeltlich geschieht.

## Per Anhalter ins Comic-All

Leider sind nicht alle Vorlagen mit so wenigen Änderungen schneidefähig wie Makey. Als Nächstes steht daher ein etwas komplexeres Bild auf dem Programm <sup>21</sup>. Zwar ist das immer noch eine Grafik, die aus klar umgrenzten Flächen und gleichmäßigen Farbfüllungen besteht, aber sie ist zum einen zu komplex und kleinteilig für einen direkten Schablonen- oder Folienschnitt und zum anderen besteht sie aus viel mehr Zwischentönen als nur hell und dunkel.

Für die Vorbereitung reicht in diesem Fall Inkscape als Software nicht aus – bevor es hier ans Vektorisieren geht, ist nämlich noch etwas Bildbearbeitung nötig. Dazu nutzen wir im Folgenden *Gimp*, weil diese Open-Source-Software ebenfalls kostenlos und für Windows, macOS und Linux verfügbar ist (Download siehe Link in der Kurzinfor). Falls Sie *Photoshop* besitzen, können Sie natürlich auch das nehmen – dann bearbeiten Sie aber auch sicher häufiger Bilder und wissen selbst, mit welchen Werkzeugen Sie ähnliche Ergebnisse mit dieser Software erzielen können.

Öffnen Sie die Bildvorlage in Gimp. Falls nötig, stutzen Sie dort die Vorlage noch mit dem Messer-Werkzeug zurecht: Shift-C drücken, dann ein Auswahlrechteck aufziehen, das Sie noch beliebig durch Ziehen an den Ecken oder Rändern verändern können, bevor



Wenn Sie diesen QR-Code mit dem Tablet oder Smartphone fotografieren, bekommen Sie darauf direkt unser Gimp-Video angezeigt (falls Ihre Kamera-App QR-Codes unterstützt).

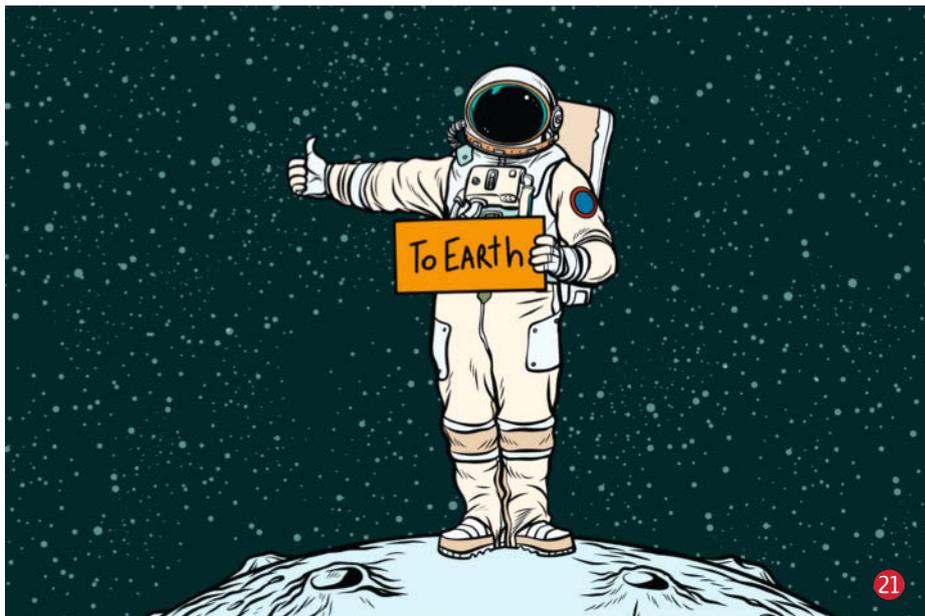
Sie es mit der Eingabetaste bestätigen. Weitere Tricks zum Entfernen unerwünschter Bildelemente zeigen wir in einem kurzen Video, zu finden über den Link in der Kurzinfor oder direkt auf dem Smartphone, wenn Sie den QR-Code fotografieren.

Dann rücken wir der Grafik wieder mit einem Schwellwert-Werkzeug zu Leibe (im Menü über *Farbe/Schwellwert* aufzurufen). Die Grenze zwischen Schwarz und Weiß kann man bei Gimp bequem im aufpoppers Dialogfenster mit der Maus verschieben und das Bild wird automatisch angepasst, ohne dass man wie in Inkscape immer wieder auf *Aktualisieren* klicken muss. Daher kann man hier prima experimentieren und sich an den idealen Schwellwert herantasten.

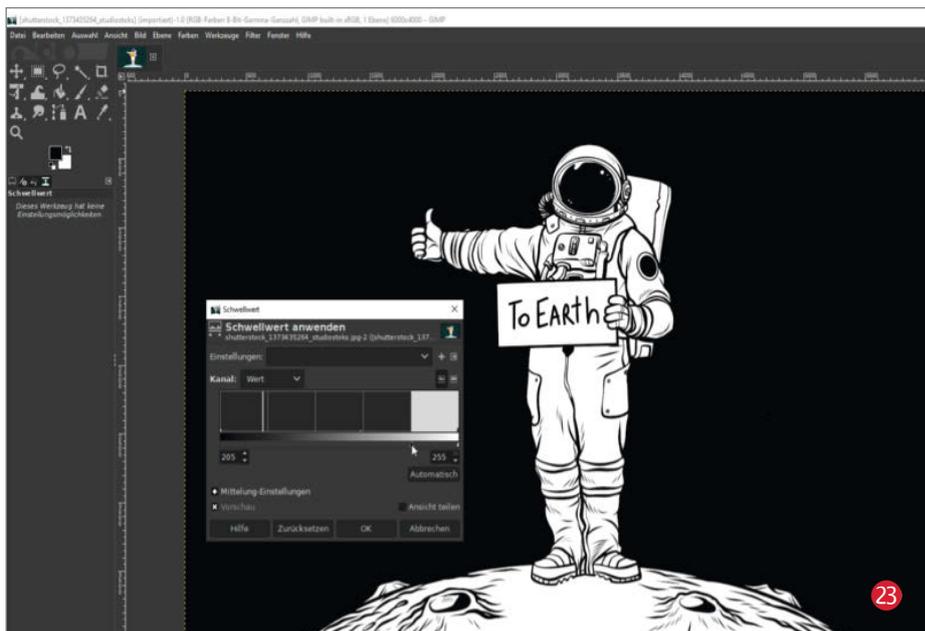
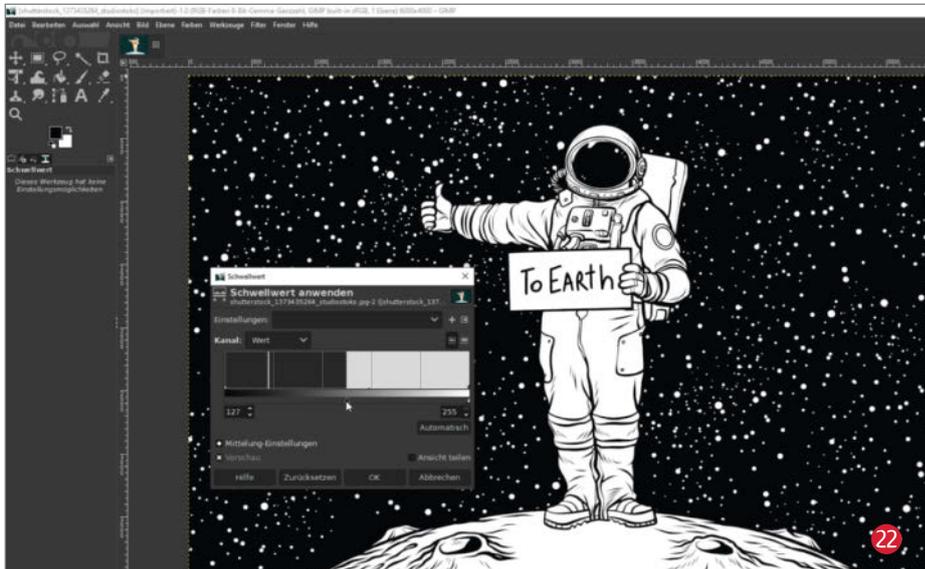
Beim Mittelwert von 127 für die Grenze zwischen hell und dunkel erscheint der trampende Astronaut hell auf einem hellen Planeten stehend vor einem hübschen Sternenhimmel **22**. Zieht man den Wert auf 205 hoch, ist der Himmel einheitlich schwarz, der Planet bleibt aber ebenso weiß wie die getönten Teile des Raumanzugs – diese Teile sind zwar in der Vorlage ebenso wenig weiß wie die Sterne, bleiben aber noch oberhalb des Schwellwerts **23**. Dies ist eine gute Grundlage, um etwa weiße Flockfolie zuzuschneiden und auf ein schwarzes Shirt zu bügeln, dazu später mehr. Soll es aber lieber eine schwarze Konturzeichnung auf hellem Grund sein, zieht man den Regler nach links, etwa runter auf 45: Dann bleiben nur die in der Vorlage wirklich schwarzen Teile stehen, also alle Umrisslinien und das Visier (der Himmel ist im Original dunkelgrau und liegt jetzt oberhalb des Schwellwerts, wird also zu weiß). Voilà, das ist ein guter Ausgangspunkt für schwarzen Flock auf hellem Shirt **24**.

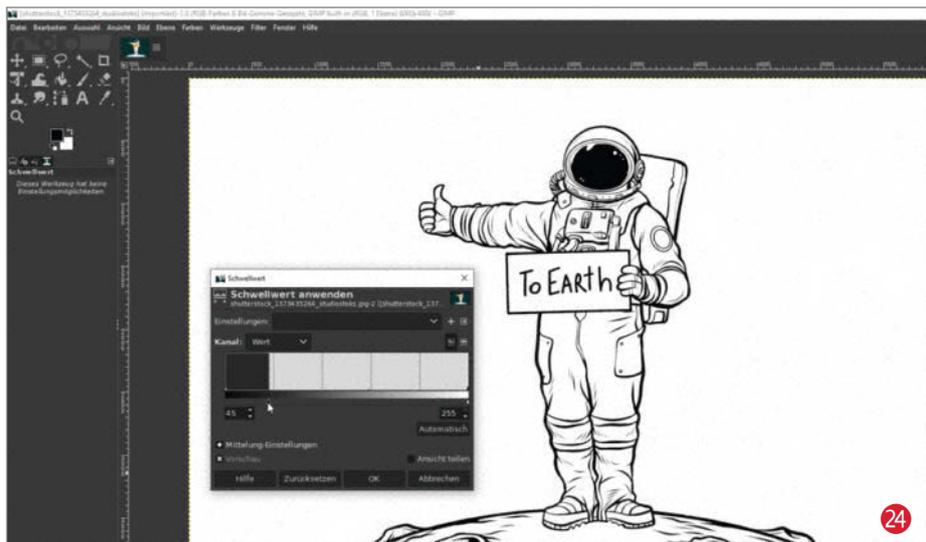
### Weich gibt fett

Wer schon viele T-Shirts bebügelt und beflockt hat, sieht wahrscheinlich beim ersten Blick auf



studiotoks / Shutterstock.com





man den Regler dafür jetzt mit der Maus nach rechts und links, lässt sich die Linienstärke der späteren Grafik fast stufenlos bestimmen. Seien Sie nicht irritiert, wenn nach dem Weichzeichnen das Bild mit dem Standard-Schwellwert 127 fast weiß erscheint – wenn Sie den höher ziehen, tauchen die Linien schon noch auf. Bild 27 zeigt etwa den Wert 188 für die Hand des Astronauten, Bild 28 den Wert 228.

Manchmal muss man etwas experimentieren, um für eine konkrete Vorlage die optimale Kombination aus Weichzeichnungsparameter und Schwellwert herauszufinden – mit Strg-Z können Sie Bearbeitungsschritte wieder problemlos rückgängig machen. Beim systematischen Experimentieren hat sich übrigens bewährt, die verwendeten Schwellwerte und Weichzeichnergröße zu notieren, damit man nicht durcheinander kommt. In Einzelfällen ergibt es sogar Sinn, eine Extraschleife einzulegen und noch ein zweites Mal schwach weichzeichnen und wieder einen Schwellwert anzulegen.

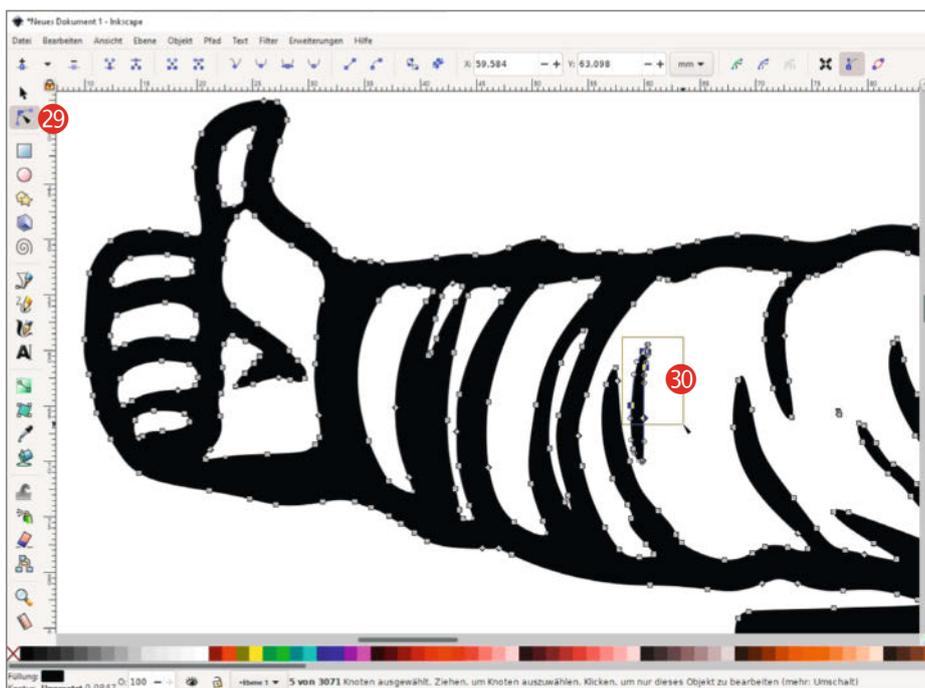
Die nach Gusto so weichgezeichnete und gefettete Grafik lädt man dann wie gehabt in Inkscape und vektorisiert sie. Je nachdem, wie groß die eigene Geduld beim Entgittern der später zugeschnittenen Folie ist, kann man die Vorlage noch etwas weiter vereinfachen, und zwar auf zwei Arten:

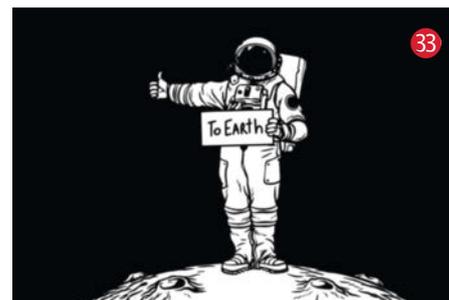
1. Direkt im Dialog *Bitmap nachzeichnen* in Inkscape 3 gibt es den Parameter *Flecken*, der standardmäßig auf 2 steht (möglich sind maximal 1000). Er gibt die Zahl der zusammenhängenden hellen Pixel der Vorlage an, die als Fleck eingestuft und beim Vektorisieren entfernt werden. Das betrifft beim Astronauten bei groß gewählten Wer-



die Vorlage 24, dass die Linien zu dünn sind, um in der Praxis gut rauszukommen und vor allem: solide auf dem Stoff zu haften. Es gibt aber einen Trick, um zu feine Details zu eliminieren, gleichzeitig schmale Linien zu verstärken und dennoch den gesamten Charakter eines Bildes beizubehalten.

Dazu lässt man im ersten Schritt einen Weichzeichner über das Bild laufen, der gar nicht mal so stark ausfallen muss – beim Astronauten mit Schwellwert 45 25 reicht etwa *Filter/Weichzeichner/Gaußscher Weichzeichner* mit einer *X-Größe* und *Y-Größe* von je 6,5, was beim Reinzoomen auf die Hand zwar zu sehen ist 26, in der Gesamtansicht aber kaum auffällt. Der Trick ist, dass man anschließend nochmal einen Schwellwert anwendet. Schiebt





ten durchaus die Glanzlichter im Visier oder Details auf der Brusttasche.  
 2. Nach dem Vektorisieren kann man einzelnen, isolierten weißen oder schwarzen Formen mit dem Knoten-Werkzeug zu Leibe rücken <sup>29</sup>: Erst einmal irgendwo auf das Objekt klicken und dann einfach mit gedrückter Maustaste um die Form einen Rahmen ziehen, anschließend mit der *Entf*-Taste löschen. Kann man die zu entfernende Form nicht mit einem Rechteck umreißen, ohne auch Knoten von Teilen zu erwischen, die stehen bleiben sollen, entfernt man die unerwünschte Form in mehreren Schritten. Statt Knoten mit dem auf-

gezogenen Rechteck auszuwählen kann man sie auch einzeln per Klick markieren, wenn man dabei die Shift-Taste gedrückt hält. Diese Methode funktioniert auch gut, um störende Objekte in der Umgebung wegzuräumen – so spart man sich unter Umständen umständliches Freistellen vorab in der Pixelvorlage.

### Weiß auf schwarz

Das beschriebene Verfahren für dunkle Linien auf hellem Grund passt auf viele Comic-Vorlagen. Aber gerade der All-Anhalter macht sich ja eigentlich besser als weiße Figur auf einem

dunklen Shirt, das damit den Weltraumhintergrund bildet. Der naheliegende Weg dafür wäre, einfach die vorhin erzeugte schwarze Figur <sup>31</sup> statt aus schwarzem Material aus weißem auszuschneiden und auf den dunklen Hintergrund zu setzen <sup>32</sup>. Doch das sieht nicht gut aus. Aber warum?

Vor allem liegt es daran, dass der Astronaut ja nicht nur aus Umrisslinien, sondern auch aus Flächen besteht, deren Füllung den Realismus der Darstellung steigert: Im Original ist das Schild hell, das Visier dunkel und in den Kratern gibt es Schatten. In der einfach invertierten Fassung <sup>32</sup> ist es aber umgekehrt, und wir merken beim Betrachten intuitiv, dass da

## Einsteigen und durchstarten!



A. Sweigart  
**Routineaufgaben mit Python automatisieren**

Print: 34,90 €  
 E-Book: 27,99 €  
 ISBN 978-3-86490-753-1



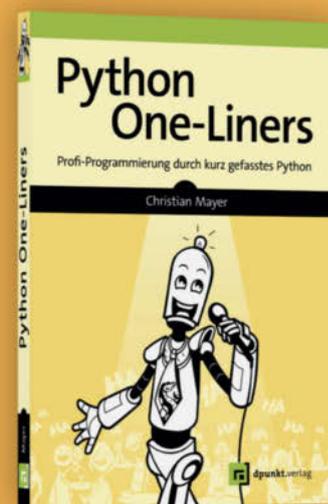
A. Sweigart  
**Eigene Spiele programmieren – Python lernen**

Print: 24,90 €  
 E-Book: 19,99 €  
 ISBN 978-3-86490-492-9



M. Inden  
**Python Challenge**

Print: 34,90 €  
 E-Book: 27,99 €  
 ISBN Print: 978-3-86490-809-5



C. Mayer  
**Python One-Liners**

Print: 29,90 €  
 E-Book: 25,99 €  
 ISBN 978-3-86490-805-7



men, die später aus weißer Folie ausgeschnitten werden. Keine Panik, wenn Sie dann genauso weitermachen wie eingangs beim Makey beschrieben – Bildvorlage löschen, Füllung des Vektorobjekts wegklicken und Kontur nach Vorgabe Ihrer Maschine anlegen – dann sieht alles wieder richtig aus.

### Loch oder Rand?

Wenn Sie sich jetzt fragen, warum das Bild invertiert werden muss, wenn man hinterher ja doch die Füllung entfernt und nur die Konturen zum Schneiden braucht, dann probieren Sie es doch spaßeshalber mal ohne Invertierung aus. Das Ergebnis sieht zwar nach entfernter Füllung und angelegter Kontur mit Ausnahme des umgebenen Rands praktisch identisch aus, aber Sie bekommen diesen Rand nicht ohne weiteres weg. Denn anders als bei der invertierten Version ist der Astronaut hier keine Vektorform, sondern ein *Loch* in einer Vektorform. Wenn Sie also versuchen, den Rand drumherum mit dem Knotenwerkzeug zu eliminieren, werden Sie feststellen, dass Inkscape den Pfad dennoch stets mit einem engeren oder weiteren Bogen schließt. Zur Abhilfe kann man zwar mit den Knotenwerkzeugen den Pfad auftrennen und damit der Frage von Außen und Innen die Grundlage entziehen, aber da ist es doch einfacher, vor dem Vektorisieren das Kästchen fürs *Invertieren* anzuhaken.

Nach der bisherigen Anleitung sollte es Ihnen gelingen, eine ganze Reihe von Motiven und Figuren effektiv und solide in Vektor-Schnittvorlagen umzusetzen. Wir haben das Verfahren etwa bei zwei Figuren aus Comics unseres Zeichners *Beetlebum* ausprobiert <sup>34 35</sup> und bei einer 3D-Version von Makey <sup>36</sup>. Im nächsten Heft treiben wir die Kunst aber noch etwas weiter: Dann lesen Sie, wie man auch dunkle Objekte mit heller Folie auf dunklem Grund gut in Szene setzen kann, wie man aus Fotos raffinierte schwarz-weiß-Grafiken zaubert und wir werfen noch einen tieferen Blick in die Vektor-Trickkiste. Bis dahin wünschen wir aber viel Erfolg beim Vektorisieren!  
—pek



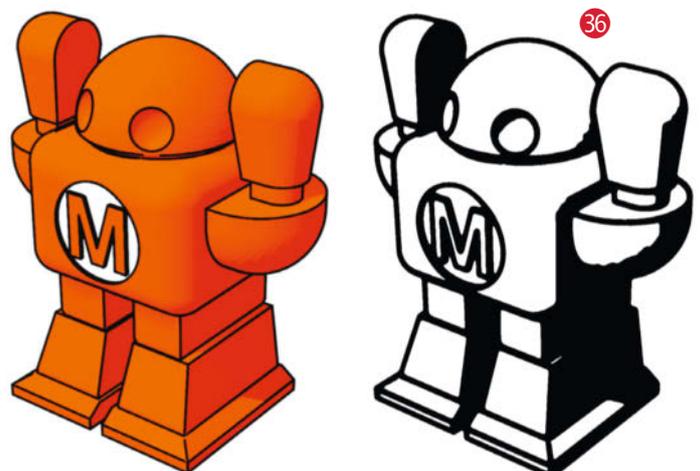
was nicht stimmt – denn welcher Trumper geht schon mit einem schwarzen Schild auf Tour und was sollte das Visier hell reflektieren, wenn alles drumherum finster ist? Bestünde das Bild nur aus Linien, die Formen beschreiben, würde es eher funktionieren, weil unsere Wahrnehmung die Linien nicht als hell oder dunkel, sondern schlicht als Linien vor einem Untergrund interpretiert. Auf ähnliche Weise sind wir in der Lage, weiße Schrift auf schwarzem Hintergrund ebenso souverän zu lesen wie schwarze Schrift auf weiß.

Für die Weiß-auf-Schwarz-Version des Astronauten muss man jetzt aber nicht die Flächen eliminieren, um zu einer reinen Linienzeichnung zu kommen – viel schicker ist es, statt dessen einen Schneidepfad für alles vorzubereiten, was *hell* ist, und das dann aus weißer Bügelfolie auszuschneiden <sup>33</sup>. Die fehlenden schwarzen Linien ergänzt das Auge dann von selbst, weil diese Darstellung den Sehgewohnheiten viel mehr entspricht als <sup>32</sup>.

Der Anfang der Weiß-auf-Schwarz-Umsetzung funktioniert im Prinzip wie eben beschrieben, nur dass man in Gimp einen Schwellwert verwendet, bei dem der Hintergrund gleichmäßig schwarz wird, etwa 205.

Wenn Sie hart im Nehmen sind, können Sie auch die Variante mit dem Schwellwert 127 nehmen, aber machen Sie sich dann auf eine Menge Sterne gefasst, die es zu entgittern gilt (und die sich möglicherweise nach und nach im Flusensieb Ihrer Waschmaschine sammeln).

Dann ist wieder weichzeichnen angesagt und ein zweiter Schwellwert sorgt für die Tontrennung – wir haben im Beispiel mit Weichzeichnen-Größe 4,5 und einem zweiten Schwellwert von 210 ein gutes Ergebnis erzielt (das man auf dem Bild <sup>33</sup> sieht). Auch in Inkscape geht es dann im Prinzip genauso weiter wie gehabt, allerdings muss man im Dialog *Bitmap nachzeichnen* <sup>3</sup> die Checkbox *Invertieren* anhaken. Wenn Sie dann auf *Aktualisieren* klicken, erscheint das Bild negativ und das ist gewollt, denn die Software zeichnet dann Vektorpfade um die schwarzen For-



# Für Maker!

## Zubehör und Gadgets

shop.heise.de/gadgets



### Waveshare Game HAT für Raspberry Pi

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

shop.heise.de/game-hat

41,90 € >

BEST-SELLER



### ODROID-GO

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

shop.heise.de/odroid

49,90 € >



### NVIDIA Jetson nano

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

**Inklusive Netzteil!**

shop.heise.de/jetson

134,90 € >



### Raspberry Pi-Kameras

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

shop.heise.de/raspi-kameras

ab 18,50 € >



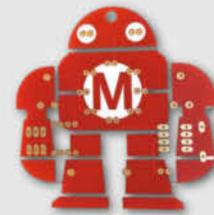
NEUER PREIS!

### ArduiTouch-Set

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

shop.heise.de/arduitouch

~~69,90 €~~  
36,90 €



### Makey Lötbausatz

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

**Jetzt neu mit Schalter!**

shop.heise.de/makey-bausatz

ab 4,90 € >



NEUER PREIS!

### Komplettset Argon ONE Case mit Raspberry Pi 4

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

shop.heise.de/argon-set

~~117,60 €~~

99,90 € >



### Stockschirm protec'ted

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

shop.heise.de/ct-schirm

22,90 € >



### c't Tassen

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

shop.heise.de/ct-tassen

ab 12,90 € >

NEU



### „No Signal“ Smartphone-Hülle

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

shop.heise.de/no-signal-sleeve

29,90 € >

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

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

© Copyright by Maker Media GmbH.

heise shop

shop.heise.de >



# Projektdoku für Dummies

„Mein nächstes Projekt dokumentiere ich mal ordentlich!“ Diesen guten Vorsatz hat sich sicher jeder schon mal vorgenommen. Aber wie läuft Projektdokumentation eigentlich? Wie dokumentiert man nachbarsicher? Welche Tools können die Projektdokumentation vereinfachen? Wir schauen uns an, wie Projektdokumentation mit der Versionsverwaltungssoftware Git funktioniert, wie man die Wahl zwischen GitHub und GitLab trifft und wann man am meisten Nerven spart, indem man Make Projects verwendet.

von Rebecca Husemann

Yuliya D'yakova / Shutterstock.com



W hoa, die Statusleuchte an eurer Toiletentür ist ja mega cool, sowas wollte ich auch schon immer mal für unsere WG bauen. Hast du da eine Anleitung zu?“ Diese oder ähnliche Fragen hat vermutlich jeder Maker schon mal gehört – nur um dann in kalten Schweiß auszubrechen und betreten auf einen furchtbar interessanten Fleck an der Wand zu starren. Vor dem inneren Auge erscheint plötzlich der Wust aus Dateien mit Namen wie *platine-kloampel.kicad*, *platine-klo2.kicad*, *plaklo2finalfinal.kicad* und *gehäuse-v1.svg* bis *gehäu4aaargh.svg*. Bloß schnell das Thema wechseln!

Also, guter Vorsatz fürs neue Jahr: Projekte endlich mal ordentlich dokumentieren. Mit den Tools, die wir hier vorstellen, ist das sogar leichter getan als gesagt. Am Anfang steht natürlich die Frage: Wie fängt man an, zu dokumentieren? Und welches Projekt wird überhaupt gut genug, um eine Dokumentation wert zu sein? (Geschweige denn fertig genug ...)

Diese Übersicht richtet sich zum einen an Personen, die ihre eigenen Projekte für sich selbst übersichtlicher halten möchten. Gleichzeitig geben wir aber auch viele Tipps, wie man Projekte so dokumentiert, dass andere sie nachbauen können. Suchen Sie sich gerne die Aspekte raus, die zu Ihrer Arbeitsweise passen. Es ist eine sehr befriedigende Erfahrung, am Ende eines Projekts einen Erfahrungsbericht oder eine Schritt-für-Schritt-Anleitung online stellen zu können und zu sehen, wie andere das eigene Projekt umsetzen.

### Was soll ich dokumentieren?

Wer regelmäßig neue Projekte in Angriff nimmt und auch fertig stellt, entwickelt nach einer Weile ein gutes Gespür dafür, welches Projekt vielversprechend und dokumentationswürdig ist. Für alle anderen gilt: Am besten einfach erst mal alles dokumentieren. Das hilft zum einen, den Umgang mit den notwendi-

### Kurzinfo

- » Projekte nachbausicher dokumentieren
- » Git-Workflow für Anfänger
- » GitHub, GitLab und Make Projects

### Mehr zum Thema

- » Daniel Bachfeld, Make-Projektdateien auf Github finden und herunterladen, Online-Artikel vom 19.02.2019



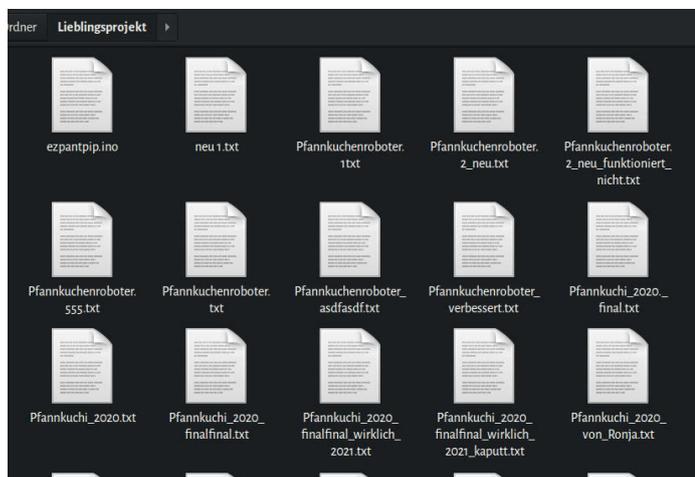
gen Tools zu lernen, eigene Fehlschläge zu dokumentieren, um es nächstes Mal besser zu machen, als auch eine gewisse Verbindlichkeit sich selbst gegenüber zu schaffen. Zum anderen kriegt man ein gutes Gefühl dafür, in welchen Situationen man besonders produktiv und kreativ ist – mit dieser Erfahrung kann man in Zukunft auch besser die Weichen auf Erfolg stellen. Wenn man seine Projekte so dokumentiert, dass Freunde und Interessierte zuschauen können, kriegt man noch einen externen Motivator: Menschen, die neugierig sind, einen anfeuern und gute Ratschläge geben können. Außerdem hilft es natürlich, dass man durch das Dokumentieren besser die Übersicht über das eigene Projekt behält.

Wenn das Ziel ist, ein Projekt hinterher mit anderen Menschen zu teilen, muss man es anders dokumentieren, als wenn man nur selbst die Übersicht behalten möchte. Damit andere ein Projekt nachbauen können, muss man versuchen, immer wieder innezuhalten und es mit den Augen anderer zu sehen. Auch Arbeitsschritte, die einem selbst profan vorkommen, Konfigurationen von Geräten und verwendete Ressourcen, sollte man notieren. Wenn es ein Projekt ist, das „zum Anfassen“ ist, sollte man sich immer wieder die Zeit nehmen, den Zwischenstand zu fotografieren. Wenn

etwas funktioniert, blinkt und spricht, schnell ein Video machen. Das hilft nicht nur eventuellen Nachbauern, sondern kann einen auch retten, wenn man was kaputt gespielt hat und nicht mehr weiß, wie es vorher war.

Es lohnt sich auch, ein Projekttagbuch zu führen. Das muss nicht aufwendig sein. Dort kann man kurz notieren, was man zuletzt am Projekt gemacht hat und sich auch Daten, Zahlen, Fakten notieren, zum Beispiel die Werte, die man zuletzt am Lasercutter eingestellt hat. Das hilft nicht nur am Schluss beim Erstellen von Schritt-für-Schritt-Anleitungen, sondern auch zum Start der nächsten Bastel-Session. Diese Form der Dokumentation ist natürlich irre anstrengend und kann in der großen Euphorie auch mal untergehen. Aber hinterher wird man sich selber dankbar sein.

Und auch Fehler darf und sollte man in Wort und Bild dokumentieren. Es ist immer schön, wenn andere auf ein ähnliches Problem stoßen und man die Lösung noch parat hat. (Wer kennt es nicht? Vor vier Jahren hat *Robbi27* den Fehler, an dem man sich gerade die Zähne ausbeißt, mit Bitte um Hilfe auf *Stack Overflow* gepostet. Der nächste Post ist „Hat sich erledigt, danke.“ Was hast du gesehen, *Robbi27*?)



Wer kennt es nicht?



Wenn es doch so einfach wäre.

## Checkliste Projektdoku

- » einen groben Projektplan machen
- » Zwischenstände fotografieren
- » Videos machen
- » Projekttagebuch führen
- » Fehler und Experimente dokumentieren
- » eine Schritt-für-Schritt-Anleitung schreiben
- » Materialliste zusammenstellen
- » Links und Ressourcen sammeln
- » eine Kurzbeschreibung verfassen
- » Dateien und Code aktuell halten
- » Code anfängerfreundlich erläutern

Bei den ersten paar Projekten wird sich dieser Workflow noch sehr störend anfühlen. Je öfter man es macht, desto mehr wird die Dokumentation aber Teil des Gesamtprozesses.

## Projekte mit Tools dokumentieren

Für Projekte, die größtenteils Code-basiert sind, haben sich schon früh Versionsverwaltungs-Tools wie *Git* etabliert. Eine bekannte Plattform, die mit *Git* arbeitet, ist zum Beispiel *GitHub*. Wir stellen hier die Bedienungsweise von *GitHub* und *GitLab*, ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede vor und erklären, wie man sie mit einem *Git*-Workflow bedient. *Git* ist allerdings für seine besonders steile Lernkurve berühmt. Die grundsätzliche Funktionsweise und einfache Befehle kann man schnell lernen – um das volle Potenzial auszureizen, muss man es aber öfter benutzen und Bücher oder Anleitungen im Internet studieren. Es gibt viele Tools, mit denen man *Git* lernen kann. Eines davon, das Spiel „Oh my *Git*“ stellen wir auf Seite 134 vor.

Projekte, die keinen oder nur einen kleinen Codeanteil haben und dafür viele Bilder, Videos und Schritt-für-Schritt-Anleitungen, kann man besser auf Webseiten wie *Make Projects* und *Instructables* dokumentieren. (Vorausgesetzt, man möchte sie mit anderen teilen.) Hier ist es oft praktisch, wenn man viele Fotos der einzelnen Arbeitsschritte hochladen kann. Darum schauen wir uns die Dokumentation mit *Make Projects* an. Außerdem bieten sich natürlich auch die Mischung aus beidem an – Code auf *GitHub* und Schritt-für-Schritt-Dokumentation auf *Make Projects* sind keine Ausnahme.

## Warum *Git*?

Das *Make Magazine* veröffentlicht Projekte auf *GitHub* – damit erwarten wir schon viel Vorwissen von unseren Lesern. Wir erwarten, dass sie schonmal von *Git* gehört haben, dass sie

wissen, was ein *Repository* ist und wie sie Dateien von *GitHub* auf ihren Rechner bekommen. Wir verlinken daher immer eine Kurzanleitung wie man *GitHub* bedient in der Kurzinformatio. Aber: *Git* ist ein Werkzeug, mit dem primär professionelle Software-Entwickler Kontakt haben, für viele andere ist es ein Buch mit sieben Siegeln. Das ist also ein bisschen unfair von uns. Dabei ist *Git* ein praktisches Tool, das für alle *Makers* nützlich sein kann.

*Git* ist eine Versionsverwaltungs-Software. Statt also auf dem eigenen Rechner einen Ordner voller Dateien mit Namen wie *Pfannkuchenroboter\_neu.ino* und *Pfannkuchenroboter\_neuer.ino* zu sammeln, arbeitet man in *Repositories* immer in der aktuellsten Version des Projektes. Die älteren Versionen werden für einen so wegsortiert, dass man sie jederzeit wieder herstellen kann. Wir verwenden *Git* zum Beispiel zum Speichern von Code, Schaltplänen, Vektorgrafiken für Maschinen wie Lasercutter und CNC-Fräsen – also allen Dateien, bei denen man mit der Zeit die Übersicht verlieren kann.

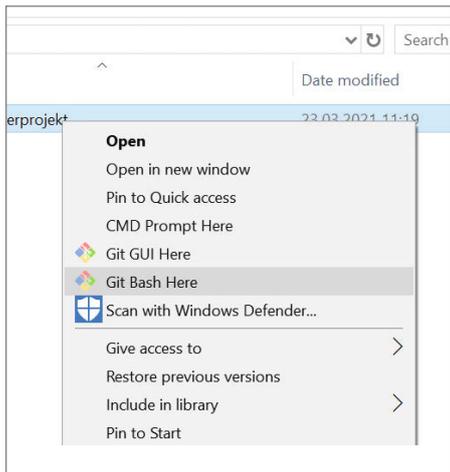
*Git* ist für *Windows*, *Unix/Linux* und *macOS* verfügbar, wobei sich die verschiedenen Versionen hinsichtlich ihrer Bedienung leicht voneinander unterscheiden. Nach der jeweiligen Standardinstallation kann man das Tool entweder über die Kommandozeile oder über ein grafisches Benutzer-Interface steuern. Es gibt diverse grafische Interfaces wie *GitKraken*, die einem den *Git*-Workflow erleichtern. Wir haben einige in den Links in der Kurzinformatio zusammengestellt. Es ist aber sinnvoll, erstmal die Grundlagen von *Git* in der Kommandozeile zu üben, bis man sie sicher beherrscht, bevor man diese Helferlein einsetzt.

Wie erwähnt, kann *Git* sehr komplex sein. Die meisten Funktionen braucht man aber nicht, wenn man alleine oder mit Freunden ein Projekt dokumentiert. Anspruchsvoll wird es erst, wenn man zum Beispiel mit an großen *Open-Source*-Projekten arbeiten möchte, bei dem ganz viele *Features* parallel entwickelt werden.

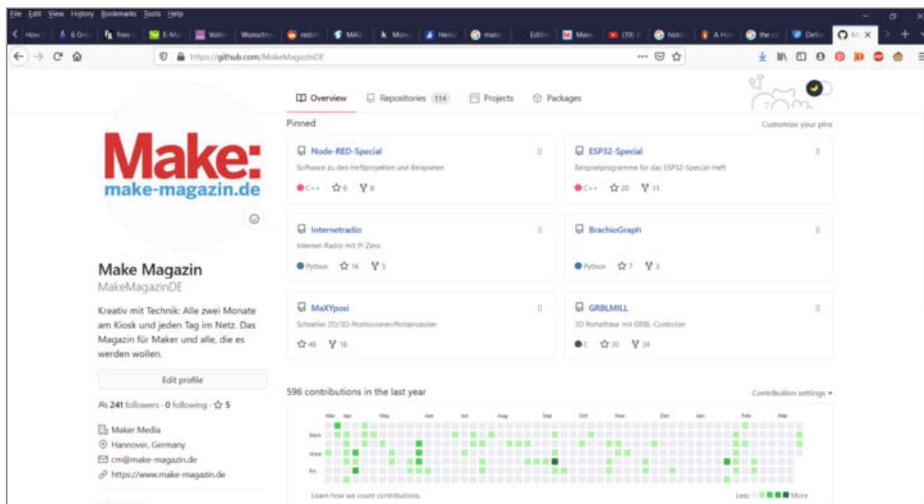
## Git anwenden

Zunächst muss man *Git* installieren (Link in der Kurzinformatio). Während *Linux*- und *Mac*-User von alleine eine Kommandozeile haben, über die sie *Git* bedienen können, wird sie bei *Windows*-Geräten mitinstalliert. Diese *Bash* sollte man auch benutzen. In der Kommandozeile machen wir es uns erstmal heimisch.

Und schon geht's los: Mit `git init` legt man das erste eigene lokale *Repository* (oft auch kurz *Repo* genannt) auf dem eigenen Rechner an. Wenn man ein bestehendes *Repository* benutzen will, dann nimmt man `git clone /pfad/zum/repository`. Das *Repository* ist von nun an die Ablage, in die alle Dateien des Projekts gehören. Die Dateien findet man



So startet man die *Git Bash* unter *Windows*.



So sieht es bei der *Make* auf *GitHub* aus.

## Git Workflow

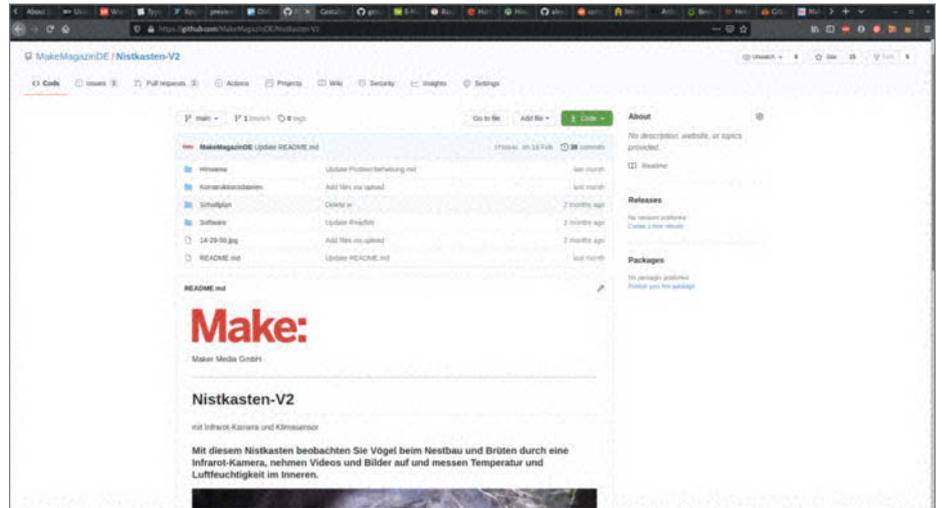
- » mit `git init <directory>` ein neues Repository erstellen *oder*
- » mit `git clone /pfad/zum/repository` eine Arbeitskopie erstellen
- » mit `git add <dateiname>` fügt man Änderungen hinzu, die man in der Arbeitskopie gemacht hat
- » mit `git commit -m "Commit-Nachricht"` schicke ich meine neue Version los
- » mit `git log` kann man sich alle Commits ansehen, die man jemals gemacht hat
- » mit `git revert <commit>` kann man den letzten Commit rückgängig machen

auch über den Dateimanager im Git-Ordner. Wie man im Kasten *Git Workflow* erkennt, kann man von nun an die Dateien aus der Kommandozeile heraus dirigieren. Hat man beispielsweise eine Textdatei, die man als Projekttagbuch nutzt, erschafft man sich zunächst mit `git clone /pfad/zum/repository` eine aktuelle Arbeitskopie. Jetzt kann man seine Ergänzungen schreiben ("Hab schon wieder meine Hände an die Tischplatte geklebt, nächstes Mal benutzt' ich ein Holzstäbchen zum Auftragen") und diese mit `git add -A` hinzufügen. Erst, wenn man sie dann mit `git commit -m "Commit-Nachricht"` losschickt, wird die Änderung Wahrheit. In die *Commit-Message* sollte man eine knackige Zusammenfassung der Änderungen schreiben. In diesem Fall zum Beispiel „Kleber: Lessons learned hinzugefügt“.

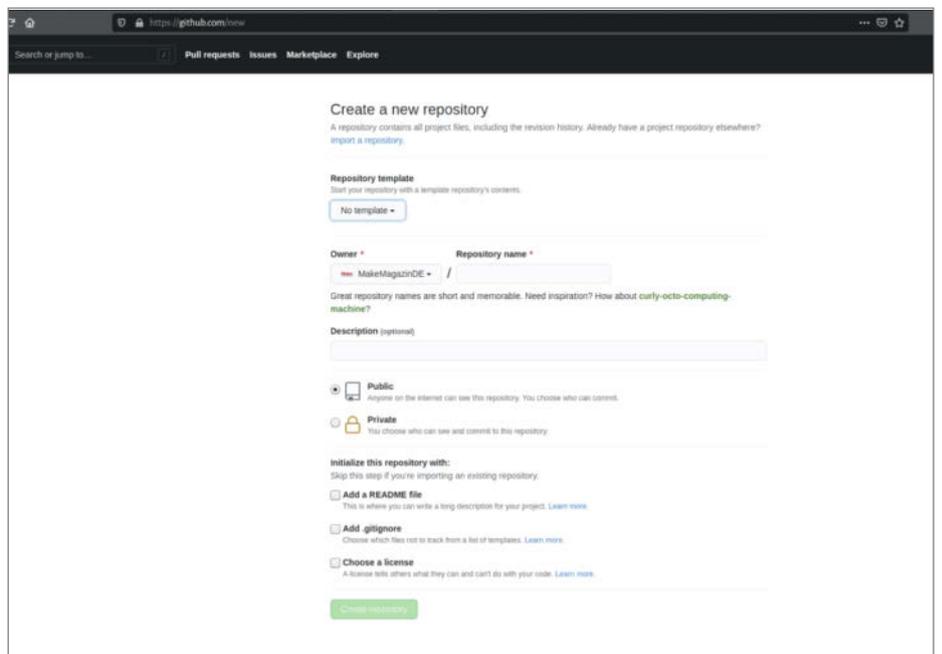
## GitHub vs GitLab

Um Projekte mit anderen zu teilen und sie zur Mitarbeit zu motivieren, laden viele Maker ihre Projekte auf Plattformen wie GitLab oder GitHub hoch. Dadurch gibt es dann „was zum Anschauen“ im Browser. Die Projekte sind in Repositories gebündelt, wo andere sie ansehen, herunterladen und Verbesserungsvorschläge, sogenannte *Pull Requests*, einstellen können. Wer sich gerade erst an Git rantraut, den kann das schnell verunsichern: GitHub oder GitLab? Welches der beiden ist denn „das richtige“ Tool?

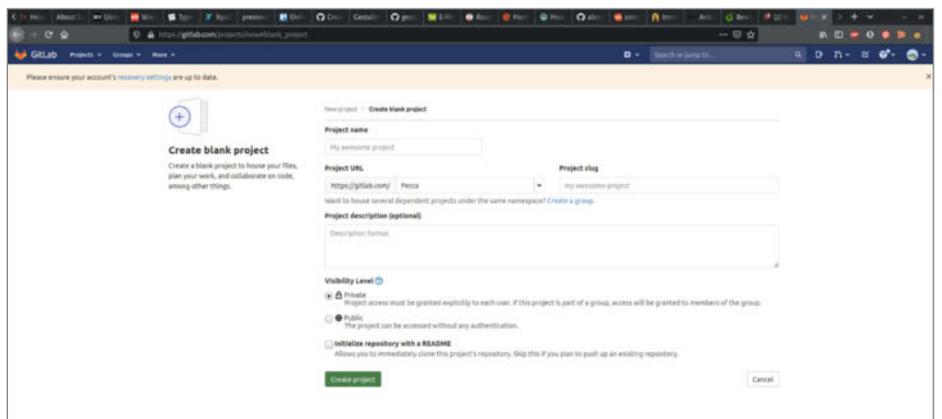
Der größte Faktor (auch wenn Evangelisten das sicher nicht hören wollen ...) ist vermutlich: Was benutzen die anderen? Viele Menschen legen sich auf eins der beiden fest und bevorzugen es von da an. Wenn das eigene Umfeld oder die Zielgruppe auf GitHub ist, kann man sie dort am besten erreichen. Wenn der Freundeskreis auf GitLab schwört, ist man dort gut aufgehoben. Da es sich um Kollaborationstools



So sieht eins unserer Projekte auf GitHub aus. Hier gibt es das Material, das man braucht, um einen Nistkasten zu bauen.



So erstellt man ein neues Repo auf GitHub ...



... und so auf GitLab

## Git Workflow mit GitHub/GitLab

- » GitHub- oder GitLab-Account erstellen
- » auf der jeweiligen Webseite ein neues Repository eröffnen
- » mit `git init <directory>` ein lokales Repository erstellen
- » mit `git add <dateiname>` fügt man die Änderungen der Arbeitskopie hinzu
- » mit `git remote add <name> <url>` spricht man das Online-Repo an
- » mit `git pull <remote>` kopiert man den aktuellen Stand des Repos auf den eigenen Rechner
- » mit `git push <remote> <branch>` „pusht“ man die eigene Version ins Repo

## Projekt- Checkliste

- » ein Repository mit einem aussagekräftigen Namen anlegen
- » eine Lizenz auswählen
- » Eine `readme.md` anlegen, in der man das Projekt erklärt
- » Ordner anlegen für die verschiedenen Projektbestandteile
- » regelmäßig Dateien hinzufügen, z.B. Vektordgrafiken, Fotos, Konfigurationsdateien
- » Code pushen und aktuell halten
- » Andere zum Mitmachen aufrufen
- » *Issues* und *Pull Requests* von anderen im Blick behalten

count an und kann dann im Browser Repositories eröffnen. Diese sind für alle sichtbar, wenn man sie nicht auf *privat* stellt. Dann wird man gefragt, ob man eine Lizenz auswählen und eine `readme.md` erstellen möchte. Das sollte man bejahen. Bei den Open-Source-Lizenzen hat sich die MIT-Lizenz als guter Standard etabliert. Die `readme.md` dient später als eine Art Landing-Page.

Es bietet sich also an, dort das Projekt vorzustellen und auch ein Bild davon einzubinden. So wissen Außenstehende gleich, worum es geht. Ein Bild bindet man ein, indem man es direkt ins Repository hochlädt und es in die Markdown-Datei `readme.md` mit `! [Picture] (/Bildname.jpg)` einfügt. Im letzten Abschnitt haben wir ja bereits ein lokales Repo erstellt und mit unserem Projekt gefüllt. Das gleiche machen wir jetzt mit unserem Online-Repository. Hier bietet es sich an, alle Dateien direkt im Browser hochzuladen und erst später mit der Kommandozeile aus dem von uns installierten Git heraus neuere Versionen nachzuschicken.

Nicht erschrecken: Wenn andere User Interesse am Projekt entwickeln, werden sie vielleicht *Issues* einstellen – oder gar *Pull Requests*. *Issues* können User einstellen, wenn sie einen Fehler finden. Wenn sie den Fehler sogar selber

gelöst haben, dann erstellen sie einen Pull Request mit der verbesserten Version des Projekts. Das ist meistens sehr nett. Man sollte aber beim Annehmen genau schauen, ob es nicht jemand versehentlich verschlimmbessert hat.

## Eine Abkürzung: GitHub und GitLab im Browser benutzen

Auch wenn man Git auf dem eigenen Rechner normalerweise über die Kommandozeile bedient, gibt es auf GitHub und GitLab für Gelegenheitsbenutzer eine einfachere Variante: das Webinterface. Wenn andere Menschen einen einladen, mit ihnen gemeinsam an einem Projekt zu arbeiten, kann das oft schon ausreichen. Dort kann man per Drag & Drop eigene Dateien hochladen und, wie aus dem Browser gewohnt, mit einem Klick Dateien herunterladen.

Das funktioniert besonders gut, wenn man nicht am gleichen Code oder der gleichen Datei arbeitet, sondern jeder sein eigenes Spielgebiet hat. Wenn eine Person zum Beispiel am Arduino-Code arbeitet und die andere Person die Laser-Vorlagen für das Gehäuse entwirft, läuft alles wunderbar. Mit dem Webinterface sollte man dagegen nicht arbeiten, wenn man zeitgleich an der gleichen Datei schreibt. Es warnt nämlich nicht, wenn man frische Änderungen der anderen aus Versehen mit einer älteren Version überschreiben würde – ein sogenannter *Merge-Konflikt*. Git-Puristen rümpfen dabei vielleicht die Nase, aber ein Repository wie die, die man auf der Make-GitHub-Seite findet, kann man problemlos komplett im Browser erstellen.

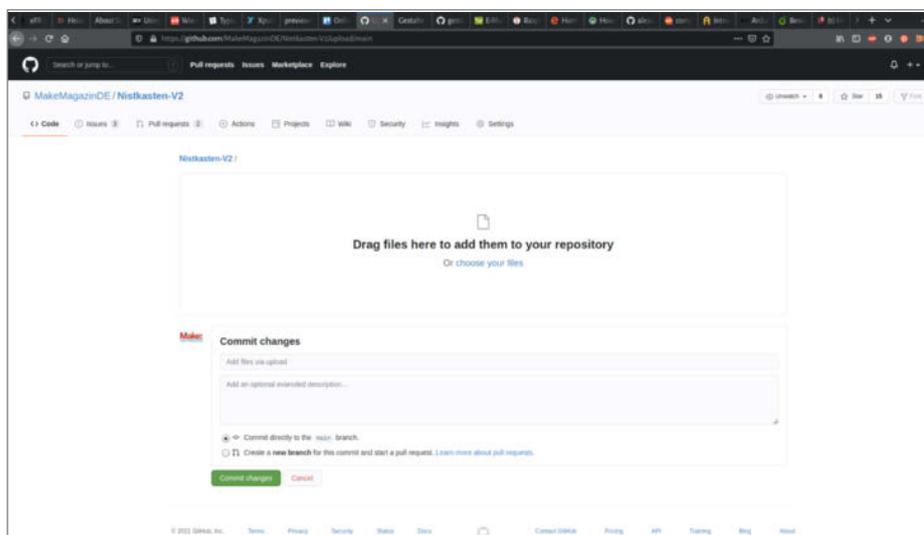
## Die Vorteile von GitHub

GitHub ist zur Zeit der bekannteste Online-Dienst zur Versionsverwaltung für Software-Entwicklungsprojekte. Das bringt einige

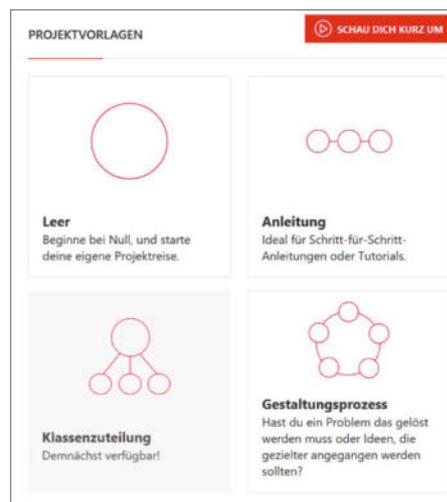
handelt, sollte man diesen Einfluss nicht unterschätzen.

## So benutzt man die Tools

In den Kernfunktionen sind bei Tools gleich: Man legt sich zunächst einen kostenlosen Ac-



Ganz einfach: Drag & Drop im GitHub-Webinterface



Auf Make Projects kann man mit einem leeren Projekt oder einem der Templates anfangen.

Vorteile mit sich: Hier ist es besonders wahrscheinlich, dass Fremde über das eigene Projekt stolpern und sich davon begeistern lassen. Wer Reichweite möchte, sollte also GitHub wählen. Auf diesem Weg sind viele Open-Source-Projekte erst richtig bekannt geworden. Außerdem bringt GitHub ein gewisses Prestige mit sich: Mit einer aktiven GitHub-Page kann man zukünftige Arbeitgeber durchaus beeindruckern.

GitHub hat außerdem das Tool *GitHub Pages* integriert. Damit kann man aus dem eigenen Repo eine Webseite generieren, die wirklich gut aussieht. Der Workflow ist simpel: Man klonet das Projekt, ergänzt es um eine *index.html*-Datei und pusht es wieder. Schon hat man unter *https://username.github.io* eine Webseite zum Projekt, die man noch aufhübschen kann. GitLab hat dieses Feature mittlerweile übernommen.

GitHub hat aber auch einige Haken: Der Dienst gehört mittlerweile zu Microsoft, die gleich ganze Länder für ihren Dienst sperren. Entwickler, die sich aus dem „falschen“ Land eingeloggt haben, wurden schon aus ihren Projekten ausgeschlossen. Dagegen gibt es kein Hausmittel. Im Gegensatz zu GitLab kann man keine GitHub-Instanzen selber hosten. Alles ist global und alle User miteinander verbunden. Bis vor kurzem konnte man auch nur auf GitLab mehrere private Repositories betreiben, ohne Geld dafür zu zahlen. Mittlerweile hat GitHub allerdings nachgezogen.

Fazit: GitHub ist zum Dokumentieren von Projekten mit großer Reichweite optimal.

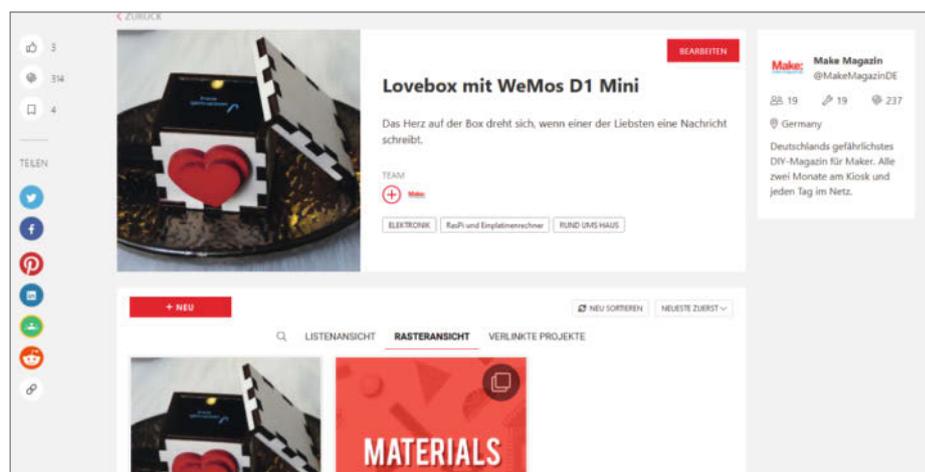
### Die Vorteile von GitLab

Auf GitLab ist man unter sich. Besonders, weil viele Benutzer ihre eigene GitLab-Instanz hosten. Große Open-Source-Projekte wie *Inkscape* verwenden GitLab nicht nur zur Versionierung, sondern auch wie ein Forum für ihre Projektplanung. Der kollaborative Aspekt ist hier stärker ausgeprägt und das macht es leichter, auch Menschen, die nicht programmieren, von Versionierungssystemen zu überzeugen. Denn profitieren tun davon nicht nur Programmierer, sondern auch Designer, die mit vielen Versionen eines Entwurfs arbeiten. GitLab hat außerdem von Haus aus ein *Todo*-Feature, sodass man anderen *To-Dos* zuweisen und sie befriedigt abhaken kann. Außerdem gibt es GitLab und GitHub *Kanban*-Boards, mit dem man Arbeitsabläufe planen kann.

Mit einem selbst gehosteten GitLab hat man die meiste Kontrolle und maximale Privatsphäre. Wer GitLab als Tool benutzt, mit dem man nicht nur Projekte dokumentiert, sondern sich darüber austauscht, brainstormt und diskutiert, der kann es so in einem geschützten Raum tun. Das hat aber auch Nerv-Potenzial: Für jede GitLab-Instanz, auf der man arbeitet, hat man einen eigenen



Hallo, da sind wir!



So sehen Projekte auf Make Projects aus – hier unsere Lovebox.

Account und ein eigenes Passwort. Wenn man viel in den Projekten anderer aushilft, kann das unübersichtlich werden.

Fazit: GitLab ist optimal, um in Gruppen Projekte gemeinsam zu entwickeln und zu dokumentieren.

Das sind die Faktoren, die für private Nutzer am relevantesten sind. Beide Tools haben noch einen ganzen Blumenstrauß weiterer Features, die allerdings normalerweise nur im Business-Bereich wirklich zum Tragen kommen. Am Ende sollte ein Tool ja auch Arbeit abnehmen und nicht zum Selbstzweck werden.

### Projekte dokumentieren mit Make Projects

Wem das jetzt zu technisch war oder wer sowieso lieber nur mit Holz arbeitet, der kann seine Projekte auch auf Plattformen wie *Hackaday*, *Instructables* und *Make Projects* dokumentieren (Links in der Kurzinfo). Hier geht es weniger um das Verwalten von Code-Versionen als um die klare Präsentation des Projekts. Auf diesen Plattformen erreicht man auch eine spezialisiertere Zielgruppe, die potenziell trefenderes Feedback geben kann. *Make Projects* hat zudem den Vorteil einer deutschsprachigen Community, die auch Tipps geben kann,

wo man zum Beispiel in Deutschland gut Bauteile beziehen kann.

Die Schritte zum gut dokumentierten Projekt sind aber eigentlich die gleichen wie auf GitHub: Erst legt man ein Projekt an, fügt eine knackige Beschreibung hinzu und mit einem Titelbild zeigt man, was Sache ist. Mit der Raster-Ansicht kann man die einzelnen Komponenten oder Arbeitsschritte gut strukturieren. Es bietet sich an, für die Übersichtlichkeit einen eigenen Abschnitt nur für die Materialien zu machen. Erfahrungsgemäß freuen sich Interessierte auch sehr, wenn man eine Einschätzung abgibt, wie teuer ein Projekt war.

Ein großer Vorteil von *Make Projects* ist die visuelle Komponente: Man kann ohne Umwege viele Bilder und Videos übersichtlich hochladen und YouTube-Videos einbinden. Auch *Make Projects* bietet Kollaborationstools an: Man kann andere Menschen als Teammitglied hinzufügen, sich direkt im Projekt austauschen und kreativ Ideen weiterentwickeln. Die Weboberfläche hat auch nicht so eine abschreckende Wirkung auf Menschen, die sich nicht mit Code beschäftigen, wie GitHub.

Egal, wo und wie man dokumentiert: Es ist ein erhebendes Gefühl, wenn andere das eigene Projekt nachbauen. Also, gönnen Sie sich diese Erfahrung. Viel Spaß beim Dokumentieren!  
—rehu

# WinDIY: eine Windturbine aus dem 3D-Drucker

Windenergie aus dem eigenen Garten – das soll mit der Turbine *WinDIY* einfach möglich werden.

von Fabian Steppat



**W**as tun, wenn das Handy beim Campen ausgeht und die Solarzelle nicht genug Sonne tankt? Eine Windanlage muss her: Ich arbeite an *WinDIY*, einer Windturbine, die jeder mithilfe eines 3D-Druckers herstellen kann. Abgesehen von Standardteilen wie Schrauben, Muttern und Aluminiumprofilen kann man alle Komponenten mit einem 3D-Drucker in einem Druckraum von 20cm × 20cm × 20cm herstellen.

Für die Übertragung der Rotationsenergie habe ich einen Doppelscheibengenerator entwickelt, der ebenfalls zum Großteil aus dem 3D-Drucker kommt, den *Nerdiskerator* (kurz für *NERdiys DISK genERATOR*, passend zum Blognamen *NerDIY*). Ansonsten enthält er vor allem 20 Neodym-Magnete pro Rotorscheibe und zwölf Spulen in der Statorscheibe. Angetrieben von einem Akkuschauber erzeugt der so hergestellte Generator während des ersten Tests circa 30 Watt.

Der Flügel besteht aus Sparren, die auf ein 10mm × 10mm Aluminiumprofil aufgesteckt werden. Der Sockel des Flügels ist über zwei M5-Schrauben mit dem Rest des Flügels verbunden. So kann der Flügel relativ schnell demontiert und ausgetauscht werden. Ein circa 65cm langer Flügel wiegt nur rund 600 Gramm. Damit die Anlage möglichst autark auf Starkwind oder andere potenziell gefährliche Ereignisse reagieren kann, habe ich verschiedene Sicherheitssysteme eingebaut, die eine zu hohe Drehzahl verhindern. Je nach eingestelltem Anstellwinkel der Flügel ändert sich zum Beispiel die Effizienz, mit der die Windgeschwindigkeit in Rotationsgeschwindigkeit der Turbine umgewandelt wird. Zusätzlich habe ich eine mechanische Bremse verbaut. Mithilfe von zwei Elektromotoren inklusive entsprechender Unterersetzung können zwei Fahrradbremsblöcke auf die Rotorscheibe des Generators gedrückt und die ganze Turbine somit zum Stillstand gebracht werden.

Zu den Sensoren gehören aktuell zwei Hall-Sensoren zur Messung der Generator-Drehzahl, zwei Kraftsensoren, die den Anpressdruck der Bremszylinder messen, und drei Schiebewiderstände, um die Positionen des Pitch-Aktors und der Bremszylinder zu bestimmen. Außerdem überwache ich die Temperaturen des Projekts an verschiedenen Stellen. Ein Umweltsensor misst Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck.

Bei Trockentests hat der Generator erst ab circa 20 Umdrehungen pro Sekunde nennenswert Energie erzeugt. Das ist eine Rotationsgeschwindigkeit, die meine Windkraftanlage auch an stürmischen Testtagen noch nie erreicht hat. Es gibt also ein paar Dinge, die an *WinDIY* optimiert werden müssen. Die ausführliche Aufbauanleitung der aktuellen Version und weitere Bilder gibt es auf meinem Blog.

—rehu

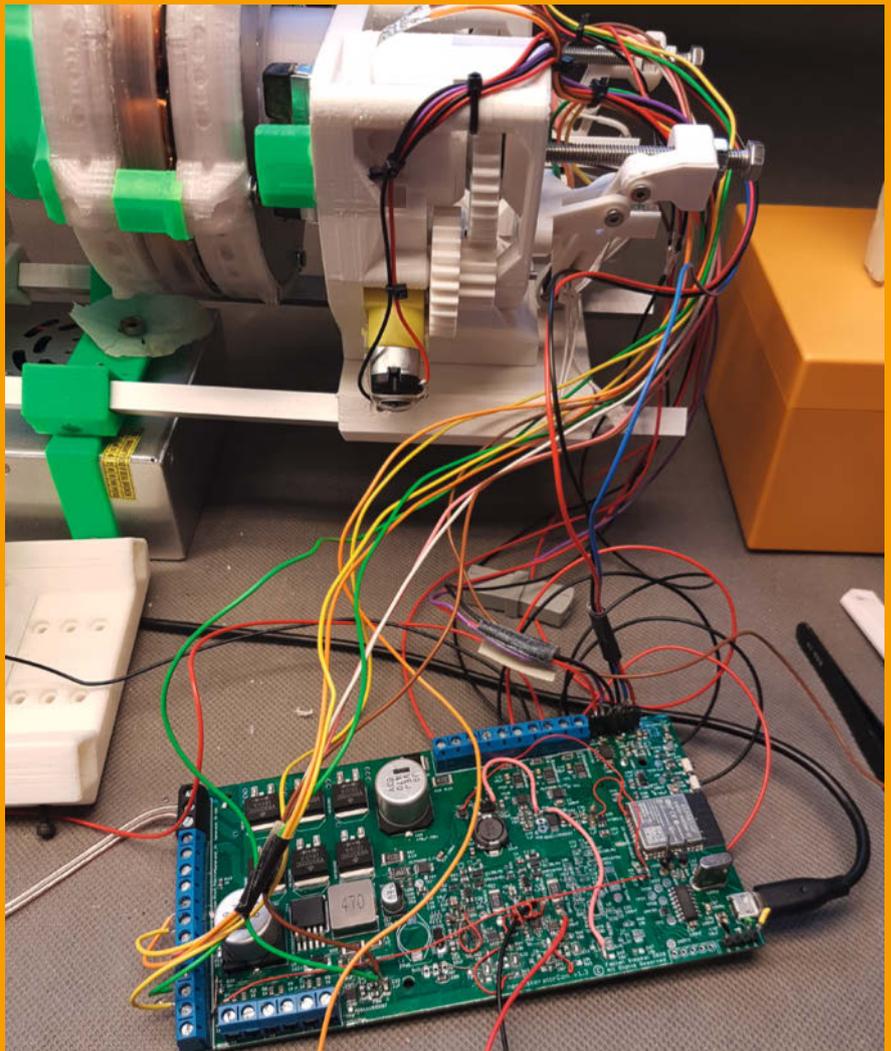
► [nerdiy.de/windiy-die-wind-turbine-aus-dem-3d-drucker/](https://nerdiy.de/windiy-die-wind-turbine-aus-dem-3d-drucker/)



Die Flügel des Rotors sind in Sparrenbauweise gefertigt und erlauben einen Rotordurchmesser zwischen 0,5 und 1,2 Meter.



Das erste von zwei Getrieben des Bremsaktors. Auch Teile des Generators sind 3D-gedruckt, beide Elemente werden später zusammengefügt.



Ansicht der Einheit aus Bremsaktor und Generator. Die vielen Leitungen der verschiedenen Sensoren und Aktoren machen den Aufbau noch unübersichtlich und kompliziert.

# Retrofit: Alter Plotter zu neuem Leben erweckt

Alte Plotter haben eine solide Mechanik und sind oft günstig zu bekommen. So ist es sinnvoll, diese für das 21. Jahrhundert fit zu machen. Die solide Mechanik ermöglicht auch einen Umbau zum Schneidplotter.

von Georg Haug



**T**ja, jeder kennt das mehr oder weniger, die Zeiten ändern sich und so auch die Betriebssysteme. Irgendwann bekommt man einfach keine passenden Treiber mehr für die viele Jahre benutzten und lieb gewonnenen Geräte. So ging es mir mit meinem alten HP7475A-Plotter; aufgrund seiner alten seriellen Schnittstelle (RS232, 25-polig) und den immer seltener gewordenen Programmen, die noch HPGL ausgeben können, schlummerte er in einer Schreibtischschublade. „Dank“ Corona rückte er wieder ins Blickfeld und ich beschloss dem Plotter neues Leben einzuhauchen.

Die erste Idee war ein USB2.0-zu-RS232-Adapter, der jedoch keine saubere Verbindung herstellen wollte, mal wurde der COM-Port nicht erkannt, dann wieder zickte der USB-Treiber; also das war nicht das, was ich mir erhofft hatte. Dann entdeckte ich im Make 1/21 im Artikel über Breakout-Boards das Bild eines FT232-Adapters, den der Händler meines Vertrauens sehr günstig anbot, und nach ein paar weiteren Internet-Recherchen komplettierten weitere Infos und ein Teil der Plotter-Schaltung meinen Plan.

Ein uralter Bekannter aus fast schon vergessenen Tagen, der MC6850P, fiel mir auf und da war die Sache klar: Das dumme Pegelgefummel mit den alten „Hochspannungen“ von +/-15V brauche ich nicht! Ich steige mit TTL-Pegel ins Geschehen ein, damit kenne ich mich aus. Geht doch ganz einfach, nicht zuletzt deshalb, weil ich schon Erweiterungen selbst gebaut habe, für den Commodore C64 oder den Sinclair ZX81 – okay, keine Panik, bei Interesse einfach googeln, letztes Jahrtausend 70er bis 80er Jahre. Ein erster Versuch mit Freiluftverdrahtung vom Plotter zum USB-Dongle war schnell installiert.

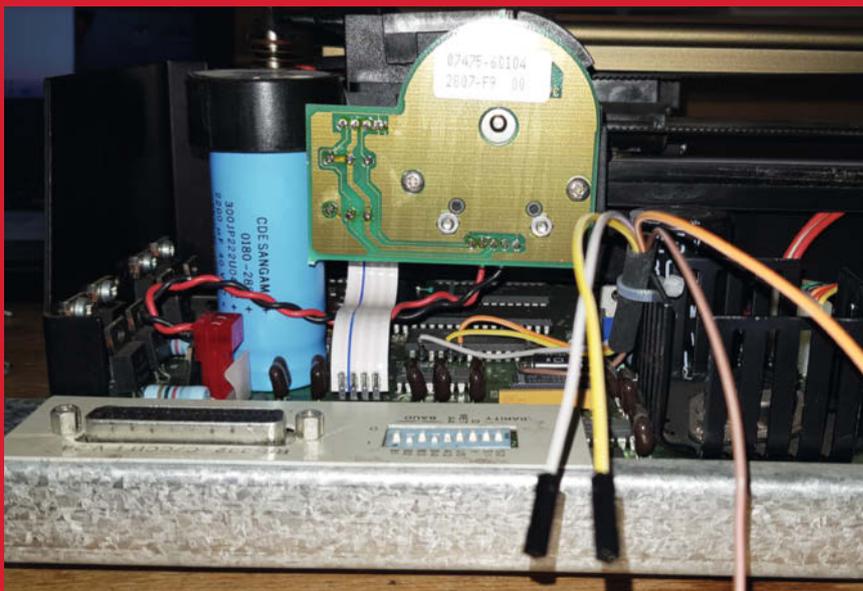
Bleibt nur noch am Plotter das Mäuseklavier einzustellen: Die Übertragungsrate auf 9600 mit *B1* und *B3* auf *0* und *B2* und *B4* auf *1*. Der nächste Schieber legt das verwendete Papierformat fest, also *A4*; dann *MET* für metrisches Format, nicht *US*; der 7. Schieber auf *D* stellt den Plotter als Endgerät ein und *S1* auf *0* gestellt bedeutet keine Parität. Der letzte, *S2*, hat laut Handbuch keine Bedeutung, sollte aber auf *1* stehen.

Und es funktionierte auf Anhieb! Das ist geil, der alte Plotter rattert und klopft wieder wie ein Specht Buchstaben, Zahlen und Linien auf das Papier!

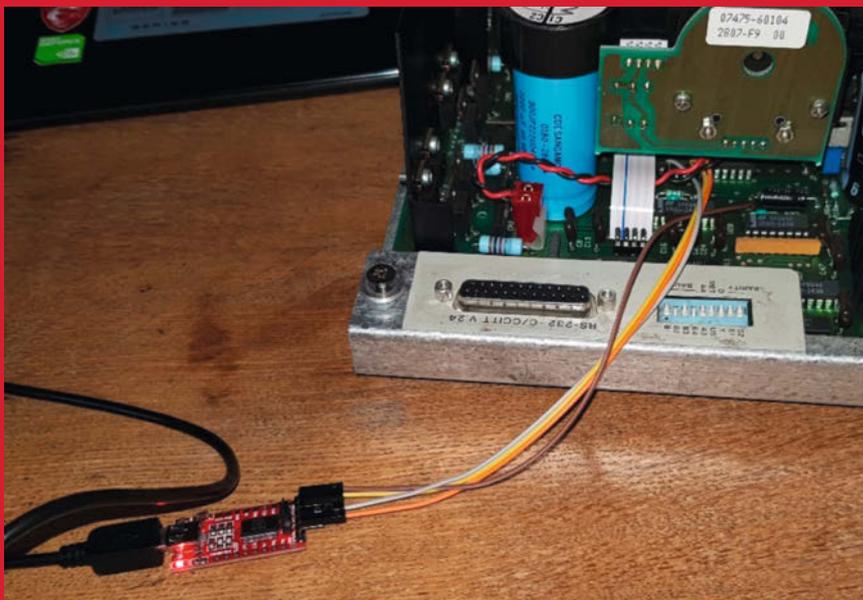
Mit diesen Einstellungen im USB-Treiber kann ich jetzt HPGL-Dateien von EAGLE auf den COM-Port kopieren oder direkt aus Inkscape (*Erweiterungen/Exportieren/Plotten...*) plotten, das macht Spaß!

Es gibt noch mindestens zwei weitere Projekte von Makern, die ihren HP7475A ebenfalls fit für die Zukunft gemacht und zu Schneidplottern umgebaut haben. Dies ist besonders interessant, da immer mehr Hersteller von Schneidplottern die Benutzung eigener Motive an einen Abo-Abschluss binden.

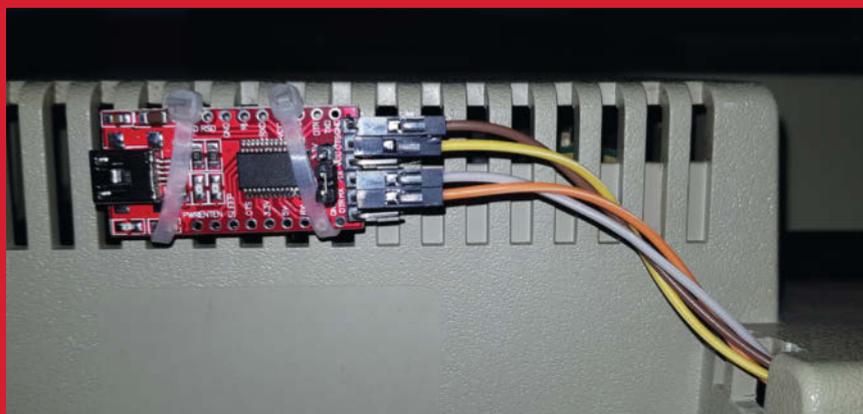
—caw



Die Kabel für die TTL-Signale wurden direkt am Chip angelötet.



Der erste und gleichzeitig erfolgreiche Versuch



Der neue USB-Anschluss nach Maker-Art befestigt

► [make-magazin.de/x1f1](https://make-magazin.de/x1f1)

# Clean-Air: Open Hardware UV-C Luftfilter

Clean-Air ist ein Luftreinigungsgerät, das auf die sterilisierende Wirkung von UV-Licht setzt. Clean-Air wurde als Open Source und Open Hardware von der MaibornWolff GmbH, einer IT-Firma aus München entwickelt.

von Carsten Wartmann



Bei der MaibornWolff GmbH folgt man der Philosophie, dass ein Unternehmen nicht allein gegenüber seinen Mitarbeitern und der eigenen Firma Verantwortung haben sollte, sondern auch gegenüber der Gesellschaft. In Zeiten von Corona sei dies besonders wichtig und Firmen, die trotz oder gar wegen der Pandemie gute Geschäftsjahre hatten, sollten ihrer sozialen Verantwortung nachkommen. So wurde dann das Projekt einiger Mitarbeiter zu einem Open-Source-Projekt und dank der freien Lizenzen ist jeder eingeladen, den Filter nachzubauen, zu verbessern oder als Basis für eigene Entwicklungen zu nutzen. MaibornWolff hat keine Absichten ein kommerzielles Produkt aus dem Clean-Air-Filter zu machen und ermutigt jeden, dieses Gerät besser, billiger und einfacher produzierbar zu machen.

Im GitHub der Firma werden verschiedene Versionen des Luftfilters gezeigt und ausführlich dokumentiert: Eine Variante setzt stark auf 3D-Druck, kombiniert mit Standardbauteilen. Es gibt auch eine Holzvariante, die in Holzwerkstätten gefertigt werden kann. Eine Variante, die in übliche Transportkisten eingebaut wird, entstand als Projektarbeit.

Kern ist bei allen Varianten eine Steuerung per ESP32-Mikrocontroller, der die Lüfter regelt, die Innentemperatur des Filters konstant hält und gleichzeitig den Luftdurchsatz steuerbar macht. Entwickelt wird die Firmware mit PlatformIO. Die Firmware ist per OTA (Over The Air) updatebar. Eine einfache Web-Oberfläche erlaubt die Steuerung und Überwachung des Gerätes.

Kern des Filters sind natürlich die UV-C-Röhren, deren Licht die in der vorbeiströmenden Luft befindlichen Keime und Viren zerstören soll. Damit dies auch gesichert ist, wurden Berechnungen und Untersuchungen vorgenommen (siehe GitHub).

Die Kosten des kleinsten Gerätes für bis 25m<sup>2</sup> (2,5m Deckenhöhe) Raumgröße bewegen sich um die 200 Euro. Einen großen Anteil daran haben die qualitativ hochwertigen Lüfter und Marken-UV-Röhren, hier sollte man nicht sparen. Für das Gehäuse kann der erfahrende Maker wahrscheinlich alles einsetzen, was ihm so unter die Finger kommt, wichtig ist nur, dass kein für Augen und Haut schädliches UV-Licht nach außen dringt.

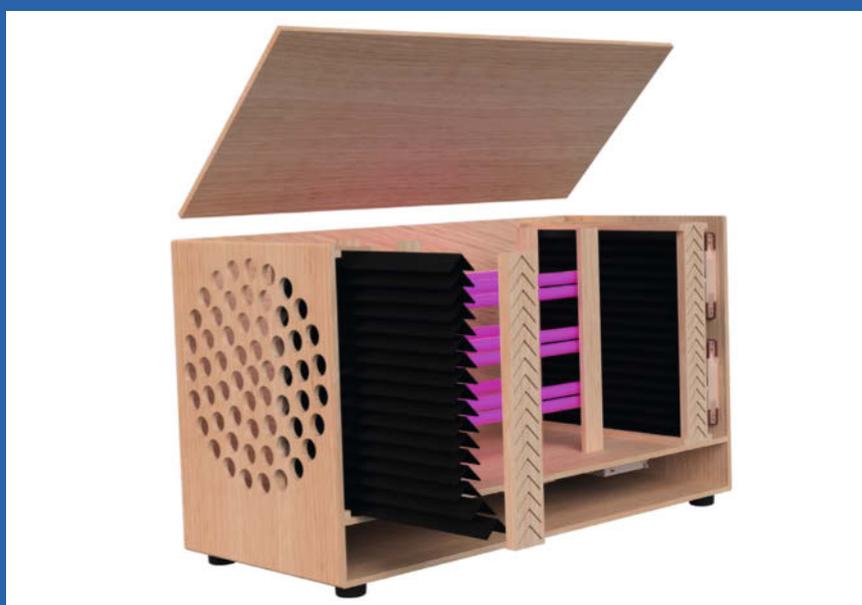
Das ganze Projekt ist ein schönes Beispiel, was eine Maker-Kultur erreichen und so die Abhängigkeit von fertigen Produkten abmildern kann. Was auch nach der Pandemie bleibt, ist ein Beispiel sozialer Verantwortung, ein großer Pool von Informationen und Erfahrungen zum Bau von ähnlichen Filtern und Projekten. Wir hoffen, dass dieses Beispiel Schule macht und nicht durch Ängste über Ideenklau oder Verantwortlichkeiten behindert wird.

—caw

► [github.com/MaibornWolff/clean-air](https://github.com/MaibornWolff/clean-air)



Innerer Aufbau in einem Flightcase



CAD-Visualisierung des Holzmodells

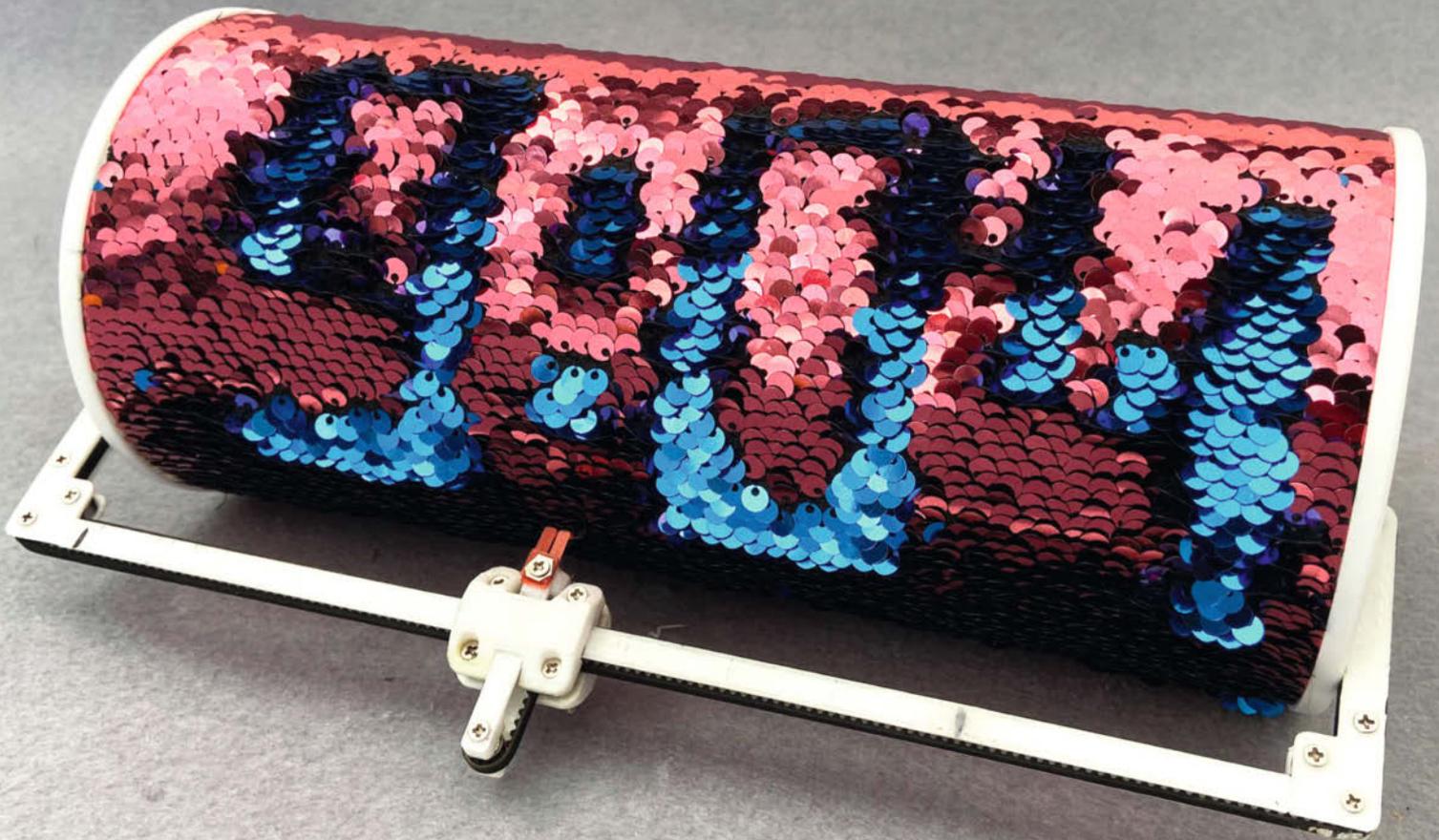


Hybrid aus Holz und 3D-Druck

# Sequino

Für ein Display braucht man nur Pixel, die Helligkeit oder Farbe ändern können. Wechsel-Pailletten können genau das und beweisen es als Ziffernanzeige in dieser etwas anderen Uhr.

von Ekagrat Singh Kalsi (Übersetzung: Niq Oltman)



**D**ieses Projekt ist eine Fortsetzung meiner Versuche, eine Roboter-Uhr zu bauen, die die Uhrzeit fortlaufend neu schreibt. Mein erster Ansatz, meine *Doodle Clock*, (ähnlich der in Make veröffentlichten Plot-Clock, aber mit Filzstift) war ein Fehlschlag, da der Stift immer ausgetrocknet ist. *Doodle Clock Nr. 2* ging schief, da die Anzeige - eine magnetische Tafel für Kinder - schnell zerkratzt war.

Zu dieser neuen Uhr namens *Sequino* (von sequin = Paillette) wurde ich vom mit Wechsel-Pailletten besetzten T-Shirt meiner Tochter inspiriert, auf dem sich ständig verschiedene Muster abzeichneten, da die Rückseite der Pailletten eine andere Farbe als die Vorderseiten haben. Nachdem ich etwas Paillettenstoff von der Stange besorgt hatte, ermittelte ich die zu erwartende Größe der Uhr anhand der Auflösung des Stoffs: Darauf sind 5mm große runde Pailletten im Abstand von 3mm angebracht. Die Auflösung ist also recht grob, das erfordert ein relativ großes "Display". Dessen Größe jedoch wird durch die Maße des Druckbetts meines 3D-Druckers von 245mm x 170mm begrenzt. Die Anzeige muss sich daher auf das unbedingt Notwendige beschränken.

### Kinematik

Der Bewegungsapparat der Uhr ist eine Kombination aus H-Bot (so genannt wegen des H-förmigen Verlaufs des Antriebsriemens) und kartesischen Ansätzen wie in einem Portal-Roboter **1**.

Die Y-Achse ist nabenlos und besteht aus zwei Ringen an beiden Enden der Uhr **2**, angetrieben von zwei Schrittmotoren (24BYJ48). Diese Ringe stellen Zahnräder dar, die sich jeweils an einem äußeren Ring abrollen - wie bei einem nabenlosen Rad.

Die X-Achse besteht aus einer Strebe, die die beiden Ringe zusammenhält, und an der ein Zahnriemen einem H-Bot-basierten Pfad folgt **3**.

Der Riemen wird von zwei Motoren angetrieben. Wenn diese in dieselbe Richtung drehen, bewegt sich der Schlitten mit dem Stifthalter nach links oder rechts entlang der X-Achse; bei gegensätzlicher Drehrichtung wird der Riemen zusätzlich gespannt und sorgt dafür, dass der Stift die Pailletten berührt (Z-Achse). Das führt zusammen mit der Trommeldrehung zum Kippen der Pailletten.

Zur Ermittlung der Nullstellung der Y-Achse gibt es einen Hall-Sensor auf der Rückseite, der auf einen Magnet an der Trommel reagiert. Für die X-Achse geschieht dies mit einem optischen Sensor auf der rechten Seite, der auf eine weiße Markierung am Zahnriemen anspricht.

Das Nullstellen des Stifts ist knifflig. Nach vielen Versuchen habe ich eine Methode gefunden, indem ich zuerst die Nullstelle für die X-Achse anfähre, ein kleines Stück zurücksetze,

## Kurzinfo

- » Wechsel-Pailletten als Uhr-Display
- » Pixel-Betätigung per motorbetriebenen Kunststoff-Stift
- » Versteckter Antrieb im Inneren

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
einige Wochenenden



**Kosten:**  
etwa 60 Euro

### Material

- » Paillettenstoff mit Wechsel-Pailletten
- » Schaumstoff, 3 mm dick
- » 3D-Druckteile
- » Arduino Nano R3 Microcontroller
- » Nano-CNC-Shield, zum Beispiel Keyes CNC
- » 3 Schrittmotor-Treiber, StepStick A4982
- » Hall-Sensor
- » 2 IR-Reflektor-Sensoren
- » 4 Schrittmotoren 24BYJ48, Übersetzung 1:64
- » Zahnriemen, 2GT, 3mm breit (zum Beispiel einen Standard-6mm-Riemen aus einem 3D-Drucker längs teilen)
- » 12 Kugellager Typ 602
- » Schrauben und Kleinteile

### Mehr zum Thema

- » Die Uhr können Sie auch auf Youtube in Aktion sehen.
- » Den Artikel über die phosphoreszierende Plot-Clock finden Sie in Make 6/18, S. 60

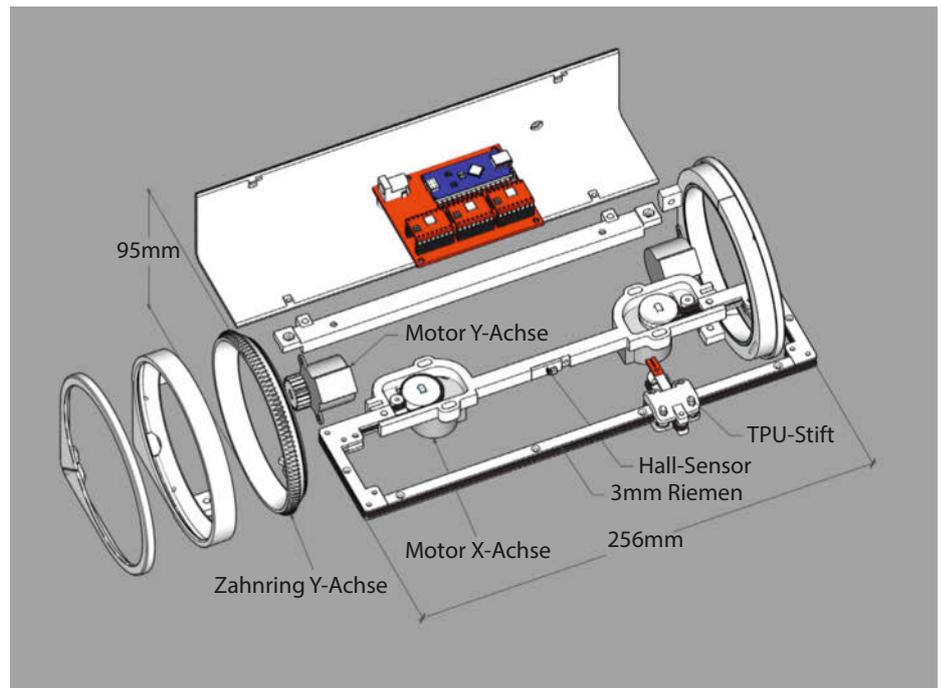
↓ Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x2ew](http://make-magazin.de/x2ew)

### Werkzeug

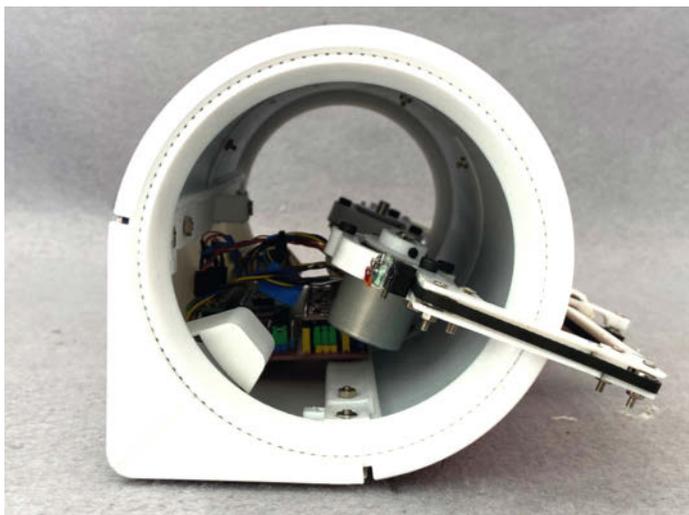
- » 3D-Drucker
- » Lötkolben
- » Schraubenzieher

dann den Stift an einer bekannten Stelle auf dem Riemen zu einem Sensor an der linken Seite der Uhr fahre **4** und schließlich eine fest eingestellte Distanz zur Nullstelle zurücklege.

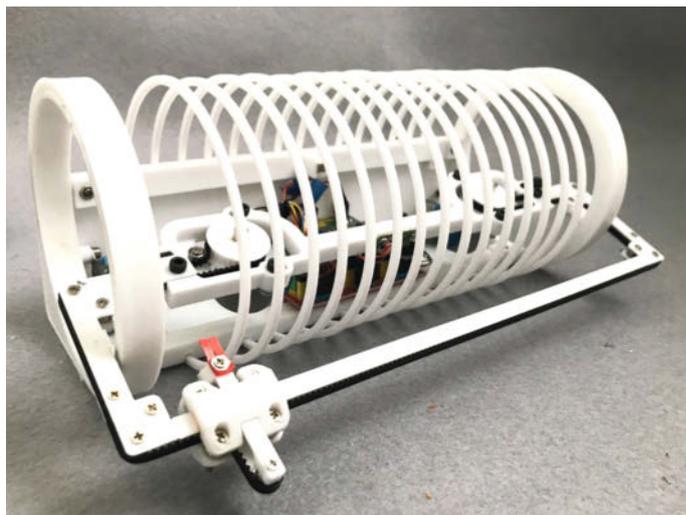
Das funktioniert nicht perfekt, da der Antrieb manchmal an der Markierung vorbeifährt, aber die Abweichung von 1mm am Stift ist hier verkräftbar.



**1** Der mechanische Aufbau der Uhr



2 Die Uhr arbeitet ohne feste Achse, daher kann man der Mechanik im Inneren zusehen.



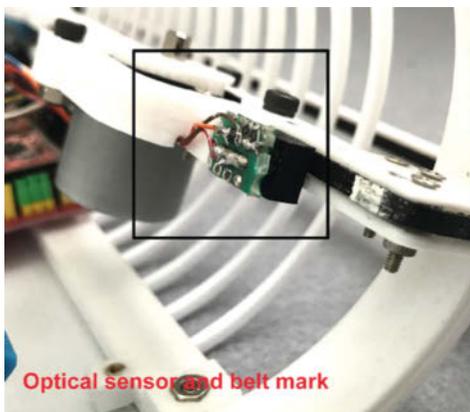
3 Der Zahnriemenantrieb sitzt im Inneren der Uhr und bewegt den Stift auf der Außenseite seitlich sowie auf und ab.

### Widerborstige Pailletten zähmen

Der Paillettenstoff besteht aus glitzernden Kunststoffscheiben, die auf textiles Material aufgesteckt sind. Die Wechsel-Pailletten (pink

auf der einen und blau auf der anderen Seite) lassen sich problemlos mit dem Finger umdrehen, wenn sie auf einem T-Shirt oder einer weichen Tasche angebracht sind. Als ich den Paillettenstoff aber auf dem Zylinder gespannt montiert hatte, ließen sie sich nicht mehr wen-

den, da sie durch die harte Rückseite eingeklemmt wurden. Zur Lösung versuchte ich es zunächst mit einer Struktur aus Rippen, über die ich den Stoff gespannt habe. Das hat zwar funktioniert, war aber sehr aufwendig zu bauen. Schließlich fand ich heraus, dass die Pailletten sich auch wenden lassen, wenn ich unter den Paillettenstoff einfach eine Schicht 3mm dicken Schaumstoff lege 5. Dadurch erhalten sie wieder ausreichend Spielraum, um mit dem Stift gekippt zu werden.



Optical sensor and belt mark



Tpu pen tip

4 Die durch Versuche zu ermittelnde Position der weißen Marke auf dem Riemen muss bei äußerster linker Position des Stiftes angebracht werden und dann etwas rechts vom Sensor (eingerahmt) liegen.

### Die passende Stiftspitze

Sehr fummelig war die Konstruktion einer Spitze für das Umdrehen der Pailletten. Idealerweise brauchte es dazu ein Material, das sich wie eine menschliche Fingerspitze verhält, also eine gewisse Haftung an glatten Oberflächen aufweist. Die Oberfläche der Pailletten ist ziemlich rutschig; die Scheiben lassen sich nur mit der genau passenden Reibung sauber wenden. Geklappt hat es am Ende mit einer speziell geformten, gespaltenen Spitze (siehe Bild 4 rechts) aus TPU-Kunststoff (thermoplastisches Polyurethan), das sich aber in 3D-Druckern mit Bowden-Antrieb für den Filamenttransport nicht immer problemlos verarbeiten lässt.



5 Der Untergrund aus Schaumstoff ist wichtig, damit die Wechsel-Pailletten umkippen können.

### Aussichten

Sequino ist noch ein Prototyp, besteht aber schon jetzt aus möglichst vielen Teilen von der Stange. Das Projekt eignet sich für fortgeschrittene Maker. Der 3D-Druck ist etwas anspruchsvoller, und die optischen Sensoren sind noch nicht ganz ausgereift. Daher gibt es auch noch keine Druck- und Software-Dateien zum Download. Ich habe vor, demnächst einen Bausatz dafür anzubieten und eine Anleitung auf Instructable zu veröffentlichen. —hgb

# New Food

The taste of tomorrow



**SAVE THE DATE**  
**24.06.2021**

**ONLINE-KONFERENZ**

- ▶ Wie ernähren wir uns in Zukunft?
- ▶ Kommen tierische Lebensmittel bald aus dem Labor?
- ▶ Ist New Food tatsächlich gesünder und nachhaltiger?
- ▶ Welche Regularien brauchen wir dafür?

Es erwarten Sie spannende Vorträge internationaler Experten.  
Unabhängig. Aktuell. Kompetent.

**Technology  
Review**  
Das Magazin für Innovation

**JETZT ANMELDEN**

[www.konferenzen.heise.de/emtech-new-food/](http://www.konferenzen.heise.de/emtech-new-food/)

**Bis 27.05.2021 10% Frühbucher-Rabatt sichern!**



# Winkekatze

Die Maneki-neko (japanisch für „winkende Katze“) ist eine japanische Figur, von der man glaubt, dass sie dem Besitzer Glück bringt. Uns interessierte, warum winkt die Katze eigentlich und verbraucht dabei nicht endlos Batterien? Deshalb haben wir eine handelsübliche Katze geöffnet und nachgesehen.

von Andreas Perband



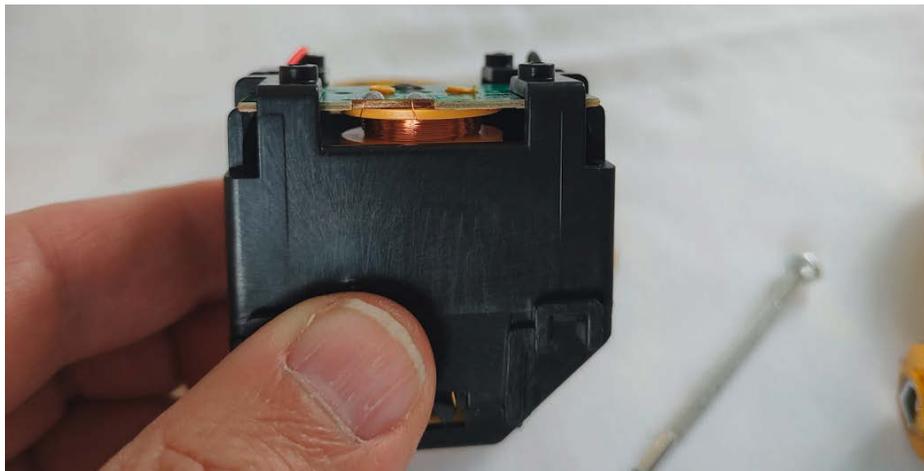
**D**er erste Blick offenbart: Kein Servo, kein Elektromotor, kein Mikrocontroller, die wohl die Kosten in die Höhe getrieben hätten. Stattdessen hängt der Arm an einem Pendel. Am unteren Teil des Pendels hängt ein Magnet. Plus weitere Metallstücke (um das Gewicht zu erhöhen).

### Die Schaltung

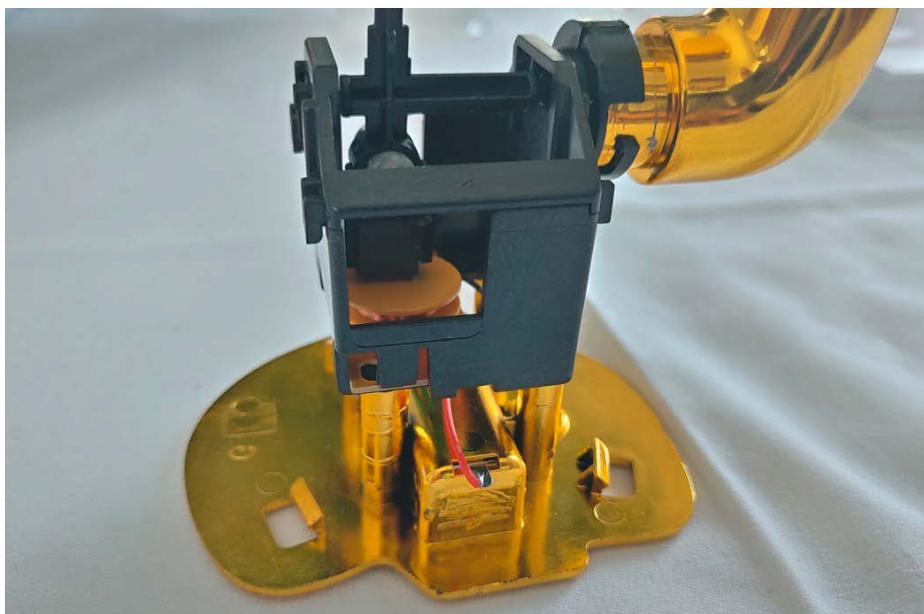
Das konnten wir erkennen: Unter dem Pendel ist eine Spule auf einer kleinen Platine. Und da passiert es - vom Prinzip her bekannt aus dem Physik-Unterricht. Die wichtigste Steuerungsaktion besteht in der Wechselwirkung zwischen dem Permanent-Magneten am Ende des schwingenden Arms/Pendels und der Drahtspule mit vielen Windungen, die an der Platine befestigt ist. Wenn der Magnet über die Spule schwingt, induziert seine Bewegung Strom in der Spule darunter. Ein kleiner analoger Schaltkreis reagiert darauf, indem er Strom durch die Spule leitet.

Beispiele für derartige Schaltpläne finden Sie bei den Links zu dem Artikel.

Der zentrale Effekt ist, dass die Schaltung den vorbeiziehenden Magneten "spürt" und ihm einen kleinen elektromagnetischen Impuls gibt, um den Arm in Bewegung zu halten. Solange Strom aus der Batterie darunter kommt, kann die Schaltung weiter wirken und das Pendel schwingt. Ist der Magnet weg von der Spule, schaltet die Spule ab. Ohne den zusätzlichen Impuls würde das Pendel irgendwann stehen bleiben - Perpetuum mobiles gibt es leider nicht. —anp



Die Spule, die für den induzierten Strom und den Antrieb sorgt.



Die Baugruppe mit Schaltung, Batteriefach und Winkearm.

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xt4s](http://make-magazin.de/xt4s)

# Der Praxis-Guide fürs Homeoffice



Als Heft + PDF mit 29% Rabatt

NEU



[shop.heise.de/ct-ho21](http://shop.heise.de/ct-ho21)

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

# Plasmaschneiden für Padawane

Zugegeben – an ein Lichtschwert kommt so ein Plasmaschneider nicht ganz heran, aber was damit möglich ist, ist schon erstaunlich! Zentimeterdicke Stahlplatten lassen sich wie Butter schneiden – und das in jede beliebige Form. Die Möglichkeit, mit geringem Aufwand Metalle zu trennen, ist dank der immer weiter gefallenen Preise auch für Maker eine interessante Sache.

von Roman Radtke



**W**er mit Metall arbeitet, kommt recht schnell in die Verlegenheit, das Material zu trennen oder Ausschnitte einzufügen. Während ein gerader Schnitt mit dem Winkelschleifer noch halbwegs flott geht, kommt man bei dickerem Material mit den spanabhebenden Verfahren (schleifen, bohren, feilen, sägen) schnell an die Grenzen.

Von den in der Industrie eingesetzten Trennverfahren – Wasserstrahl-, Laser-, Brenn- und Plasmaschneiden – ist letzteres in auch für Maker interessante preisliche Regionen gefallen: Handgeführte Plasmaschneider gab es neulich für 150 Euro sogar beim Discounter und neben einer Steckdose braucht man zum Betrieb nur Druckluft.

### Plasma – was ist das?

Plasma wird auch oft als vierter, nicht klassischer Aggregatzustand bezeichnet: fest, flüssig, gasförmig, Plasma. Es handelt sich hierbei um ein ionisiertes Gas, das heißt, dass in diesem viele der Atome und Moleküle in Ionen und Elektronen zerfallen sind. Diese Teilchen sind elektrisch geladen und frei beweglich, daher ist ein Plasma in der Lage, einen Strom zu leiten. Auch in der Natur tritt ein Plasma in vielfältigen Formen auf - das heiße Gas in einem Blitz ist ein Plasma, ebenso das Innere unserer Sonne und vieler anderer Sterne.

Eine technische Anwendung ist die Erzeugung von Licht: Das leuchtende Gas in einer Neonröhre oder einer Glimmlampe ist nichts weiter als ein Plasma, welches durch die Änderung des Energieniveaus der Elektronen Licht abgibt. Beim Plasmaschneiden wird sich die Leitfähigkeit zunutze gemacht: Durch einen fließenden elektrischen Strom in einem Lichtbogen im Handstück wird ein Plasma erzeugt, aufgeheizt und mit Druckluft herausgeblasen.



Mit etwas Übung gelingen saubere Schnitte, die wenig Nacharbeit erfordern.

### Schneiden mit Plasma

Zum Schneiden metallischer Werkstoffe werden feine Plasmastrahlen genutzt: Ein Lichtbogen wird durch eine Kupferdüse eingeschnürt, wodurch ein sehr heißes, stark verdichtetes Plasma entsteht, welches dann durch einen Gasstrom (meist Druckluft) in einem Strahl aus der Düse gedrückt wird.

Die Außenschutzkappe isoliert den vorderen Teil des Brenners und schützt diesen vor Verunreinigung. In diesem liegt die Düse, aus welcher der Plasmastrahl austritt. Der Luftverteiler bzw. Diffusor oder *Swirl Ring* ist dazu da, das Plasmagas in einen „Mini-Tornado“ zu verwandeln; durch die Rotation des Gasstromes wird das Plasma noch stärker eingeschnürt und besser zentriert. Die Elektrode im Brenner bildet den negativen Gegen-Pol für den Licht-

### Kurzinfo

- » Wie entsteht ein Plasma?
- » Kaufentscheidungen
- » Praktischer Einsatz

### Mehr zum Thema

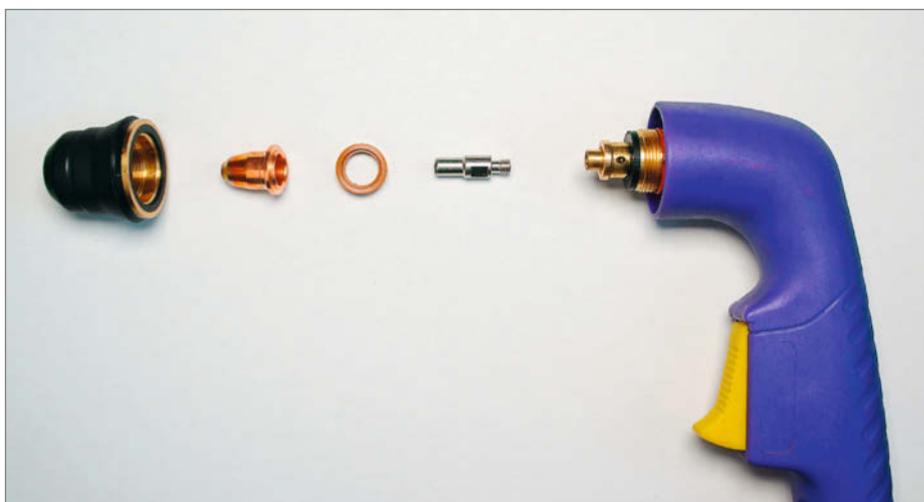
- » Roman Radtke, Einführung ins WIG-Schweißen, Make 4/18, S. 98

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xd7e](http://make-magazin.de/xd7e)



Bild: toolepic, Pixabay

Ein sehr hübsches Beispiel für ein Plasma ist die Leuchterscheinung im Inneren einer Plasmakugel.



Der Brenner besteht aus Schutzkappe, Düse, Diffusor, Elektrode und Griff.



Dem Discounter-Angebot von Lidl liegt ein praktischer Abstandshalter für gerade Schnitte bei, außerdem ist es schon mit einem Wasserabscheider ausgestattet.

bogen, wobei das Werkstück selbst den positiven Pol darstellt.

Der austretende Gasstrom ist mit bis zu 30.000 °C extrem heiß und schmilzt das Metall dort, wo er aufliegt; er hat dabei genug kinetische Energie, um das flüssige Metall und die entstehende Schlacke aus der Schneidfuge zu blasen. Da hierbei ein Strom durch das zu schneidende Material fließen muss, lassen sich nur metallische Werkstoffe schneiden.

Besondere Vorteile des Plasmaschneidens sind, dass es sich – von den Initialkosten abgesehen – um eines der wirtschaftlichsten und schnellsten thermischen Trennverfahren handelt; die Anwendung ist einfach, präzise Schnitte sind möglich und es ist nur relativ wenig Nachbearbeitung nötig. Da Druckluft

als Plasmagas verwendet werden kann, spart man sich zusätzliches Prozessgas wie beim MIG-, MAG- und WIG-Schweißen, was Aufwand und Kosten gering hält. Aufgrund der hohen Energiedichte des Lichtbogens und der Schnelligkeit des Schnitts wird das Material außerhalb des Schnittbereichs thermisch nur wenig belastet.

### Plasmaschneider-Angebote

Einfache Geräte zünden erst bei Annäherung des Brenners an das Werkstück oder gar erst bei direktem Kontakt. Nachteilig ist neben der schwierigeren Anwendung der größere Verschleiß an der Düse des Brenners. Auch das Schneiden von beschichteten oder lackierten

Blechen ist problematisch, weil die Einstichstelle angeschliffen werden muss. Das abgebildete Gerät von Lidl zündet dank HF-Zündung immerhin schon bei wenigen Millimetern Abstand zum Werkstück; gemessen am Preis von nicht einmal 150 Euro ist es durchaus brauchbar.

Bessere Geräte verfügen über einen Pilotlichtbogen: Sobald man den Taster am Brenner drückt, zündet unabhängig vom „Gegenpol“, also unabhängig vom Kontakt zum Werkstück, ein kleiner Lichtbogen – der Pilotbogen. Sobald dieser in Kontakt mit dem Werkstück kommt, zündet der eigentliche Schneidstrahl, wobei der Pilotbogen isolierende Beläge auf der Oberfläche durchstechen kann. Ein weiterer Vorteil von Plasmaschneidern mit Pilotbogen ist, dass diese auch auf CNC-Maschinen ohne Z-Achse eingesetzt werden können, da der Abstand während des Schneidens nicht variiert werden muss.

Bis vor wenigen Jahren waren Plasmaschneider mit Pilotlichtbogen aufgrund der hohen Anschaffungskosten eher professionellen Nutzern vorbehalten. Da die Preise für Plasmaschneider aufgrund günstiger Fertigung und immer größeren Interesses auch durch Hobbybastler extrem gefallen sind, war es zum Glück nur eine Frage der Zeit, bis auch solche Geräte erschwinglich wurden.

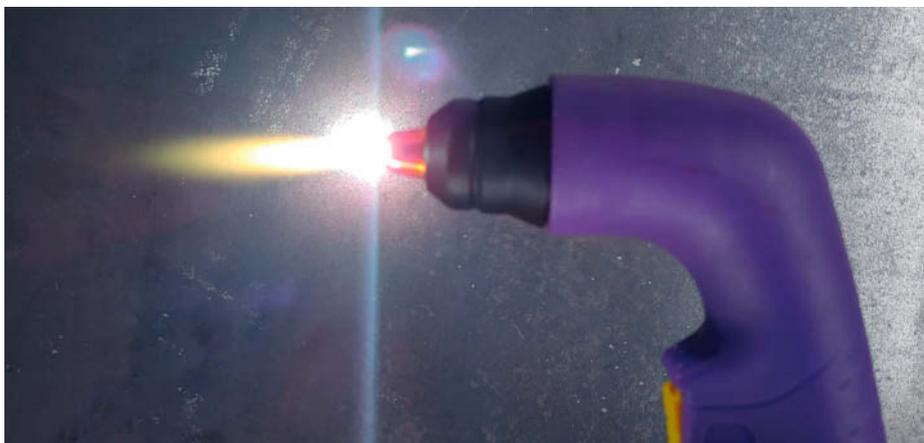
Nächstwichtiges Auswahlkriterium ist die Stromstärke, welche das Gerät zum Schneiden liefern kann – hängt von dieser doch ganz entscheidend die maximale Materialdicke ab. Gängige handgeführte Geräte liefern einen Schneidstrom von bis zu 50A bei 230V-Geräten und etwa 140A bei 380V-Ausführungen. Bei Baustahl zum Beispiel kann man damit Platten von 15 bis 20mm beziehungsweise 40mm Dicke bearbeiten.

Neben einem Pilotbogen war mir bei der Auswahl eines Plasmaschneiders wichtig, möglichst dickes Material bearbeiten zu können. Nach einiger Suche stieß ich auf das Weldinger PS45 pro, welches mit einem maximalen Schneidstrom von 40A dank eines hochwertigen Brenners bis zu 25mm dickes Material schneiden kann – und das an 230V.

### Infrastruktur

Laut Beschreibung ist es dank modernster IGBT-Invertertechnik und der Verwendung hochwertiger Bauteile auch für Profi-Anwender geeignet. Als Stromanschluss genügt eine gängige 230V-Dose mit 16A-Absicherung. Mit einem Gewicht von nur 7kg lässt sich das rund 550 Euro teure Gerät überall, wo ein Kompressor vorhanden ist, problemlos einsetzen.

Ansonsten wird nicht viel Zubehör benötigt. Da sich bei korrekter Wahl der Schnittparameter die Nachbearbeitung der Teile in Grenzen hält, lassen sich der kleine Grat und die anhaftende Schlacke leicht mit Schlackehammer und Stahlbürste, einer Feile oder



Ein Pilotlichtbogen vereinfacht die Nutzung enorm.



Das PS45 pro hat an der Front einen Schalter zum Öffnen des Druckluft-Ventils im Inneren – dies vereinfacht das Einstellen des Drucks an der Wartungseinheit.



Im Ersatzteilset ist ein Abstandhalter für den Brenner enthalten (silberner Bügel im mittleren Fach).

einem Winkelschleifer entfernen. Da der Grat sehr hart ist, sollte man diesen so gut wie möglich mit einem Hammer entfernen, da dies mit Flex oder Feile viel länger dauert.

Da bei einem Plasmaschneider die innen liegende Elektrode und die Düse im Laufe der Zeit verschleißt, ist es sinnvoll, gleich bei Kauf des Gerätes ein Ersatzteilset mit zu bestellen – dies enthält meist neue Elektroden, Düsen, Diffusoren und Schutzkappen. Beim Arbeiten sollten neben schwer entflammbarer Kleidung natürlich auch Schweißer-Handschuhe getragen werden.

Die Arbeitsumgebung muss im Umkreis von einigen Metern frei von brennbaren Stoffen sein, besondere Vorsicht ist wegen des Kraftstoffs bei Arbeiten an Fahrzeugen gegeben. In engen Kellern und auf Werkbanken aus Holz sollte man also besser nicht seine ersten Versuche wagen.

### Vorsichtsmaßnahmen

Auch ein Feuerlöscher gehört zur Arbeitsplatz-ausrüstung und sollte ohnehin in jeder Werkstatt vorhanden sein. Das Werkstück sollte im Bereich des Schnittes „freischwebend“ gelagert werden, damit der Plasmastrahl das Werkstück sauber durchdringen kann; ein paar Ziegelsteine reichen dafür.

Da beim Plasmaschneiden giftige Abgase und Stäube entstehen, sollte eine geeignete Absaugung genutzt oder besser draußen gearbeitet werden – besonders, wenn man beschichtete Metalle verarbeitet, da gängige Überzüge aus Zink, Kadmium und ähnlichen Stoffen und deren Oxide extrem giftig sind.

Muss das Werkstück vor der Arbeit entfettet werden, so darf auf keinen Fall ein chlor-kohlenwasserstoffhaltiges Reinigungsmittel verwendet werden, da sonst das Nervengas Phosgen entstehen kann. Vorsicht ist auch für Menschen mit Herzschrittmachern angezeigt, da der Plasmaschneider ein starkes elektromagnetisches Feld erzeugt; diese sollten im Zweifelsfall vor der Benutzung mit ihrem Arzt Rücksprache halten.

### Betriebsparameter

Viele Plasmaschneider lassen sich auf 2- oder 4-Takt-Betrieb einstellen. Im 4T-Modus bleibt der Strom am Brenner nach dem Drücken des Tasters solange eingeschaltet, bis man den Taster erneut drückt. Dies ist zwar für längere Schnitte durchaus sinnvoll, jedoch für Anfänger keinesfalls zu empfehlen – also lieber das Gerät im 2T-Modus lassen.

Der Luftdruck sollte abhängig vom Gerät und dem zu bearbeitenden Material auf den passenden Druck (meist im Bereich von etwa 4-6 bar) eingestellt werden, für gewöhnlich liegen dem Gerät hierzu passende Tabellen bei. Ist der Luftdruck zu niedrig, so ist die Schneidleistung ungenügend, bei zu hohem Luftdruck kann es sein, dass das Plasma nicht richtig zündet, der Lichtbogen abreißt und die Elektrode im Inneren des Brenners unnötig schnell verschleißt.

Abgesehen vom Luftdruck ist die wichtigste Einstellung die des Schneidstromes. Als Faustregel werden bei Baustahl zwischen 20 und 30A für gängige Materialstärken von 2 bis 4mm eingestellt; kommt man nicht oder

nur sehr langsam durch das Werkstück, so ist der Strom zu gering, ist die Schnittfuge sehr breit oder bildet sich auf der Werkstückunterseite viel Schlacke, so ist der Strom zu groß. Bei Schnitten in Aluminium kann die Stromstärke etwas niedriger eingestellt werden.

Nachteil einer zu großen Stromstärke ist neben einem unschönen Schnitt auch der unnötig große Verschleiß an Düse und Elektrode.

Auch wenn die Düsen fast gleich aussehen, macht der Durchmesser (hier im Bereich von 0,8 bis 1mm) einen großen Unterschied – bei zu großer Düse wird die Schnittfuge unnötig breit und unsauber, eine zu kleine Düse führt auch zu vorzeitigem Verschleiß von Elektrode und Düse. Je größer der Schneidstrom, desto größer die zu wählende Düse. Generell liegt



Zum Schutz der Augen ist ein automatischer Schweißhelm nützlich.



Beim Eintauchen ist der Brenner leicht schräg zu halten. Vorsicht vor glühenden Metallspritzern, unbedingt Helm oder Schutzbrille tragen!

die Breite der Schnittfuge bei etwa dem 1,5 bis 2-fachen des Düsendurchmessers. Gängige Düsendurchmesser liegen im Bereich von 0,8mm für Ströme um die 20A bis zu Düsen mit 6mm-Bohrungen für industrielle Schneidemaschinen bei Strömen von einigen hundert Ampere.

Optimal ist, für maximale Standzeit bei gleichzeitig bester Schnittqualität, die Stromstärke auf 95% des Maximalwerts für die jeweilige Düse einzustellen.

Da jedes Gerät verschieden ist, sollte die genaue Einstellung des Schneidstromes, die Düsenauswahl und der anderen Parameter der jeweiligen Anleitung des Gerätes entnommen werden.

### Trockene Luft

Zum Aufbau und Anschluss des Plasmaschneiders ist nicht viel zu sagen – trotzdem ist auch hierzu ein Blick in die Anleitung des Gerätes sinnvoll. Zu beachten sind vor allem die Anforderungen, die an die Stromversorgung zu stellen sind: Steckdose und – falls nötig – Verlängerungskabel müssen ausreichend belastbar sein.

Kabeltrommeln sollten gegebenenfalls abgewickelt werden, da diese sonst schnell überhitzen. Der Anschlusschlauch des Kompressors sollte nicht zu lang oder zu dünn sein, da sonst unabhängig von der Leistung des Kompressors die Luftmenge zu gering sein kann.

Die zugeführte Druckluft sollte ölfrei und so trocken wie möglich sein, da es sonst zu vorzeitigem Verschleiß am Brenner kommt und der Bogen suboptimal brennt, was das Schrittergebnis verschlechtert; ist keine Wartungseinheit mit Wasserabscheider am Plasmaschneider angebracht, sollte diese nachgerüstet werden.

Ist der Kompressor mit dem Gerät verbunden, beides angemessen mit Strom versorgt, der Brenner gemäß Anleitung des Gerätes montiert und angeschlossen, wird der Vordruck eingestellt. Damit die Einstellung korrekt ist, hat diese bei geöffnetem Ventil im Plasmaschneider zu erfolgen. Manche Geräte haben hierzu eine Einstellung, bei der das Ventil im Plasmaschneider öffnet; weist das Gerät diese Einstellung nicht auf, so muss der Taster am Brenner gedrückt werden. Vorsicht:



Optimal ist beim Schnitt ein leicht schräger Funkenaustritt. Der Brenner bewegt sich hier nach rechts.

Der Brennerkopf steht bei Drücken der Taste unter Strom, bei einem Plasmaschneider mit Pilotbogen zündet dieser und kann einiges an Schaden anrichten!

Letzte Vorbereitung vor dem Schnitt ist der Anschluss der Rückleitung an das Werkstück, wobei unbedingt auf einen guten Kontakt geachtet werden muss: Etwaige Anstriche, Rost oder Beschichtungen sollten im Bereich der Masseklemme entfernt werden.

### Feuer frei

Hat man alle Einstellungen gemäß Vorgabe erledigt und den Plasmaschneider eingerichtet, geht es ans Schneiden. Für die ersten Versuche sollte man ein eher dünnes Blech von etwa 2mm Dicke verwenden, da man hier am besten ein Gefühl für das Schneiden bekommt. Der Brenner wird an der Kante des Werkstücks angesetzt, der Bogen entweder durch die Pilotzündung oder durch Berühren des Metalls nach dem Drücken der Taste gezündet und langsam und stetig genau rechtwinklig über das Material geführt.



Hier wurde wegen zu hektischer Brennerbewegung nicht vollständig durch das Material geschnitten.



Treten Funken senkrecht aus, führt man den Brenner zu langsam. Gut erkennbar ist die große Menge an geschmolzenem Material an der Unterseite.

Wichtig ist die Geschwindigkeit, mit welcher man den Brenner über das Material führt: Ist das Schnittbild sehr unruhig oder die Fuge zu breit, war die Schnittgeschwindigkeit zu gering, ist man zu schnell, so wird der Schnitt unsauber und das Material unter Umständen nicht komplett durchgeschnitten.

Grundsätzlich ist ein schiebender und ein ziehender Schnitt möglich, wobei tendenziell der ziehende Schnitt ein besseres Schnittbild ergibt. Um den Brenner besser und gleichmäßiger führen zu können, ist es speziell am Anfang einfacher, den Brenner mit beiden Händen zu führen. Um ein Gefühl für den Schnitt zu bekommen, ist es auch sinnvoll, den geplanten Schnitt einmal ohne gezündetes Plasma abzufahren – so lässt sich schnell erkennen, ob sich die Bewegung flüssig und ohne Umgreifen durchführen lässt.

Auch der Abstand des Brenners von der Materialoberfläche beeinflusst maßgeblich das Ergebnis. Für Anfänger ist es am einfachsten, den Schnitt mit aufgesetztem Brenner durchzuführen, was sich aber nachteilig auf den Düsenverschleiß auswirkt. Einen optimalen Kompromiss aus Schnittqualität und Düsenverschleiß bieten folgende Anhaltswerte: Bei dünnem Material von bis zu 3mm sollte der Düsenabstand bei 1 bis 2mm liegen. Hat das Material eine Dicke von bis zu 12mm, so sollte der Abstand etwa 3 bis 4 mm betragen. Bei noch größerer Materialstärke kann ein Düsenabstand von bis zu 7mm sinnvoll sein.

Um die Arbeit mit etwas Düsenabstand bei dickeren Materialien zu erleichtern, gibt es spezielle Halterungen für den Brenner. Neben den Einstellungen und der Schnittführung beeinflusst auch der Zustand des Brenners das Schneidergebnis: sind Elektrode oder Düse zu verschlissen, brennt der Bogen unruhig und das Schnittergebnis wird nicht optimal. Die Elektrode wird im Laufe der Zeit kürzer und muss, wenn sie im Brenner mehr als 2 oder 3mm hinter der Öffnung zurücksteht, ausgetauscht werden.

Ist die Öffnung in der Düse deutlich größer als das Ausgangsmaß, ist die Bohrung „ausgefranst“ oder unrund, steht ein Austausch der Düse an. Um unnötigen Verschleiß zu verhindern, sollte in Material, welches dicker als einige Millimeter ist, nicht direkt eingetaucht werden, damit der Plasmastrahl nicht zu lange nach oben zum Brenner reflektiert wird.

Bei dickeren Materialien ist es ohnehin besser, am Anfangspunkt des Schnittes eine Bohrung von etwa 5mm Durchmesser einzubringen. Ansonsten ist beim Einstechen zumindest darauf zu achten, die Düse nicht zu nah an das Material zu bringen und den Brenner leicht winklig zu halten, um unnötige Verschmutzung und Abnutzung der Düse zu vermeiden.

Ein guter Anhaltspunkt, ob die Einstellungen und die Schnittgeschwindigkeit passen, ist neben der Schnittfuge die Flugbahn der

entstehenden Funken. Bei optimaler Einstellung sollten diese leicht schräg nach unten unter dem Werkstück in einem Winkel von 5 bis 10 Grad austreten. Bewegt man den Brenner zu schnell oder ist der Strom zu gering, so wird der Austrittswinkel der Funken immer größer. Im Extremfall wird das Werkstück nicht komplett durchdrungen und viele Funken sprühen auf der Oberseite heraus.

Die neu gewonnenen Kenntnisse habe ich gleich in die Tat umgesetzt: den Bau einer Camping-Axt aus einem Rest 8mm-Flachmaterial S235 (St37). Die Außenkontur zeichnet man mit einem gut sichtbaren Stift an, besonders eignen sich weiße Lackstifte oder Speckkreide. Da der Baustahl relativ weich ist, habe ich die Schneide im WIG-Verfahren mit dem Schweißdraht *Weld Mold 958* aufgebracht. Beim Abkühlen an der Luft härtet dieser spezielle Zusatz ohne weitere Nachbehandlung auf etwa 55 Rockwell aus (fast schon Messer-Stahl) – optimal für eine Axt.

Im Nachhinein hätte ich zwei Dinge definitiv anders gemacht. Zum einen hätte „mehr üben“, besonders vor dem Schneiden von dem mit 8mm doch recht dicken Material, sicher nicht geschadet und vor allem jede Menge unnötiges Schleifen und Feilen erspart. Zum anderen sollte man bei einem derartigen Projekt nicht am Rohmaterial sparen, denn nach der ganzen Mühe wäre es schöner, wenn die Axt nicht rosten und ihre glänzende Oberfläche auch ohne viel Pflege behalten würde ...

Mit dem Plasmaschneider selbst bin ich sehr zufrieden – einziger Nachteil für Anfänger ist, dass der Brenner am Taster keinen Schutzbügel aufweist. Dies kann aber bei Un-



Beim Schneiden erkennt man weiß angezeichnete Linien besser als schwarze.

achtsamkeit aufgrund des sofort brennenden Pilotbogens sehr gefährlich sein. Der 230V-Anschluss, die Schneidleistung und vor allem die Portabilität des Plasmaschneiders lassen einen einfachen und flexiblen Einsatz des Geräts an jedem Ort zu, an dem Druckluft verfügbar ist, was ich besonders praktisch finde. —cm



Fertige Axt: Die Schneide wurde durch Auftragsschweißen erzeugt und auf einen Winkel von 30° geschliffen.

# Autofokus-Wabentisch für Lasercutter K40

Der mitgelieferte Arbeitstisch des China-Lasers K40 bringt mehr Frust als Nutzen, denn ohne Höhenverstellung kann man den Laserstrahl nicht auf die Materialoberfläche fokussieren. Aber das kann man ändern. Wie, erfahren Sie hier.

von Heinz Behling



**D**er simple, fest mit Abstandshaltern am welligen Bodenblech montierte Arbeitstisch, der serienmäßig im Lasercutter K40 sitzt, ist bestenfalls eine Notlösung und im Grunde nur zum Gravieren von dünnerem Material geeignet. Seine Oberfläche sitzt nämlich nur annähernd im Brennpunkt des Laserstrahls, also dort, wo die Energiedichte ihr Maximum hat, und kann nicht nachjustiert werden. Das führte bei meinen Lasercut-Projekten zu mancher nur halb geschnittenen Holz- oder Plexiglasplatte. Ein Fehler, der sich auch durch nochmaliges Nachschneiden (sofern man die Platte bei der Kontrolle nicht bewegt hat) nur schwer beheben ließ, denn die bereits vorhandenen halbgenen Schnittkanten verbrennen dabei leicht. Hier wünschte ich mir schon lange eine Höhenverstellung. Und am besten eine elektrische, die sich automatisch auf die Stärke des verwendeten Schnittmaterials einstellt, also mit Autofokus.

Oft ist der Boden des recht lieblos zusammen gedengelten Blechgehäuses des K40 auch noch schief, sodass auch der daran geschraubte Arbeitstisch entsprechend schräg sitzt und der Brennpunkt daher nur an einigen Stellen getroffen wird. Das führt dann dazu, dass auf einer Seite das Schnittmaterial komplett durchgeschnitten wurde, auf der anderen aber lediglich angeritzt. Mein neuer Arbeitstisch sollte daher an allen Stellen den selben Abstand zum Schneidekopf haben. Daher sollte der neue Tisch nicht am Boden, sondern am Alurahmen des XY-Antrieb befestigt werden, der immer den gleichen Abstand zum Laserkopf hat.

Hinzu kommt, dass die Auflagefläche des Originaltisches aus blankem Alublech besteht und den Laserstrahl nach oben reflektiert. Wenn dann mal eine Platte wirklich komplett durchgeschnitten wurde, hinterlässt der reflektierte Strahl auf der Unterseite hässliche Brandmale auf beiden Seiten des Schnitts. Das lässt sich nur mit einem Wabentisch ändern, bei dem das zu schneidende Material auf den schmalen Kanten eines Wabengitters ruht, die aufgrund der geringen Oberfläche kaum etwas vom Laserstrahl reflektieren können.

Und wenn ich schon anfangs, einen neuen Tisch zu bauen, sollte der natürlich auch eine möglichst große Arbeitsfläche bieten, also nicht nur die 20cm x 30cm, die vom Hersteller genannt werden.

## Fertiges aus Thingiverse

Faul, wie ich nun mal bin (ich meine natürlich: effizient), durchsuchte ich zunächst *Thingiverse* nach etwas passendem. Da gibt es einige motorisierte Tische, allesamt bewegen den Tisch mithilfe von Gewindestab, Schrittmotor und Zahnriemen auf und ab. Diejenigen, bei denen der Antriebsriemen unter dem Wabentisch durchläuft und somit vom Laser-

## Kurzinfo

- » Automatische Einstellung der Fokusebene
- » Maximierung der Arbeitsfläche
- » Steuerung durch Arduino oder Ruida-Controller

### Checkliste



#### Zeitaufwand:

2 Stunden (zzgl. 2 Tage 3D-Druckzeit)



#### Kosten:

110 Euro

### Werkzeug

- » 3D-Drucker
- » Metallsäge für Alu

### Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Modernisierung für den China-Laser, Make 1/21, S. 112
- » Heinz Behling, Laser für Leser, Make 3/18, S. 16
- » Heinz Behling, Abgasreinigungsanlage, Make 4/18, S. 120

↓ Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/x2tu](http://make-magazin.de/x2tu)

### Material

- » Wabentisch (350mm x 250mm)
- » 3 Trapezspindeln T8x2x2 100mm lang, 2mm Steigung, 8mm Durchmesser
- » 4 Trapezgewindemuttern T8x2x2 Messing
- » Schrittmotor Nema 17, Short Body, 17HS08-1004S
- » Zahnriemen geschlossen G2, 1360mm, 665 Zähne, 6mm breit
- » 10 Kugellager 608RS
- » 3 Zahnräder GT2-ZRR-16-05
- » 2 Führungsrollen FR-20-B5-6
- » 1m Aluprofil 20mm x 20mm
- » Mikroschalter MT01
- » Stepperdriver TB6600 (nur für Ruida-Controller)
- » Keystudio CNC V4 Stepperdriver-Shield (nur für Arduino-Version)
- » Arduino Nano (nur für Arduino-Version)
- » Stepperdriver 4988 (nur für Arduino-Version)
- » Wipptaster Mit Symbolaufdruck auf-ab (nur für Arduino-Version)
- » Taster (Niederspannung, nur für Arduino-Version)
- » ca. 300g Druckfilament PET-G (empfohlen) oder PLA

strahl erreichbar ist, schloss ich aus. Ich hatte keine Lust, mir immer wieder den Riemen durchzulassern.

Außerdem benutzen alle Projekte dort vier Lagerpunkte für den Tisch. Da in der unteren rechten Ecke des K40 jedoch der Schrittmotor für die Y-Achse sitzt, muss der Lagerpunkt entsprechend weit hinten sitzen. Das kostet etwa 5cm an Arbeitsraum.

Ich entschied mich daher für eine eigene Konstruktion, die statt vier nur drei Lagerpunkte (zwei hinten und einen vorne in der Mitte) benutzt. Damit kann der Wabentisch entsprechend größer ausfallen. Statt der bei den Thingiverse-Projekten üblichen 20cm x 30cm großen Wabentische konnte ich einen mit 25cm x 35cm unterbringen.

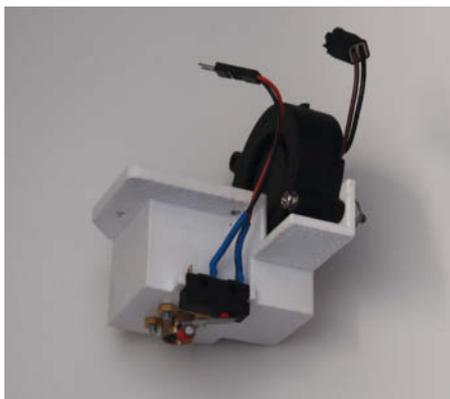
Alle Druckdateien sowie sonstige erforderliche Dateien stehen zum Download per Kurzinfo-Link zur Verfügung. Die Rahmentteile sind in 3D-Druck gefertigt, da sich diese Teile wegen ihrer Form nicht per Lasercut fertigen lassen. Sie sind außerdem so konstruiert, dass der Tisch einen möglichst großen vertikalen Bewegungsraum bekommt. Es sind etwa 30mm möglich, sodass man auch dickere Platten im K40 verwenden kann. Al-

lerdings dürften so dicke Platten wohl nur beim Gravieren infrage kommen.

## Mechanik zusammenbauen

Zunächst müssen Sie die 3D-Druck-Teile produzieren. Ich habe PET-G als Filament verwendet, mit 0,2mm Layerhöhe und 15% Füllung bei 1,6mm Wandstärke auf einem Creality Ender 3 gedruckt mit 50mm/s bei 240 Grad Düsen- und 75 Grad Druckbett-Temperatur. PLA ist aber auch möglich. Dann sollte aber wegen der geringeren Festigkeit mit mindestens 30% Füllung gedruckt werden. Während des Drucks (über 20 Stunden) können Sie die Aluprofile zuschneiden: Sie brauchen ein Stück mit 275mm Länge und je zwei mit jeweils 205mm und 111mm Länge. Achten Sie darauf, gerade zu sägen und entgraten Sie die Schnittstellen.

Beginnen wir mit dem Endstopp-Schalter. Er sitzt an einer Halterung für den Laserkopf und besitzt gleichzeitig eine Aufnahme für einen Radiallüfter, der als Airassist-System dient. Der Schalter wird am 3D-Druckteil nur eingeklipst. Als Auslassöffnung für den Laserstrahl wird eine Trapezgewindemutter eingelegt und mit vier M3-Schrauben und Mut-



1 Der Endstoppschalter sitzt an einem 3D-Druckteil für den Laserkopf. Oben der Lüfter fürs Airassist.



2 Positionieren Sie das Zahnrad so, dass die Spindel 4mm aus dem linken Kugellager herausragt.



3 In die hinteren Eckstücke müssen die Kugellager hineingedrückt werden, bis sie am Anschlag anliegen.

tern befestigt. Diese Mutter schützt das Kunststoffteil vor der Hitze beim Lasercutten. Außerdem wirkt sie als Düse für das Airassist. Etwas Ähnliches habe ich bereits im Artikel „Laser für Leser“ (siehe Kurzinfor) beschrieben 1. Die Kabel habe ich über eine Kabelkette geführt und bis ins Elektronikfach geleitet.

Befestigen Sie den Schalterhalter mit zwei M3-Schrauben und Muttern von der Unterseite. In Bild 7 sehen Sie, wie der Halter sitzen muss.

Noch ein Tipp zum Airassist: Ich habe mehrere der auf dem Markt angebotenen 12V-Radiallüfter getestet. Alle liefen problemlos auch mit 24V über mehrere Stunden hinweg. Die Förderleistung ist aber erheblich größer. Seitdem versorge ich den Lüfter direkt vom 24V-Anschluss des Netzteils.

Auf jeder der drei Trapezspindeln muss je ein Zahnrad geschraubt werden. Stecken Sie das Zahnrad auf die Spindel. Unter den Bereich mit den beiden Schrauben stecken Sie noch ein Kugellager auf. Die Spindel muss 4mm aus dem Kugellager herausragen. Schrauben Sie in dieser Stellung das Zahnrad fest 2.

Ich verwende hier Spindeln mit 2mm Steigung, das heißt, pro Umdrehung bewegt sich die Mutter auf dem Gewinde um 2mm. Geläufiger sind Spindeln mit 8mm Steigung, wie sie in 3D-Druckern benutzt werden. Dann aber ist die Übersetzung vom Motor zum Tischhub so ungünstig, dass die Kraft des Motors nicht ausreicht.

Nach dem Druck müssen Sie in die beiden hinteren Eckstücke und in das Mittelstück je ein Kugellager einsetzen. Am besten geht das

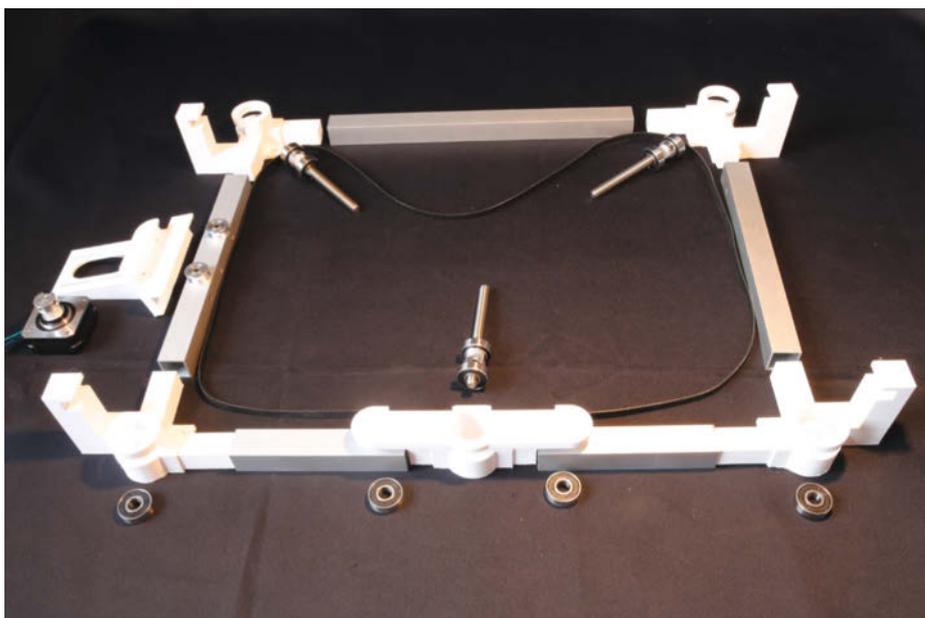
mithilfe der Spindeln. Stecken Sie sie mit dem Kugellager nach unten in die Öffnung des jeweiligen Eck- beziehungsweise Mittelstücks und drücken Sie das Kugellager so möglichst weit nach unten. Im unteren Teil der Kunststoffteile ist ein 5mm breiter Anschlag eingearbeitet 3.

Daher lässt sich das Lager nicht ganz bis zum Boden eindrücken. Sollte das Lager so nicht ganz bis zum Anschlag eingedrückt werden können, helfen kleine Hammerschläge auf das Ende der Trapezspindel. Dabei nicht das Gewinde beschädigen. Kontrollieren Sie danach, dass die Spindel nicht nach unten über das Plastikteil herausragt, wenn das Zahnrad auf dem Kugellager aufliegt. Falls Ja, müssen Sie die Position des Zahnrads neu einstellen. Auch im Mittelstück muss das Kugellager am Anschlag anliegen.

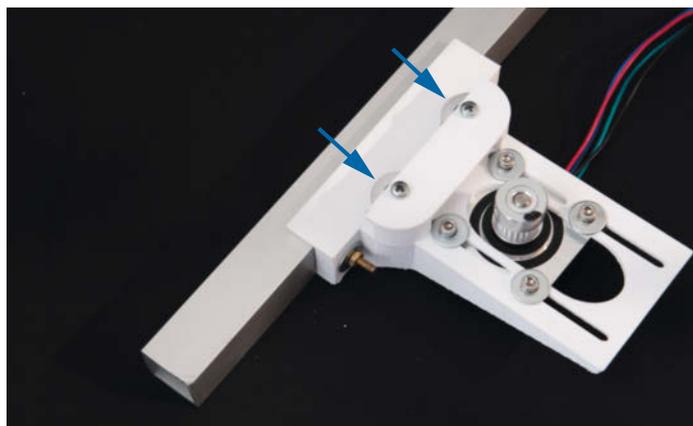
In die vorderen Eckstücke sowie auf den beiden äußeren Zapfen des Mittelstücks werden die Kugellager nur aufgesteckt. Sie sollten ganz leicht passen.

Bauen Sie den Tisch zunächst einmal zur Kontrolle der Passgenauigkeit außerhalb des Lasercutters entsprechend dem Lageplan 4 zusammen. Die Zapfen der 3D-Druckteile müssen zwar möglichst spielfrei, aber ohne großen Kraftaufwand in die Aluprofile passen. Klemmt da etwas, bringen Sie mit etwas Schmirgelpapier die Kunststoffzapfen auf Passform. Das ist wichtig, denn später müssen Sie den Rahmen im Lasercutter aus den Einzelteilen zusammenstecken. Da es dort sehr eng zugeht, ist ein möglichst geringer Kraftaufwand wichtig.

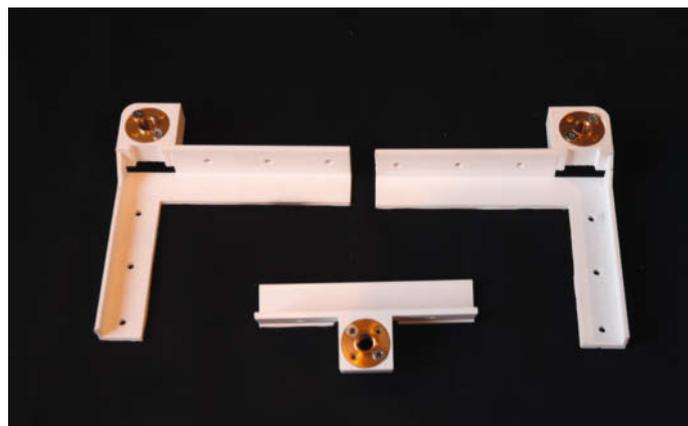
In eines der beiden 205mm langen Aluprofil-Stücke müssen Sie Löcher für den Motorhalter bohren. Der Halter sollte in etwa in der Mitte des Profils liegen. Anzeichnen können Sie die Bohrstellen mit Hilfe des Halters. Bohren Sie 4mm-Löcher komplett durch das Profil und entgraten Sie die Bohrungen. Zum Befestigen des Halters verwenden Sie M3-Schrauben mit mindestens 45mm Länge und



4 Der Lageplan für die Teile des Tischrahmens



5 Motorhalter mit den beiden Führungsrollen.



6 So müssen die Trapezmuttern in die Tischhalter eingesetzt werden.

passenden Muttern. Legen Sie auf beiden Seiten Scheiben unter.

Den Schrittmotor mit angeschraubtem Zahnrad können Sie ebenfalls bereits anschrauben. Hier sind M3 × 10 Schrauben mit passenden Unterlegscheiben erforderlich. Die Schrauben dürfen Sie aber noch nicht festziehen. Der Motor muss zum späteren Spannen des Zahnriemens noch verschiebbar sein. Außerdem müssen Sie die beiden

Führungsrollen einsetzen. Sie werden mit M3 × 25 Schrauben und Muttern von der Unterseite befestigt. Die Schrauben nur so weit anziehen, dass sich die Rollen noch ganz leicht drehen lassen 5.

Schließlich befestigen Sie noch die Spindelmuttern an den drei Haltern für den Wabentisch. Um hier ein paar Millimeter Bauhöhe zu sparen (die würden die Hubhöhe des Tisches verringern), werden die M3 × 10 Schrauben

ohne Muttern verwendet und direkt in den Kunststoff eingedreht. Das erfordert ein wenig Kraft. Die Schrauben (zwei reichen aus) schneiden sich in die etwas zu klein gehaltenen Bohrungen das Gewinde selbst 6.

Wenn alles zusammenpasst und die Vorarbeiten abgeschlossen sind, bauen Sie den Rahmen wieder auseinander. Jetzt geht es an den Lasercutter. Falls noch nicht geschehen, bauen Sie den alten Arbeitstisch aus. Er

betterCode()  
präsentiert

# API 2021

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

22. April 2021 | DAS BIETET DIE ONLINE-KONFERENZ:

- | Was ist fachliches API-Design?
- | Wie automatisiere ich mit APIOps?
- | Wann brauche ich Cloud-native API-Gateways?
- | Was kann ich für die Sicherheit von APIs tun?
- | Wie sieht gutes API-Management aus?

Jetzt  
Tickets  
sichern!



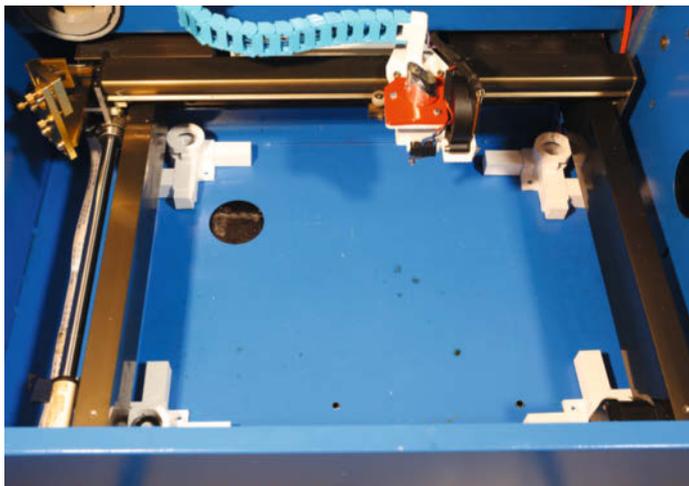
@ heise Developer



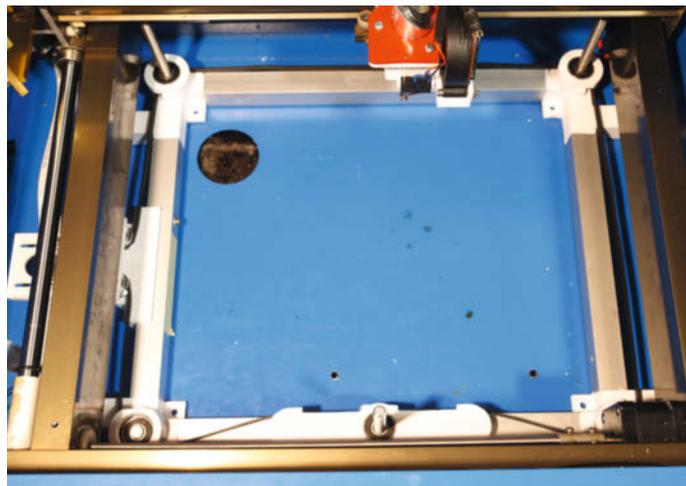
dpunkt.verlag

+++ 1-Tages-Workshops zu gRPC (19. April), Consumer Driven Contracts (23. April) und Keycloak (2. Juni) +++

api.bettercode.eu



7 Die Eckstücke so positionieren, dann greifen sie seitlich in die Aluschienen des XY-Tisches ein.



9 Der Rahmen mit Spindeln, Lagern und Zahnriemen muss rechtwinklig ausgerichtet sein, damit später nichts klemmt.



8 Beim Mittelstück die Kugellager und Riemen vor dem Zusammenbau einsetzen.

fern Sie auch die schmale quer liegende Abdeckung an der vorderen Kante des XY-Rahmens.

Beginnen Sie mit den vier Eckstücken des Tisches. Die beiden rechten Ecken müssen Sie vorsichtig schräg unter dem XY-Rahmen des Cutters hindurchführen 7.

Dann bauen Sie die Aluprofile und das Mittelstück vorn ein. Vergessen Sie nicht die beiden Kugellager am Mittelstück (die dienen als Riemenführung) und setzen Sie dort auch den Zahnriemen bereits ein. Das geht später nicht mehr 8.

Legen Sie, falls noch nicht geschehen, die Kugellager in die beiden vorderen Eckstücke ein. Die dienen nur als Umlenkrollen und sitzen sehr locker. Führen Sie den Zahnriemen um die vier Eckstücke herum. Fädeln Sie ihn auch zwischen die beiden Umlenkrollen im Motorhalter hindurch und um das Zahnrad auf der Motorwelle. Stecken Sie dann die drei Gewindespindeln ein und setzen Sie jeweils

noch ein Kugellager darauf. Diese Lager müssen Sie so in die Kunststoffteile eindrücken, dass sie oben bündig abschließen 9.

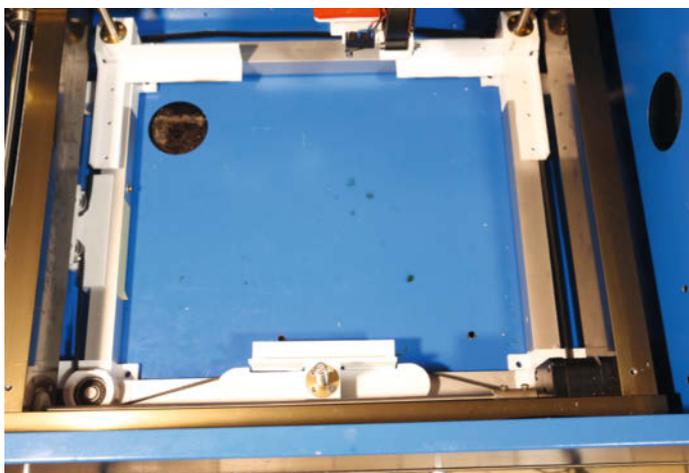
Bevor Sie den Zahnriemen spannen, setzen Sie die drei Wabentischhalter auf die Spindeln. Solange der Riemen noch nicht gespannt ist, können Sie die Spindeln nämlich noch von Hand drehen. Schrauben Sie die Halter ganz nach unten, bis sie auf dem oberen Kugellager der Spindel aufliegen. Beim vorderen Lager müssen Sie dabei den Halter genau parallel zum Rahmen ausrichten, sonst lässt er sich nicht ganz nach unten schrauben 10.

Legen Sie dann noch den Wabentisch ein 11.

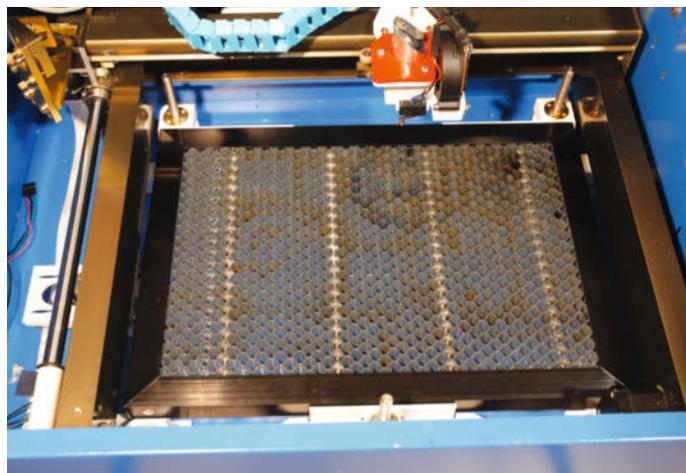
## Elektronik

Für die Steuerelektronik gibt es zwei Varianten: Benutzen Sie das Original-Mainboard des K40, ist ein Arduino und ein Stepperdriver vom Typ A4988 erforderlich. Um eine aufwändige Ver-

ist von unten ans Gehäuse geschraubt. Nachdem der Tisch entfernt ist, empfiehlt sich eine Reinigung des Schnittfachs mit dem Staubsauger, denn dort sammeln sich meist viele kleine Schnittabfälle an, die beim Einbau des neuen Tisches stören würden. Ent-



10 Die Halter müssen ganz herunter geschraubt werden, sonst steht der Tisch später schief.



11 Der Tisch ist komplett eingebaut und der Endschalterhalter mit Airassist sind komplett eingebaut.

**NEU**  
im heise shop

# Unterwegs in Deutschlands schönsten Ecken!



**Auch als PDF zum Download!**

## c't Fotografie FOTOTOUREN

Für fantastische Fotoausflüge muss man nicht in die Ferne schweifen. c't Fotografie führt Sie auf Exkursionen durch kleine und große Städte sowie malerische, heimische Landschaften quer durch die drei Republiken.

[shop.heise.de/fototouren21](http://shop.heise.de/fototouren21)

12,90 €

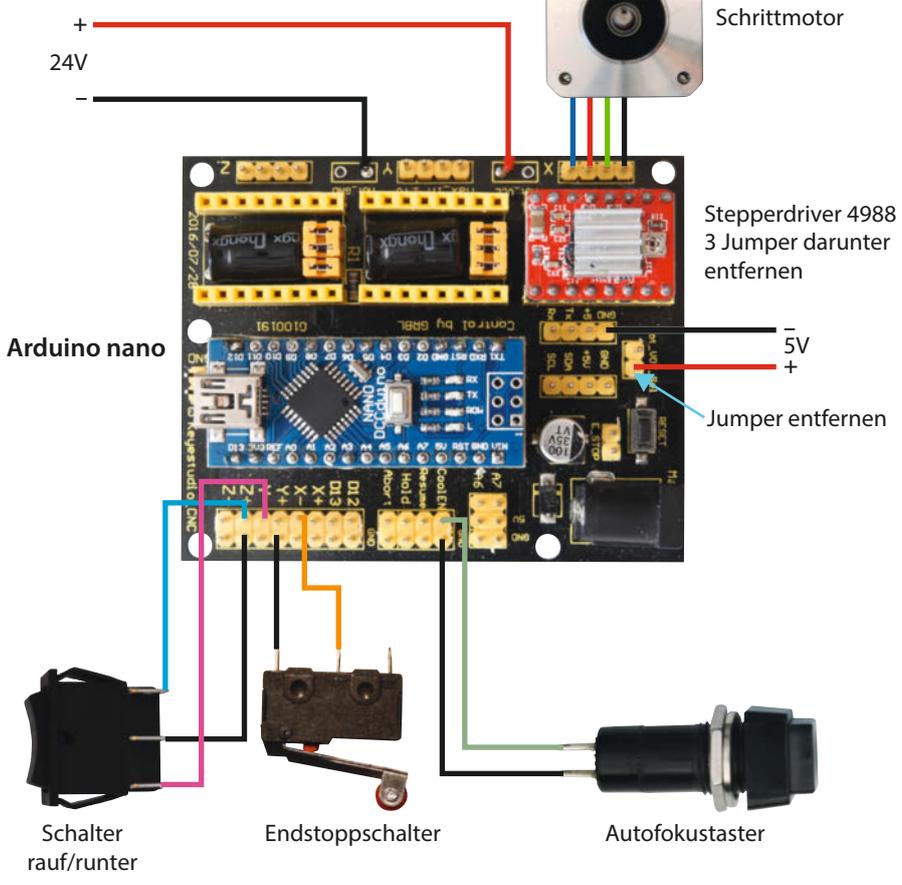
➤ Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 €. Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

heise shop

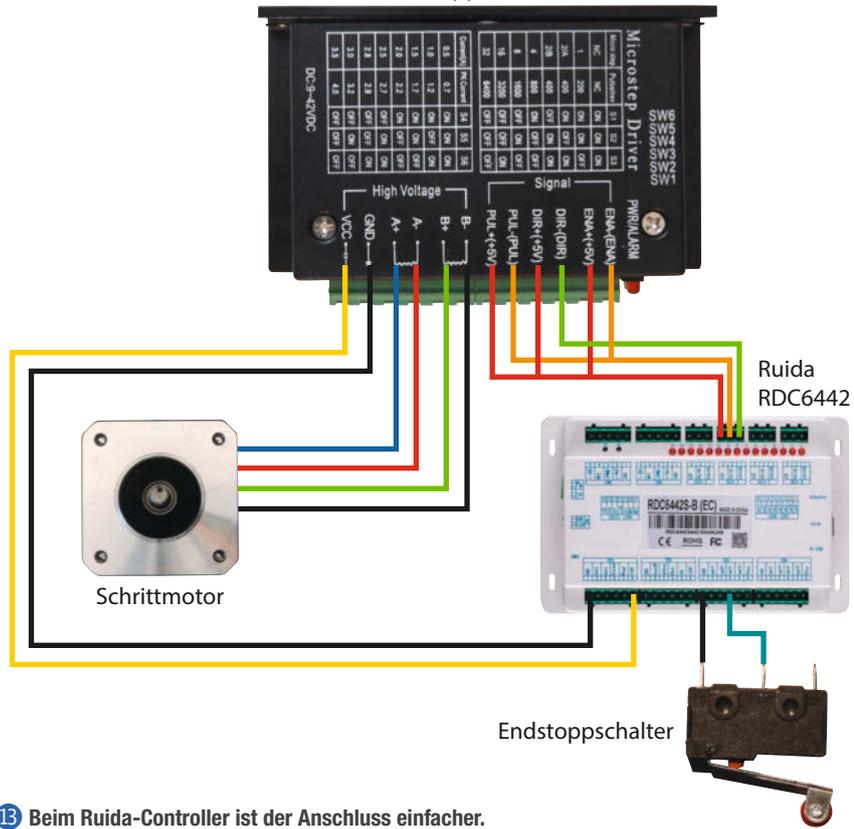
[shop.heise.de/fototouren21](http://shop.heise.de/fototouren21)



12



### Stepperdriver



13 Beim Ruida-Controller ist der Anschluss einfacher.

drahtung zu vermeiden, habe ich beides auf einem CNC-Shield von *Keyestudio* gesetzt. Den Anschlussplan finden Sie in Bild 12.

Haben Sie wie im vorigen Heft beschrieben einen Ruida-Controller in den K40 eingebaut, müssen Sie den Plan 13 benutzen.

In beiden Fällen müssen Sie die Kabel vom Schrittmotor zur Elektronik entsprechend verlängern.

## Software

Beim Arduino brauchen Sie natürlich noch ein entsprechendes Programm 14. Es bewirkt, dass der Tisch beim Einschalten des

Lasercutters zunächst nach oben bis zum Betätigen des Endstopp-Schalters fährt. Dann fährt er wieder so weit herunter, bis sich die Oberfläche des Wabentisches in der Fokusebene der Laserlinse befindet (serienmäßige Brennweite 50,8mm). Dieser Abstand lässt sich mit der Variablen `F_EBENE` anpassen, falls es bei Ihrem Gerät mit der Fokusebene nicht klappt.

Nach dem Reset können Sie den Tisch mit dem Wippenschalter manuell auf- und abwärts bewegen. Es ist aber auch ein Autofokus möglich: Dazu muss das zu schneidende Material unter dem Endstoppschalter auf dem Wabentisch liegen und der Autofo-

kus-Taster gedrückt werden. Der Tisch fährt dann wieder nach oben bis zum Endstopp und anschließend wieder herunter. Die Oberfläche des Schnittmaterials liegt dann in der Fokusebene.

Beim Ruida-Controller ist zunächst die Installation einer erweiterten Konfigurationsdatei erforderlich (Beschreibung siehe Make 1/21), die den zusätzlichen Schrittmotor in Betrieb nimmt.

Danach fährt der Tisch bei einem Reset ebenfalls zunächst nach oben bis zum Endstopp und dann herunter bis zur Fokusebene. Möchten Sie den Tisch dann manuell einstellen, tippen Sie am Bedienfeld auf *Z/U*. Mit den Pfeiltasten *links* und *rechts* kann dann der Tisch positioniert werden. Mit *ESC* gelangen Sie dann zurück ins Hauptmenü des Cutters.

Zum Autofokus legen Sie das Material auf den Wabentisch und tippen auf *Z/U*. Mit der Pfeiltaste nach *oben* setzen Sie dann den Cursor auf *Autofocus* und tippen auf *Enter*. Der Tisch fährt zum Endstopp und abwärts in die neue Fokusebene.

## Vor Befestigen testen!

Probieren Sie den Tisch aus. Falls es dabei Probleme gibt, liegt das meist an einem falschen Anschluss des Schrittmotors. Leider sind die Farben der Anschlussleitungen nicht genormt. Bewegt er sich in die falsche Richtung, müssen Sie die beiden Leitungen einer seiner Spulen tauschen. Kommt als Bewegung hingegen nur eine Art Zittern zustande, dann liegt am Stepperdriver am Anschluss für eine Spule je ein Anschluss beider Spulen an. Messen Sie dann am besten mit einem Ohmmeter die Schrittmotoranschlüsse durch und finden Sie so die zusammengehörenden heraus.

Wenn Ihr Tisch eventuell bei der Bewegung klemmt, ist der Rahmen verkantet und die Aluprofile bilden in den Ecken keinen 90-Grad-Winkel. Korrigieren Sie das, bis alles reibungslos arbeitet. Erst dann sollten Sie den Rahmen festschrauben. Dazu haben die vier Eckteile eine entsprechende Bohrung. Zeichnen Sie die Stellen am Bodenblech an und bohren Sie die Löcher. Beim Festschrauben ist es wichtig, dass der Tisch nur gegen Verschieben gesichert, aber nicht nach unten gedrückt wird. Er hängt ja am Aluprofil des XY-Tisches und würde dann brechen. Daher sollten Sie ein geeignetes Material (Pappe oder Filz) zwischen der Unterseite der 3D-Druckteile und dem Bodenblech legen, um vertikales Spiel zu beseitigen. Meiner Erfahrung nach kann man den Tisch aber auch mit 2K-Kleber befestigen. Es geht ja nur darum, ein Verschieben des Tisches zu verhindern. Die Höhe wird durch die seitlich in den XY-Rahmen eingreifenden Eckstücke festgelegt. Durchs Kleben wird aber ein eventueller späterer Ausbau schwieriger. —hgb

### 14 K40\_Tisch.ino

```
#define EN      8      // Schrittmotor-Treiber einschalten
#define X_DIR   5      // Richtungs-Pin Z-Achse
#define X_STP   2      // Schritt-Pin Z-Achse
#define X_UP    10     // Pin Schalter rauf
#define X_DOWN  11     // Pin Schalter runter
#define FOCUS   12     // Pin Taster Autofocus
#define ENDSTOPP 9     // Pin oberer Tischanschlag
#define F_EBENE 21     // Abstand Endschalter Fokusebene (mm)
void step(boolean dir, byte dirPin, byte stepperPin, int steps)
{
    digitalWrite(dirPin, dir);
    delay(50);
    for (int i = 0; i < steps; i++) {
        digitalWrite(stepperPin, HIGH);
        delayMicroseconds(800);
        digitalWrite(stepperPin, LOW);
        delayMicroseconds(800);
    }
}
void reset(boolean dir, byte dirPin, byte stepperPin, byte stopPin)
{
    while(digitalRead(stopPin) == true) {
        step(false, dirPin, stepperPin, 10);
    }
    Serial.println("Endstopp erreicht");
}
void setup(){
    pinMode(X_DIR, OUTPUT); pinMode(X_STP, OUTPUT);
    pinMode(EN, OUTPUT);
    digitalWrite(EN, LOW);
    pinMode(X_UP, INPUT_PULLUP);
    pinMode(X_DOWN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(FOCUS, INPUT_PULLUP);
    pinMode(ENDSTOPP, INPUT_PULLUP);
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Tisch Reset");
    reset(false, X_DIR, X_STP, ENDSTOPP);
    step(true, X_DIR, X_STP, F_EBENE*100);
    Serial.println("Tisch in Leer-Fokusebene");
}
void loop(){
    if (digitalRead(X_DOWN) == false) {
        Serial.println("Tisch runter");
        step(true, X_DIR, X_STP, 10);
    }
    if (digitalRead(X_UP) == false) {
        Serial.println("Tisch rauf");
        step(false, X_DIR, X_STP, 10);
    }
    if (digitalRead(FOCUS) == false) {
        Serial.println("Autofokus angefordert");
        reset(false, X_DIR, X_STP, ENDSTOPP);
        step(true, X_DIR, X_STP, F_EBENE*100);
        Serial.println("Tisch im Autofokus");
    }
}
```



**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.**

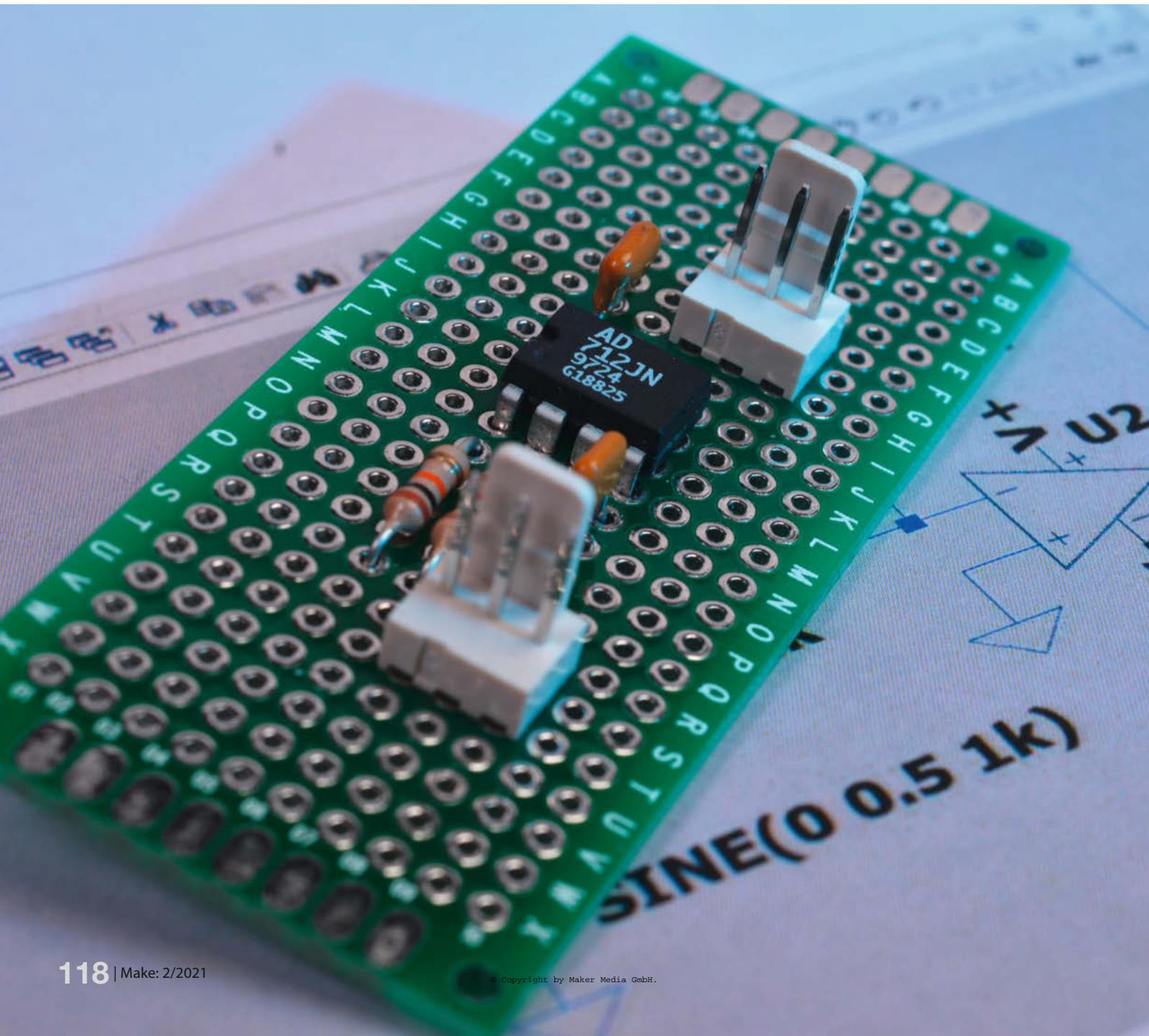
© Copyright by Maker Media GmbH.



# Simulieren statt Lötten - mit LTspice

Der Lochraster-Schaltungsaufbau funktioniert nach dem x-ten Versuch mit verschiedenen Dimensionierungen immer noch nicht und gleicht inzwischen einem abstrakten Kunstwerk? Eine material- und nervenschonende Alternative ist die Schaltungssimulation. Die ist nicht Entwickler-Profis vorbehalten: Das Simulationsprogramm LTspice ist kostenlos und der Umgang damit leicht zu erlernen.

von Andreas Gräber



**P**rofi-Schaltungsentwickler arbeiten selbstverständlich mit Simulationsprogrammen und sparen dadurch Zeit und Geld. Für Maker ist das auch möglich, sie können sich das vom (ehemaligen, inzwischen von *Analog Devices* übernommenen) Halbleiterhersteller *Linear Technology* entwickelte Simulationsprogramm *LTspice* kostenlos herunterladen. LTspice basiert auf dem bereits 1965 an der Universität Berkeley in Kalifornien entwickelten „Ursimulator“ SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*). Das Programm arbeitet befehlenszeilenorientiert und verfügt über keine komfortable Bedienoberfläche, ist aber als Public-Domain-Software quelloffen und kostenlos erhältlich. Im Laufe der Zeit haben verschiedene Firmen SPICE mit einer Bedienoberfläche versehen – mit dem bekanntesten Derivat LTspice, das Ende der neunziger Jahre entwickelt wurde und zunächst unter dem Namen *SwitcherCAD* vornehmlich der Entwicklung von Schaltnetzteilen diene.

An der grafisch orientierten Bedienoberfläche hat sich seit damals kaum etwas geändert – vieles mag etwas altbacken wirken, aber nach kurzer Einarbeitung kommt man mit dem Konzept gut zurecht. Der Autor dieses Artikels möchte den noch nicht mit Schaltungssimulatoren vertrauten Lesern einen möglichst leichten Einstieg in LTspice ermöglichen, aber gleichzeitig den Umfang dieses Crashkurses klein halten. Beim Leser werden neben den üblichen PC-Kenntnissen einige Grundkenntnisse der Schaltungstechnik vorausgesetzt. Letzteres kann für die Interpretation der Simulationsergebnisse von Vorteil sein.

Mit Hilfe von LTspice können lineare und nichtlineare, analoge und digitale Schaltungen simuliert werden. Dabei kann man verschiedene Analysearten wählen. Die umfassendste Analyseart ist die Transientenanalyse, bei der alle Spannungen und Ströme der zu untersuchenden Schaltung ermittelt und als Funktion der Zeit dargestellt werden können.

Wir wollen uns in diesem Artikel auf diese Analyseart beschränken. Daneben gibt es noch weitere Analysearten, z.B. die Kleinsignal- oder die Arbeitspunktanalyse. Diese spezielleren Analysearten haben gegenüber der Transientenanalyse den Vorteil, dass man Rechenzeit spart. Dafür nimmt man aber Beschränkungen in Kauf: Bei der Kleinsignal- oder Wechselstromanalyse werden beispielsweise Signale mit geringem Pegel vorausgesetzt, dadurch können eigentlich nichtlineare Kennlinien durch linearisierte Abschnitte vereinfacht werden.

### Installation

Die Installation von LTspice ist wirklich einfach. Der Autor hat dazu die Downloadseite des

### Kurzinfo

- » Schaltungen eingeben und simulieren
- » Die virtuelle Messspitze
- » Verschiedene Simulationsarten und ihre Stärken

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
2 Stunden



**Kosten:**  
keine



**Elektronik:**  
Schaltungs-Grundkenntnisse

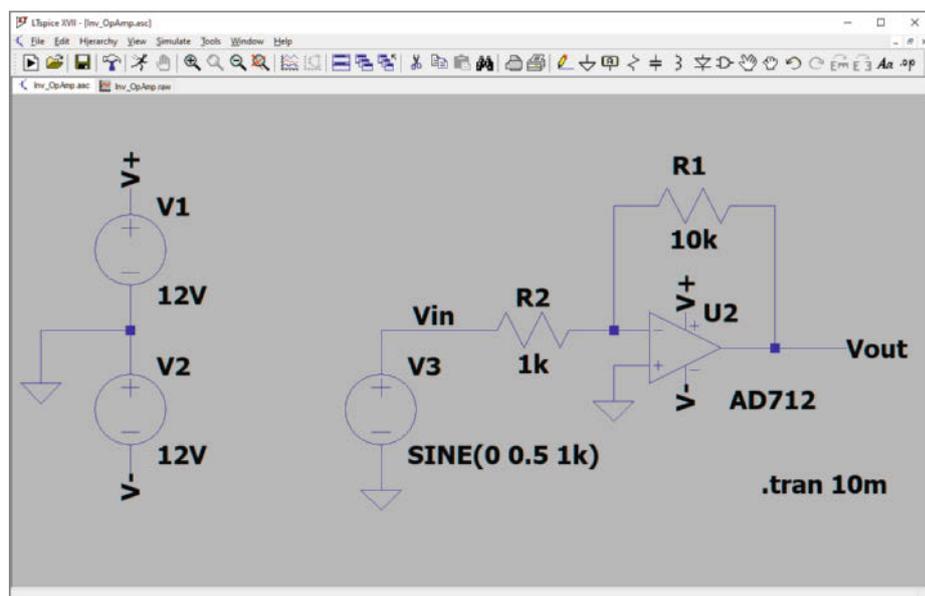
Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xymj](http://make-magazin.de/xymj)

Heise-Verlages benutzt (siehe Link im Info-Kasten). Wenn man dann den üblichen Downloadanweisungen folgt, kann eigentlich nichts schiefgehen. Der Installationsprozess endet mit der Erstellung eines Desktop-Icons. Ein Doppelklick startet das Programm mit einer leeren Arbeitsfläche im Windows-3.1-Stil.

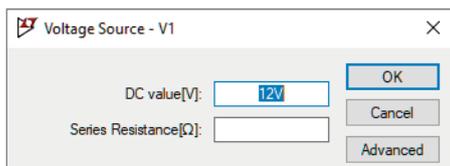
Mit dem Menü *File/New Schematic* öffnet man den Schaltplan-Editor. Es besteht aus einer Zeichenfläche, die an der oberen Seite mit einer Menü- und einer Symbolleiste abgeschlossen ist. Wir wollen als Beispiel die im Bild 1 dargestellte Schaltung aufbauen. Dabei handelt es sich um eine einfache Schaltung mit dem OpAmp AD712. Die Ausgangsspannung ist proportional zur Eingangsspannung, es handelt sich schlicht um einen invertierenden 10-fach-Verstärker.

### Schaltplan eingeben

Die Bedienung ist eher eigenwillig: Man muss immer zuerst die gewünschte Aktion auswählen (etwa „Bauteil platzieren“, „kopieren“ oder „verschieben“) und darf dann etwas tun – es gibt keinen Standard-Auswahl-Cursor. Möglicherweise finden Benutzer des Platinenlayout-Programms *EAGLE* das sogar eingängig, alle anderen dürfen sich vom heute üblichen Arbeitsablauf „erst anklicken, dann Aktion wählen“ kurz verabschieden: So muss man zum Kopieren eines Bauteils *zuerst* auf das Duplizieren-Symbol klicken (oder Strg-C drücken) und kann das *danach* angeklickte Bauteil (oder durch Aufziehen eines Auswahl-Rechtecks eine ganze Baugruppe) duplizieren. Mit der Escape-Taste verlässt man den gewählten



1 Schaltungseingabe unseres Beispiel-Verstärkers (LTspice verwendet grundsätzlich nur amerikanische Symbole)



2 Über einen Rechtsklick auf die Spannungsquelle kann man die Spannung einstellen.

Modus wieder, die Maus verschiebt dann nur noch das Arbeitsblatt.

Das Scroll-Rad dient zum Zoomen, während man die Bauteileparameter (zum Beispiel den Widerstandswert) mit einem Rechtsklick auf das Bauteil eingeben kann. Verbindungen (die „Drähte“) zieht man mit dem Zeichenstift. LTspice zieht orthogonale Linien, eine Richtungsänderung (Eckpunkt) erreicht man mit einem Mausklick links. Wichtig für Layout-erfahrene Leser: Solange man eine Verbindung nicht mit einem Label versehen hat, arbeitet LTspice im Unterschied zu den meisten Layoutprogrammen nicht netzorientiert, sondern berücksichtigt ausschließlich die im Plan sichtbaren Verbindungen. Davon ausgenommen ist der *Ground*-Pegel (Masse-Symbol, nach unten weisendes Dreieck), der überall den Masse-Bezugspegel repräsentiert.

Zur Eingabe des Schaltplans holt man sich praktischerweise zunächst alle benötigten Bauelemente auf die Zeichenfläche 1. Bei den Standard-Bauteilen und dem *Ground*-Symbol geschieht das folgendermaßen: Mit der

linken Maustaste wird das entsprechende Symbol auf der oberen Symbolleiste angeklickt und auf die gewünschte Position auf der Zeichenfläche gezogen. Über das erneute Klicken der linken Maustaste kann die Aktion wiederholt werden, und über die Escape-Taste oder einen Klick auf die rechte Maustaste wird die Aktion beendet.

### Umgekehrt effizient

Dieses Verfahren kann sinngemäß auf alle anderen (über Symbole steuerbaren) Aktionen angewendet werden. Jedes auf die Zeichenfläche bugsierte Bauelement (außer dem *Ground*-Symbol) erhält eine vorgegebene Bezeichnung und einen Platzhalter für die Eingabe des Wertes. Wenn man mit der rechten Maustaste auf diese Elemente klickt, öffnet sich ein Fenster und man kann die Bezeichnungen oder Werte ändern.

Man verschiebt Bauteile oder ganze Schaltungsteile mit der *Move*- und der *Drag*-Funktion (Hand- und Faust-Symbol in der Menüleiste). Der Unterschied: Während *Move* (offene Hand) einzelne Bauteile den Verbindungen „entreisßt“, lässt *Drag* (Faust) die Verbindungen bestehen und zieht sie wie ein Gummiband mit. Unschöne schräge Verbindungslinien lassen sich dann mit einem *Drag*-Klick auf die Linie begradigen. Um ein Bauteil (oder ganze Schaltungsteile) schrittweise um 90° zu drehen, wählt man *Move* oder *Drag*, klickt das Bauteil an (oder zieht ein Auswahl-Rechteck damit auf) und drückt dann Strg-R.

Ein Element auf der Zeichenfläche (Bauteil oder Verbindung) kann natürlich auch entfernt werden. Dazu dient das *Cut*-Symbol (Schere), das auch aktiv wird, wenn man die Delete-Taste drückt. Auch hier gilt wieder die Vorgehensweise „erst Aktion wählen, dann anklicken“. Aktionen lassen sich jederzeit rückgängig machen - allerdings nicht mit der üblichen Tastenkombination Strg-Z, sondern mit der Funktionstaste F9.

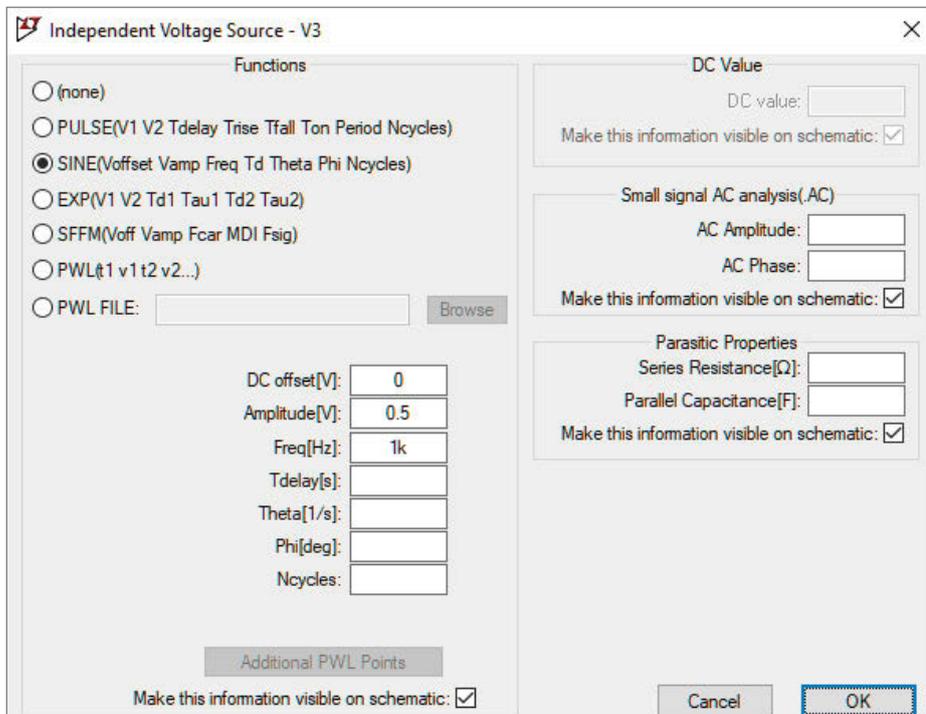
Nun holt man die Spannungsquellen auf die Zeichenfläche: Component-Symbol anklicken und ein Fenster öffnet sich, in dessen unterem Abschnitt die (englischen) Abkürzungen aller in LTspice verfügbaren Elemente alphabetisch aufgelistet sind. Dort ist u.a. *voltage* zu finden. Nach einem Klick auf dieses Kürzel erscheint das entsprechende Symbol mit einer kurzen Beschreibung im oberen Teil des Fensters. Nach dem Schließen des Fensters taucht das Symbol auf der Zeichenfläche auf.

Nun kann man zunächst, wie oben schon beschrieben, die Bezeichnungen und Spannungswerte der für die Versorgung des Operationsverstärkers zuständigen Quellen einstellen 2. Die Spannungsquelle *Vin* verlangt allerdings eine spezielle Behandlung. *Vin* soll ja keine Gleichspannungsquelle darstellen, sie soll als Signalquelle dienen und eine sinus- oder impulsförmige Spannung liefern 3.

### Bauteilevorrat

Zum Schluss muss noch der Operationsverstärker auf die Zeichenfläche geholt werden. Dabei geht man analog wie beim Aufrufen der Spannungsquellen vor. Im Component-Fenster findet man *[Opamps]*. Die eckigen Klammern deuten an, dass es sich um eine Elementengruppe handelt. Nach einem Doppelklick auf *[Opamps]* erhält man eine Liste aller in LTspice verfügbaren Operationsverstärker-Typen 4. Wir können nun den AD712 auswählen, nach dem Schließen des Fensters gelangt das entsprechende Symbol auf die Zeichenfläche. Falls man die Abkürzungen bzw. Typenbezeichnungen für aufzurufende Bauelemente kennt, können diese auch direkt in das Suchfeld in der Mitte des Component-Fensters eingetragen werden. Ansonsten sind die Bauteile in einer Ordner-Struktur sortiert, ein Klick auf das Ordner-Symbol im Bauteile-Fenster wechselt wieder zur übergeordneten Ebene.

Die verfügbaren Bauteile orientieren sich erwartungsgemäß am Lieferprogramm von Analog Devices, daneben gibt es auch einen generischen Operationsverstärker mit „idealen“ Daten. Er benötigt keine Versorgungsspannung und liefert bei falscher Verdrahtung ohne Weiteres Ausgangsspannungen im Kilovolt-Bereich. Zum Glück ohne Folgen für die simulierte Schaltung, denn durchbrennende Bauteile riecht man hier nicht. Falls das zu verwendende Bauteil nicht in der Liste zu finden



3 Der Advanced-Button führt zu einer etwas komplexeren Parametrierung, hier für die Sinus-Eingangsspannung.

ist, wählt man halt einen ähnlichen Typ - der AD712 ersetzt (bei etwas besseren Daten) zum Beispiel die Allerwelts-Typen LF412 und TL072/TL082.

Glücklicherweise werden im Bauteile-Auswahldialog auch gleich die grundlegenden Eigenschaften des Bauteils angezeigt. Der sparsame Maker wird *Low-Cost*-Bauteile bevorzugen, weitere wichtige Eigenschaften sind *High Speed*, *Precision*, *Rail-to-Rail* und alles, was mit *FET* zu tun hat (weist auf hochohmige Eingänge hin). Das Durchforsten nach ungefähr gleicher Charakteristik mag umständlich erscheinen, ist aber für den Anfänger leichter zu bewerkstelligen, als ein neues SPICE-Modell anzulegen.

Zum Schluss sollten wir noch den Ein- und Ausgang der Schaltung mit Labels kennzeichnen; das erleichtert in der späteren Simulation auch die Identifikation der Signale. Dazu klickt man das *Label*-Symbol an. In dem sich öffnenden Fenster wird nun der gewünschte Label-Text eingetragen. Nach dem OK setzt man das Label auf die gewünschte Verbindung.

Mit Hilfe von gleichnamigen Labels können auch „unsichtbare“ Verbindungen definiert werden (das sind die „Netze“ in Layout-Programmen); damit kann man das Schaltbild übersichtlich halten. In unserem Schaltbild sind beispielsweise die Spannungsquellen zur Versorgung des Operationsverstärkers und die entsprechenden Anschlüsse am Operationsverstärker mit den Labels *V+* und *V-* gekennzeichnet. Damit werden die Verbindungen zwischen den Quellen und dem Operationsverstärker hergestellt, ohne dass mehrere „Drähte“ quer durch das Schaltbild laufen müssen.

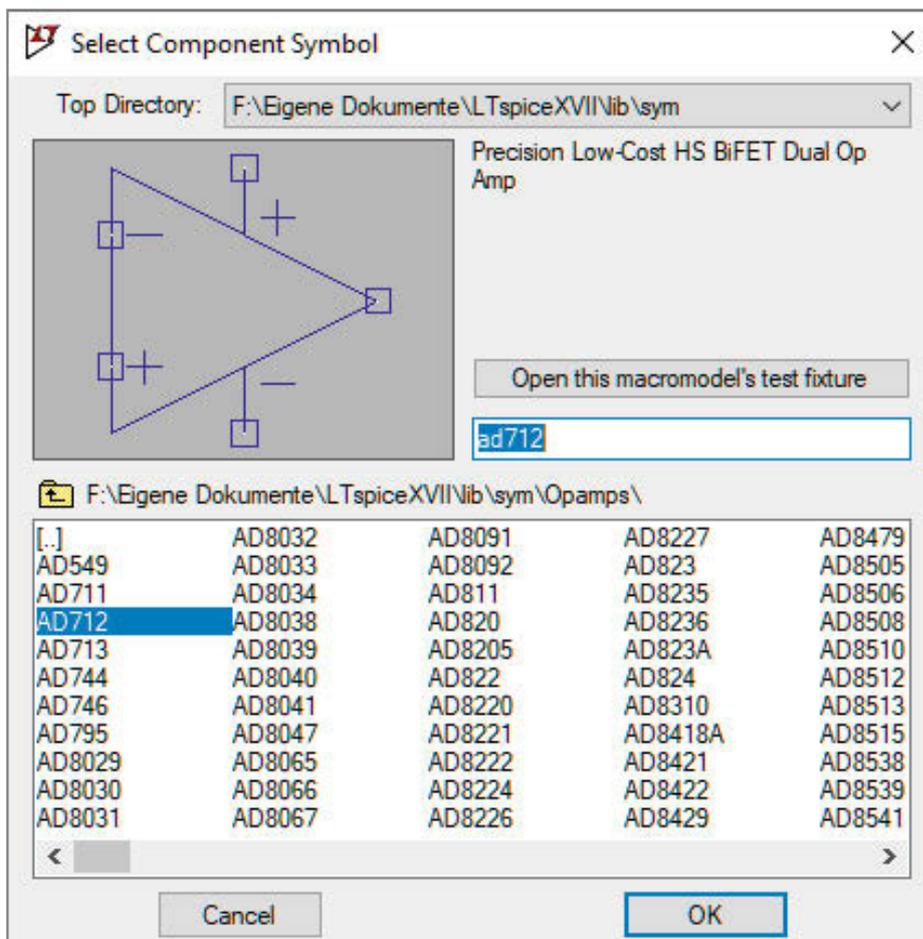
Nicht verbundene Labels erkennt man an einer kleinen „Öse“ unterhalb ihres Namens; das Label hat dann keinerlei Wirkung. Leider bemerkt es LTspice nicht, wenn man einem Signal mehr als ein Label zugeordnet hat; das kann zu einem unerwünschten (oder gar keinem) Resultat in der Simulation führen. So weit gekommen, sollten Sie die Schaltung jetzt erst einmal sichern - möglichst in einem eigenen Verzeichnis, weil auch die Simulationsergebnisse hier landen.

### Analyse und Simulation

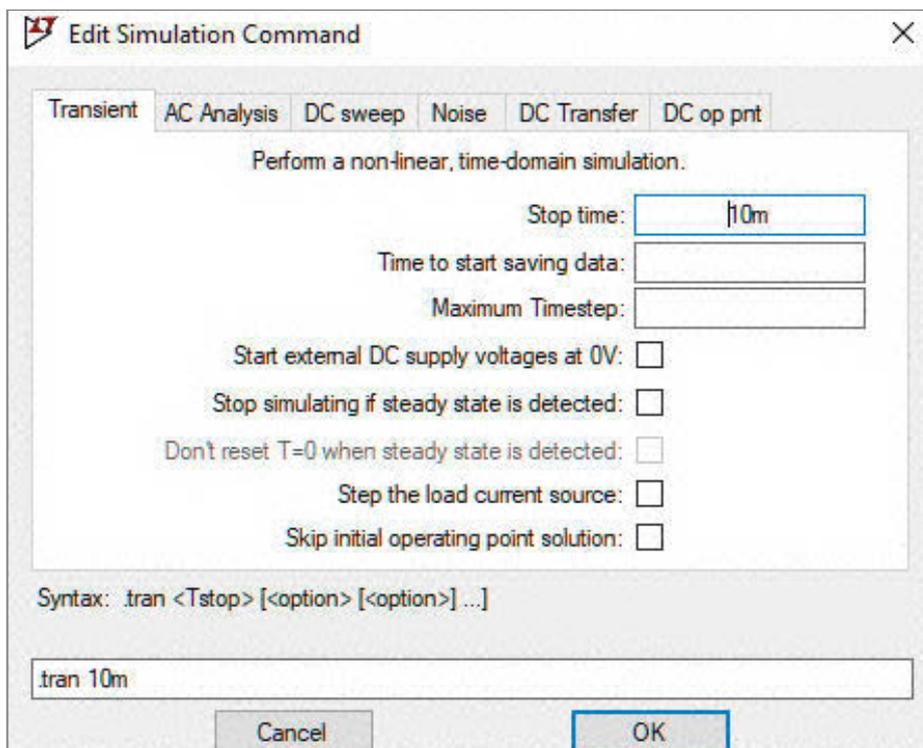
Wir wollen nun die dargestellte Schaltung mit einer sinusförmigen Spannung anregen. Dazu klicken wir mit der rechten Maustaste auf das Voltagesymbol *Vin*, es öffnet sich ein Fenster, in dem man normalerweise einen Gleichspannungswert einträgt. Wir wählen stattdessen *Advanced*, kreuzen *Sine* an und können unseren Spannungsverlauf spezifizieren:

Amplitude[V]: 0.5, Freq[Hz]: 1k

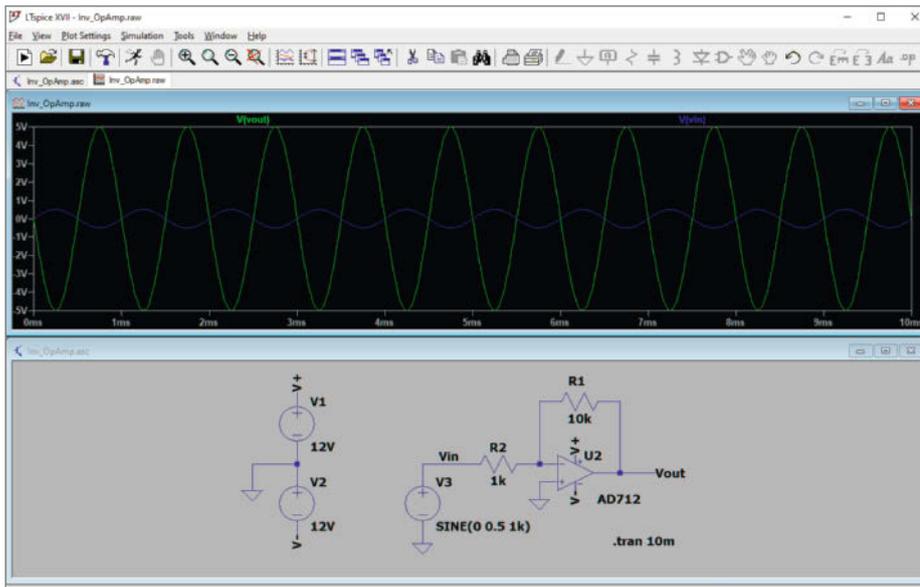
Alle anderen Eingabefelder können leer oder 0 sein. Das ergibt eine sinusförmige Spannung mit einer Amplitude von -0,5 bis 0,5V (Spitzen-



4 Auswahl von Halbleitern und anderen Bauteilen im Bauteile-Fenster: Der Bauteile-Vorrat orientiert sich am Lieferprogramm von Analog Devices bzw. Linear Technology.



5 Vorgabe der Simulationszeit mit dem Menü *Edit Simulation Cmd*: Eine Laufzeit von 10ms genügt hier völlig.



6 Klickt man auf das laufende Strichmännchen in der Symbolleiste oben (Run), erhält man ein leeres Oszillogramm, das sich mit dem Antippen des Tastkopfes auf Verbindungen mit Signalverläufen füllt (hier Vin und Vout).

wert) und einer Frequenz von 1kHz. Später werden wir noch genauer erläutern, wie man die Sinusspannung durch Eingabe weiterer Parameter beeinflussen kann. Nun müssen wir dem Programm noch mitteilen, was für eine Analyseart wir benötigen. Dazu wählen wir über die Menüleiste *Simulate/Edit Simulation/Command*. Es öffnet sich ein Fenster, über das wir die Simulationsparameter

eingeben können 5. Da wir eine allgemeine Analyse durchführen wollen, klicken wir auf den Tab *Transient*. Dort muss nur ein Eintrag vorgenommen werden:

Stop time: 10m

Die Stop time weist LTSpice an, die Simulation nach 10ms (ausgehend vom Simulationsbeginn) zu beenden. Um die Simulation zu star-

ten, klickt man das *Run*-Symbol an (siehe Bild, das laufende Strichmännchen). Außer, dass ein leeres „Oszillogramm“ erscheint, passiert zunächst noch nichts; man muss erst einmal spezifizieren, welche Spannungen oder Ströme man darstellen will.

Das geht ausgesprochen einfach: Wenn man den Maus-Cursor nun über die Schaltung bewegt, verwandelt er sich bei Verbindungen in einen roten Tastkopf (für Spannungsmessungen) und über Bauteilen in eine Stromzange (für Messungen des durch das Bauteil fließenden Stroms).

Wir wollen zunächst die Ein- und Ausgangsspannung darstellen. Dazu klicken wir die entsprechenden Label an (beziehungsweise ihre Verbindungen). Jetzt erscheint das Simulationsergebnis auf dem Bildschirm 6. Wegen der gewählten Widerstandswerte gilt  $V_{out} = -V_{in} \cdot R_1/R_2$ , man erhält am Ausgang also eine Wechselspannung mit dem Spitzenwert 5V.

### Virtuelle Messspitze

Die dargestellten Spannungen haben als Default-Bezugspotential *Ground*. Man kann aber auch Spannungsdifferenzen messen, zum Beispiel zwischen den beiden Anschlüssen eines Widerstandes. Dazu wird der Mauszeiger zunächst an einen Anschluss des Widerstandes geführt, es erscheint das Tastkopfsymbol. Ein Rechtsklick ruft ein Menü auf, aus dem man *Mark Reference* wählt. An der angeklickten Verbindung erscheint ein schwarzer Tastkopf, der die Bezugsspannung symbolisiert. Klickt man nun mit dem roten Tastkopf an den anderen Anschluss des Widerstandes, wird der Spannungsverlauf zwischen den beiden Anschlüssen geplottet.

Damit man die Messpunkte nicht bei jedem Start des Programms erneut eingeben muss, kann man die Plot-Wellenform(en) einschließlich der verwendeten Messpunkte und Skalierungen mit *Save Plot Settings* getrennt von der Schaltung sichern.

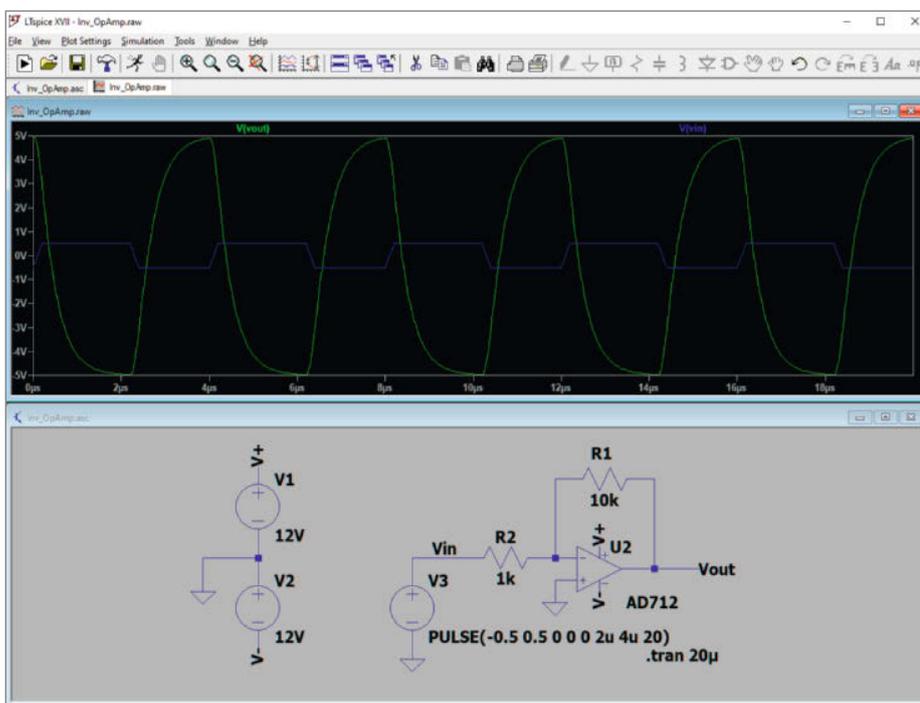
### Lötfrei experimentieren

Mit den Simulationsparametern der Signalquelle lassen sich auch exotische Wellenformen generieren, etwa trapez- und rechteckförmige Signale mit einstellbaren ansteigs- und abfallzeiten. So ergibt etwa

$V_{initial}[V] = -0.5, V_{on}[V] = 0.5,$

$Ton[s] = 0.5m, Tperiod[s] = 1m$

eine 1kHz-Rechteckschwingung. Wenn man die On- und Periodenzeit immer weiter verkürzt, wird man feststellen, dass der simulierte Operationsverstärker irgendwann nicht mehr folgen kann und sich seine Ausgangsspannung immer mehr einer Dreieckschwingung annähert. In Bild 7 haben wir die Rechteck-Frequenz zum Beispiel auf 250kHz erhöht



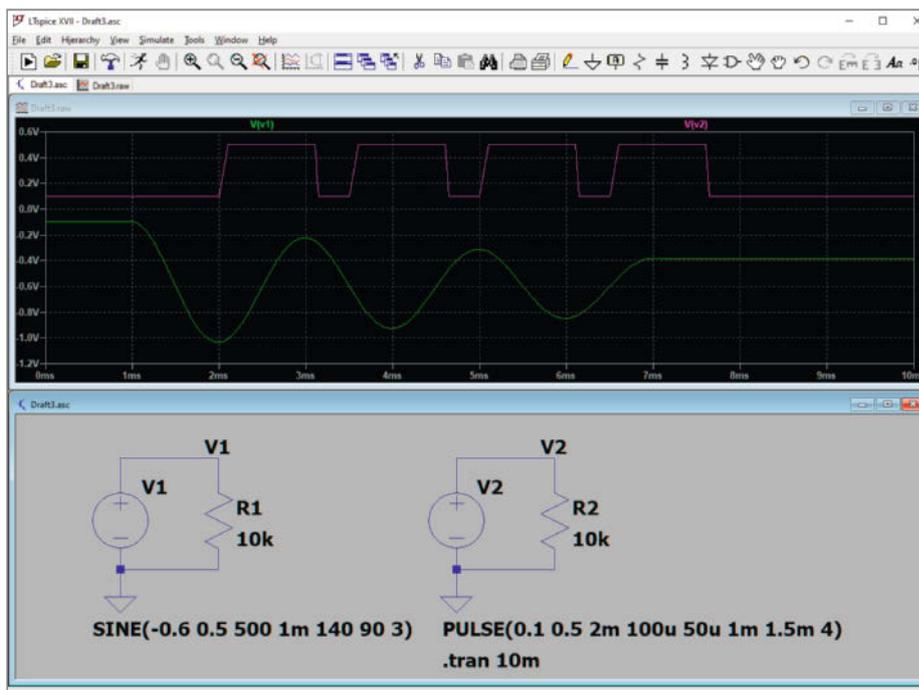
7 Bei 250kHz (Ton = 2u, Tperiod = 4u) kann der simulierte OpAmp nicht mehr der Eingangsspannung folgen – genau wie der „echte“ AD712.

– man erkennt, dass der simulierte (wie auch der „echte“) AD712 sich bei höheren Frequenzen keineswegs mehr ideal verhält.

Wenn man mehrere Kurvenverläufe auf dem Anzeigedisplay dargestellt hat, kann das vielleicht unübersichtlich werden. Deshalb ist es eventuell sinnvoll, einzelne Verläufe zu löschen oder den einzelnen Verläufen andere als die vom Programm vorgegebenen Farben zuzuordnen. Dazu wird der Mauszeiger auf den „Bezeichner“ über der zu löschenden Kurve, z.B. *Vout*, geführt und die rechte Maustaste geklickt. Dann öffnet sich ein Fenster und wenn man *Delete this Trace* wählt, verschwindet der entsprechende Kurvenverlauf. Über dieses Fenster kann man der Kurve auch eine individuelle Farbe zuordnen.

Die Signalquellen können aber noch viel mehr; anhand eines Beispiels ist das vielleicht am einfachsten zu erkennen. Wir bauen dazu die in Bild 8 gezeigte Versuchsschaltung auf, klicken auf *V1*, wählen *Advanced*, kreuzen *Sine* an und geben folgende Werte ein:

```
DCoffset[V] = -0.6
Amplitude[V] = 0.5
Freq[Hz] = 500
```



8 Testschaltung für Spannungsquellen: Mit den Parametern der *Voltage Source* lassen sich auch komplexere Wellenformen erzeugen.

# Der Security-Workshop für iOS-Entwickler:innen

► 27. bis 28. Mai 2021

Mac&i



Sie beherrschen die Entwicklung mobiler Anwendungen, sehen sich aber mit der Frage konfrontiert, wie Sie die App und die Daten Ihrer Anwender:innen **vor Hacker-Angriffen schützen** können? Sie wollen mehr wissen über die relevanten Praktiken sicherer Softwareentwicklung oder suchen einen Weg, diese reibungslos in den agilen Entwicklungsprozess zu integrieren?

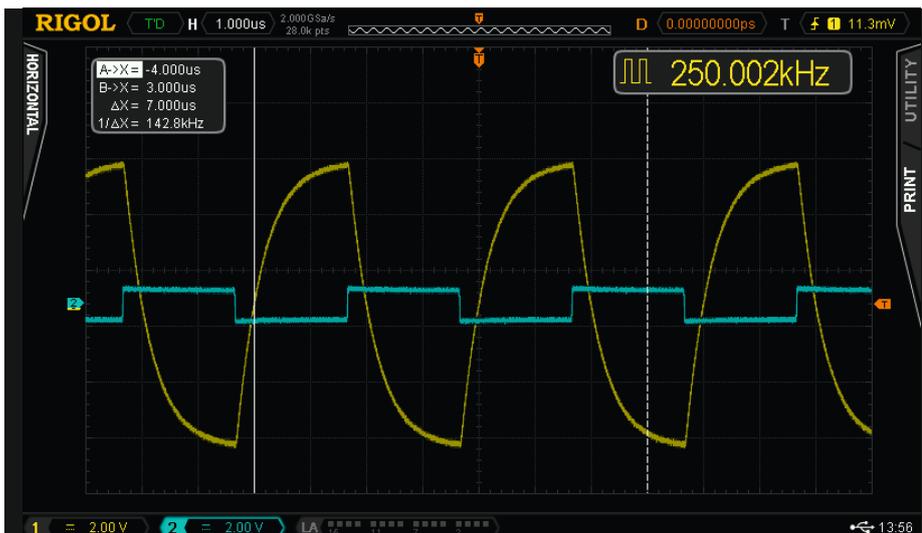
In diesem zweitägigen Workshop erfahren Sie, wer die Angreifer:innen sind, welcher Angriffsvektoren sich die Hacker bedienen und wie Sie das verhindern können.

Trainer: Sven Faßbender

**Bis 29. April 10% Frühbucher-Rabatt sichern!**

**JETZT ANMELDEN**

<https://www.heise-events.de/workshops/security-ios>



### 9 Im richtigen Leben: Unsere aufgebaute Verstärker-Schaltung verhält sich wie in der Simulation vorhergesagt.

Tdelay[s] = 1m  
 Theta[1/s] = 140  
 Phi = 90  
 Ncycles = 3

Man erhält eine Sinusschwingung mit folgenden Eigenschaften: Der Schwingung ist eine Gleichspannung von -0,6V überlagert, die maximale Amplitude der Schwingung beträgt 0,5V, die Frequenz beträgt 500Hz, die Schwingung beginnt nach 0,2ms, die einhüllende Kurve der Schwingung ist eine Exponentialfunktion mit der Dämpfungskonstanten  $\Theta = 140$  1/s, die Sinusschwingung hat eine Phasenverschiebung von 90 Grad und endet nach drei Perioden.

Es sei angemerkt, dass in der angelsächsischen Welt bei einer Exponentialfunktion die Dämpfungskonstante  $\Theta$  statt der Zeitkonstanten  $T$  als Charakteristikum verwendet wird. Es gilt  $T = 1/\Theta$ . Wenn man  $Ncycles$  auf 0 setzt, erhält man eine unendlich lange Schwingungsfolge. Auch Impulsfolgen und Rechteckschwingungen lassen sich fast beliebig kompliziert gestalten. Mit:

Vinitial [V] = 0.1  
 Von[V] = 0.5  
 Tdelay[s] = 2m  
 Trise[s] = 100u  
 Tfall [s] = 50u  
 Ton[s] = 1m  
 Tperiod[s] = 1.5m  
 Ncycles = 4

erhält man eine Impulsfolge mit folgenden Eigenschaften: Die untere Grenze der Impulsfolge liegt bei 0,1V, die obere bei 0,5V.

Die Impulsfolge beginnt nach 2ms, wobei die einzelnen Impulse eine Anstiegszeit von 100 $\mu$ s und eine Abfallzeit von 50 $\mu$ s haben. Die Impulse verharren auf ihren Maximalwerten für 1ms und wiederholen sich viermal nach jeweils 1,5ms.

## Fortgeschrittene Optionen

Bei unseren Simulationsexperimenten mussten wir LTspice über die Menüfolge *Simulate/Edit Simulation/Command* mitteilen, dass wir eine Transientenanalyse durchführen wollen. In das sich daraufhin öffnende Fenster haben wir nur das Feld *Stop time* ausgefüllt, es bietet aber auch noch andere Optionen. Nach der *Stop time* wird die Simulation beendet. Wenn bei Schaltungen mit Kapazitäten oder Induktivitäten Einschwingvorgänge beobachtet werden sollen (Lade- und Entlade-Vorgänge kurz nach dem Einschalten), muss die *Stop time* entsprechend niedrig eingestellt werden.

Bei Erregungen mit Wechselgrößen sollte die *Stop time* einige Perioden umfassen. Mit *Time to start saving data* stellt man ein, ab wann die Simulationsergebnisse geplottet werden sollen (üblicherweise 0). Wenn langwierige und nicht interessierende Einschwingvorgänge zu erwarten sind, kann man durch Wahl einer Zeit größer Null diesen Bereich ausblenden.

Bei einer Simulation ersetzt man die Verläufe von Spannungen und Strömen durch Punktfolgen, die mit Geraden verbunden sind. Dadurch können lineare Gleichungen zur Beschreibung der Schaltungen verwendet werden. Der Abstand der Punkte wird mit *Maximum Timestep* eingestellt. Die optimale Schrittweite wird normalerweise automatisch vom Programm ermittelt (Kompromiss aus Genauigkeit und Rechenaufwand). Deshalb muss man dieses Feld nicht ausfüllen (es sei denn, man kennt sich mit Simulationsalgorithmen

sehr gut aus und will das Programm „überlisten“, z.B. um höhere Genauigkeiten zu erreichen).

Das Feld *Start external DC supply Voltage at 0V* ist noch ein Relikt aus alter Zeit, als LTspice noch LT Switcher CAD hieß und speziell für die Entwicklung von Schaltnetzteilen entwickelt worden ist. Man wollte damals ein Werkzeug haben, mit dessen Hilfe besondere Effekte beim Einschalten der Schaltregler untersucht werden sollten. Dieses Feld muss deshalb nicht angekreuzt werden.

Auch das Feld *Stop simulating if steady state is detected* ist wieder ein Relikt aus alter Zeit. Das Erkennen des stationären Zustandes (nach Abklingen der Einschwingvorgänge) ist im Rahmen der Entwicklung von Schaltnetzteilen relevant, ebenso wie *Step the load current source*, mit der man wechselnde Lasten simulieren kann. Erläuterungen zur entsprechenden Vorgehensweise würden hier aber zu weit führen.

Wenn man *Skip initial operating point solution* ankreuzt, kann die Simulation möglicherweise beschleunigt werden, wenn Energiespeicher (Kapazitäten, Induktivitäten) in der Schaltung enthalten sind. Darüber hinaus müssen deren Anfangswerte (Spannungen an den Kapazitäten und Ströme durch die Induktivitäten zum Zeitpunkt  $t = 0$ ) bekannt sein. Bei den Beispielen in diesem Crashkurs ist das nicht der Fall, wir sollten deshalb das entsprechende Kästchen nicht ankreuzen.

## Probe aufs Exempel

Schlussendlich ist es natürlich beruhigend zu wissen, dass sich eine „in echt“ aufgebaute Schaltung auch so verhält wie in der Simulation vorhergesagt. Wir haben die OpAmp-Verstärkerschaltung auf einer Lochrasterplatine nachgebaut (siehe auch Aufmacher-Bild) und mit Signalgenerator und Oszilloskop überprüft 9. Sowohl die 10-fache (invertierende) Verstärkung als auch die Verformung der Ausgangs-Rechteckschwingung bei höheren Frequenzen entsprechen genau der Simulation.

## Fazit

Das Simulationsprogramm LTspice kann eine große Hilfe für Maker sein. Wenn man sich an die Bedienung gewöhnt hat, ist die Simulation einer Schaltung wirklich einfach. Und wenn man das erst einmal geschafft hat, kann man nach und nach die vielen Möglichkeiten des Programms selbstständig erforschen und ausprobieren. Zudem gibt es im Internet viele hilfreiche Foren und Tutorials. Meiden Sie aber für den Anfang die „idealen“ Bauteile: Damit funktioniert schon eine simple Blinkerschaltung nicht. Unter dem Link im Info-Kasten finden Sie einige komplexere Beispiele, etwa einen 1V/Oktave-VCO für Synthesizer. —cm

# Tipps & Tricks

Sie möchten für die Schürze eines Modell-Luftkissenboots oder die Abdeckung eines 3D-Druckers Folien schweißen? Mit ein paar Tricks funktioniert das ganz einfach mit dem Lötkolben, mit dem man übrigens auch 3D-Druckteile zusammenfügen kann.

von Bernd Heisterkamp

**B**eim Bau des ferngesteuerten Luftkissenboots aus der Make-Ausgabe 4/19 (S. 74) habe ich mir überlegt, ob ich als Schürze nicht eine vorhandene 3D-Druckfilamentverpackung nutzen kann. Meine Tochter spielte gerade mit dem Lötkolben und selbstklebender Alufolie, als mir der entscheidende Einfall kam: Man klebt einfach etwas Alufolie über die Nähte, die man verschweißen möchte und fährt dann mit dem Lötkolben bei etwa 280 °C mit leichtem Druck kontinuierlich die Nahtstelle entlang **1**. Durch die Alufolie wird die Wärme etwas verteilt und unter der Lötkolbenspitze entsteht eine saubere Naht **2**, die sogar wasserdicht ist **3**. Wer die Folie auch gleichzeitig zuschneiden möchte, macht eine doppelte Nahtstelle und führt den Lötkolben langsamer und mit mehr Druck die äußere Naht entlang – die Folie kann dann später sehr leicht entlang dieser äußeren Naht getrennt werden.

Der Lötkolben eignet sich auch hervorragend zum Zusammenschweißen von 3D-Druckteilen (alternativ zu den Klebetechniken aus Make 6/20, S. 114), und zwar ohne, dass man dafür die Lötkolbenspitze einsauen müsste. Man schneidet dazu aus 0,7mm dickem Kupferblech einen Streifen von etwa 6mm x 40mm und rollt ein Ende über eine Rundzange. In dieses Ende steckt man den (noch kalten!) Lötkolben **4**. Stellen Sie die Lötkolbentemperatur wieder auf etwa 280 °C

und warten Sie, bis das Kupfer etwas farbig anläuft. Die Kupferfahne wird dann kurz zwischen die zu verklebenden Bauteile gehalten und nach wenigen Sekunden seitlich herausgezogen **5**. Die Bauteilverbindung lässt sich dann noch für kurze Zeit leicht korrigieren,

aber härtet schnell aus und ist dann haltbarer als jeder Bastelkleber. Die Kupferfolie kann man leicht mit einer Schere schneiden und dadurch die Form der Fahne, falls erforderlich, der Form der zu verklebenden Bauteile anpassen. —pek



## Machen Sie mit!

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

Wenn wir Ihren Tipp veröffentlichen, bekommen Sie das bei Make übliche Autorenhonorar. Schreiben Sie uns dazu einen Text, der ungefähr eine Heftseite füllt und legen Sie selbst angefertigte Bilder bei. Senden Sie Ihren Tipp mit der Betreffzeile *Lesertipp* an:

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

# 3D-Druck-Abfall wiederverwenden

Durch das Sammeln, Schreddern und Extrudieren von 3D-Druck-Resten lässt sich Plastikmüll und Geld sparen: Aus diesem Material kann man eigenes Filament herstellen oder es als Granulat mit einem Pellet-Extruder drucken. Wir zeigen, wie das geht.

von Samer Najja (Übersetzung: Stella Risch)



**F**ünf Versuche. So häufig *prototype* ich im Durchschnitt, bevor ich ein funktionierendes 3D-gedrucktes Design habe. Dazu zähle ich keine Fehlschläge wie etwa Drucke, bei denen das Filament zum falschen Zeitpunkt ausgegangen ist oder Druck-Probleme wie Warping (verzogene Drucke). Ich bin kein Ingenieurs-Genie: Ich mache viele Fehler und ich mache sie häufig. Das bedeutet, dass leider viel Müll entsteht. Nicht nur fehlgeschlagene Drucke, sondern auch Supportmaterial, Brim, Raft und zerbrochene Teile, die ich erneut drucken musste.

Wegen dieser ganzen Abfälle druckte ich früher gerne mit PLA, da es immerhin abbaubar sein soll (irgendwann, unter bestimmten Umweltbedingungen). Heute reicht mir diese Hoffnung aber nicht mehr. Basierend auf dem Gewicht alleine schätze ich, dass eine von sechs Rollen Filament am Ende im Müll oder in Verbrennungsanlagen landet. Eine kolossale Verschwendung.

### Was tun mit 3D-Druck-Abfall?

Man könnte die Druckreste in den gelben Sack werfen und die Müllabfuhr das Problem erledigen lassen – denkt man sich, aber das übersteigt die Fähigkeiten der Sortieranlagen. Einige Kunststoffarten sind sich in ihren Eigenschaften wie Härte und Oberflächenbeschaffenheit einfach zu ähnlich. In Einzelfällen können Menschen Kunststoffe durch verschiedene Tests unterscheiden. Im Alltag kann die Müllabfuhr das aber nicht leisten. Und da die Kunststoffe unterschiedliche Eigenschaften haben und zum Beispiel bei unterschiedlichen Temperaturen schmelzen, sollten sie nicht vermischt werden.

Man könnte seine alten 3D-Drucke zu einem Recycling-Hof bringen und fragen, ob sie etwas Nützliches damit machen können – wahrscheinlich ist das aber nicht. Als Alternative bleibt nur: selbst recyceln. Dazu kann man die Reste zerkleinern und immer wieder verwenden. Das amerikanische Militär tut es, die Internationale Raumstation tut es und du kannst es auch!

### Recyceln von gedrucktem Kunststoff

Ich drucke meist mit PLA, aber zwischendurch benutze ich auch ABS und flexible Materialien wie *SemiFlex* und *NinjaFlex*. Ich habe außerdem den Anspruch, mit Materialien wie PETG zu drucken. Die Filament-Rollen selbst sind manchmal aus HIP oder ABS gefertigt und haben somit Potenzial, auch zu Filament verarbeitet zu werden. Außer PLA kann sich keiner der Kunststoffe zersetzen – Recycling ist also das Mittel der Wahl.

## Kurzinfo

- » 3D-Drucker zum Pellet-Extruder umbauen
- » Eigenes Filament extrudieren
- » Material-Mix, Zusätze und veränderte Eigenschaften

## Mehr zum Thema

- » Matt Stultz, Die richtige Düse, Make 2/19, S. 24
- » Heinz Behling, 30 Filamente für jeden Zweck, Make 2/19, S. 8

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x4vg](https://make-magazin.de/x4vg)

## Schreddern

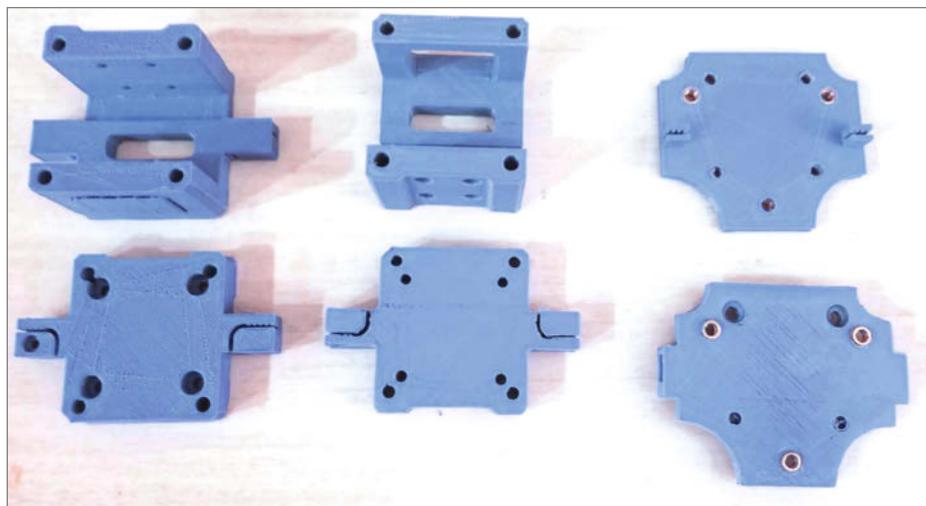
Das Recycling der eigenen Drucke beginnt mit dem Zerkleinern, um es später besser verarbeiten zu können. Das Material muss durch einen Trichter passen. Das bedeutet, dass der Durchmesser nicht größer als 5mm sein darf. Stabile Aktenvernichter oder leistungsstarke Küchenmixer können den 3D-Druck-Abfall entsprechend zerkleinern. Vorher sollten die Plastik-Abfälle aber mit einem schweren Hammer zertrümmert werden. Im Internet gibt es dazu Anleitungen, manche leiten den Zuschauer sogar zur Modifizierung eines normalen Aktenvernichters für kleine Volumen an.

### Bauen, kaufen oder teilen?

Maschinen und Werkzeuge, die fürs Recycling benötigt werden, können voluminös und teuer sein. Daher sollte man sich gut überlegen, ob man Geld und Platz dafür hat. Alternativ zum Küchenmixer kann man zum Beispiel einen Schredder wie den von *Precious Plastic* bauen oder kaufen. *Precious Plastic* ist ein Open Source-Gemeinschafts-Projekt. Es pflegt eine ausführliche Website, auf der alle Informationen rund um das Thema gut verständlich aufbereitet sind. Dort befinden sich zum Beispiel Baupläne

und auch eine Karte, auf der man in seiner Region nach Material-Annahmestellen oder Arbeitsgruppen mit Maschinen suchen kann. Auf der Bazar-Seite können Maschinen, passende Bauteile (auch zum selber Schweißen) oder Gussformen gekauft und angeboten werden. Der Schredder zum Beispiel kann stark im Preis variieren – je nachdem, ob er hand- oder motorbetrieben ist, ob er fertig zusammengebaut kommt oder man noch selbst schweißen muss. So kann man für einen Schredder 200 Euro oder sogar 2000 Euro ausgeben. Hinschauen lohnt sich also, je nachdem, wie groß eure Anforderungen als Einzelperson oder Gruppe sind (Links in der Kurzinfo).

Andere Optionen zum Zerkleinern sind Geräte wie der *Filabot Reclaimer* oder der *Shr3dIt* von *3devo*. Es gibt im Internet aber auch mehrere Anleitungen zum Selberbauen. Falls die Anschaffung zu teuer ist oder zu aufwendig und Platz einnehmend, suche Kontakt zu einem lokalen Makerspace oder anderen Gruppen mit einem Schredder und/oder Granulator. Ich habe eine nahe Universität mit einer Ingenieurs-Fachschaft gefunden, die bereit waren, für mich das Schreddern zu übernehmen (Danke an die University of Maryland!).



Meine vielen Versuche, eine Aufhängung für den Lily-Druckkopf zu kreieren



Filabot

Filabot EX2 Filament Extruder



Beutel mit granuliertem, geschreddertem Plastik

### Mixen von neuen Materialien

Wenn einmal das nach Kunststoff sauber getrennte und geschredderte Material bereitliegt, kannst du es mit frischen Pellets desselben Materials mixen (Material, das noch nie als Filament verwendet wurde), um eine Rezeptur nach deinem Geschmack zu kreieren. Man kann verschiedene Farbstoffe hinzufügen, um die Farbe zu ändern. Das kann allerdings die Materialeigenschaften beeinflussen. Zusätze wie sehr feines Sägemehl oder Metallpulver kann man ebenfalls hinzufügen. Beide sind allerdings grob und leider hart genug, um die Druckdüse zu beschädigen.

### Rezepte und Zusätze

Ich mag es, mit verschiedenen Mixturen zu experimentieren, sowohl mit PLA als auch mit ABS. So finde ich heraus, ob ich die Fähigkeit des Filaments, Feuchtigkeit zu widerstehen, verbessern oder Festigkeit oder Hitzebeständigkeit optimieren kann. Beispielsweise habe

ich festgestellt, dass bestimmte Farben anfälliger dafür sind, den Extruder zu verstopfen. Manche Zusätze haften besser am Druckbett. PLA mit Holzstaub ist beständiger im direkten Sonnenlicht als einfaches PLA.

Kommerzielles Recycling-Filament kann 50 Prozent bis 70 Prozent recyceltes PLA enthalten. Doch selbst wenn deine Mixtur aus 80 Prozent neuem Material zu 20 Prozent Grundmaterial bestünde: Den eigenen Plastikmüll wiederzuverwenden reduziert nicht nur Filament-Kosten, sondern natürlich auch die Umweltbelastung.

### Warum ist die Mischung wichtig?

Wenn man rein recyceltes PLA zum Drucken verwendet, können die Drucke anfällig für Verformungen sein und haben nicht die gleiche Zugfestigkeit. Durch das wiederholte Erhitzen degeneriert Thermoplast. Darum ist es sinnvoll, neues Material beizumischen.

### Filament oder Pellets?

Das Geschredderte soll schmelzen! Es gibt zwei primäre Methoden, um geschredderte Drucke zu verarbeiten: Einerseits kann man eigenes Filament herstellen. Man führt Pellets und Abfall-Material einer Maschine mit einer Transportschnecke zu, welche das Plastik schmilzt und in neues Filament extrudiert. Das wird dann auf einer Rolle aufgerollt. Während die Filament-Eigenschaften anders sein können, bleibt die Verwendung im 3D-Drucker gleich. Bedenkt, dass mit dieser Methode das Plastik zweimal nach dem Zerkleinern geschmolzen wird und daher Qualitätsverluste erleidet.

Andererseits kann man Pellets herstellen, die man nach Bedarf extrudieren kann: Der Extruder des 3D-Druckers extrudiert dann das geschmolzene Material direkt auf das Druckbett – ohne den

Umweg, es vorher in Filamentform zu pressen. Verglichen mit anderen Druckern ist der Druckkopf typischerweise schwerer, langsamer und größer, was den im 3D-Drucker verfügbaren Bauraum einschränkt. Ich habe mit zwei Systemen gearbeitet, die beide Anwendungen abdecken: Der *Filastruder filament extruder* und der *Lily direct pellet extruder*.

### Filament-Extruder

Der Filastruder ist als Kit verfügbar und kann horizontal und vertikal montiert werden (vertikal ist besser). Man kann ihn mit einer Aufnahmespule zusammenbauen, die sich der Geschwindigkeit anpasst, mit der das Filament aus dem Filastruder austritt. Es gibt ähnliche Systeme, wie den Open Source *Recyclebot* (RepRap), den *Filabot* und andere kommerzielle Produkte. Die Idee bleibt die gleiche – das Endprodukt ist Filament, das man mit einem 3D-Drucker verarbeiten kann.

### Pellet-Extruder für den 3D-Drucker

Der Lily Pellet Extruder von Recycl3dprint ist als Umbausatz für den eigenen Drucker gedacht, sodass der 3D-Drucker Pellets statt Filament verwendet. Man kann, wie bei an-



Flowalistik

Der Open-Design-Precious Plastic-Schredder, verwendet von Agustin „Flowalistik“ Arroyo als Teil seiner Plastic Smoothie-Recycling-Initiative 2020 #plasticsmoothie



Das zusammengebaute Lily-Kit

deren Druckern, die Nozzle austauschen, ohne sich über Filament-Einstellungen Sorgen machen zu müssen. Er ist online als Kit oder zum selber Zusammenbauen erhältlich und kostet zwischen 700 Euro und 1000 Euro.

### Welches System ist das richtige?

Beide Systeme haben ihre Vor- und Nachteile; welches zu dir passt, hängt von deinen Bedürfnissen ab. In meinem Fall brauchte ich beide Systeme: Mit dem Lily wollte ich einen Drucker, der Ausschuss-Material nimmt, so dass ich direkt mit der Materialzusammensetzung nach Bedarf experimentieren kann. Ich wollte die 3D-Druck-Möglichkeit meinem OxCNC und vielleicht meinem Shapeoko hinzufügen. Beide haben sehr große X-Y-Arbeitsflächen, laufen langsam (10-30 mm/s) und sind strapazierfähig genug, um den Lily-Kopf zu tragen. Ich wollte außerdem mit Mischungen experimentieren können, wie zum Beispiel mit ABS oder eventuell Verbundwerkstoffen wie Glasfaser.

Mein Hauptzweck für den Filastruder war, Filament zum Experimentieren herzustellen. Ich fabriziere typischerweise bestimmte



**Recycling-Prothese:** *Enable Alliance* macht tolle Dinge mit Recycling-Techniken. Sie haben nicht nur die e-NABLE Handprothese unter Benutzung erneuerbarer Energien kreiert, von ihnen stammt auch das Projekt e-Müll in 3D-Drucker und Scanner zu verwandeln, ihr „Project Alchemy“ und das Projekt ReFab Dar ([refabdar.org](http://refabdar.org)).

## 3D-Drucker zum Pellet-Extruder umbauen: Tipps für den Umbau

Einen 3D-Drucker umzubauen, damit er direkt aus Pellets drucken kann, erfordert Kompromisse: Man gewinnt die Fähigkeit, Plastik wiederzuverwenden im Tausch gegen Leistungseinschränkungen. Richtig durchgeführt öffnen diese Modifikationen Türen zu Recycling in einem geschlossenen Kreislauf, wirtschaftlichem Pellet-Rohmaterial (Preis variiert je nach Quelle) und eigenen Material-Mischungen, Farben und Eigenschaften. Aber sie können dafür das Druckvolumen reduzieren und benötigen langsamere Druckgeschwindigkeiten. Das liegt am Gewicht des Druckkopfes und der Art der Materialzufuhr. Diese Dinge sind zu beachten:

- Kann der Antrieb das Gewicht und die Abmessungen des Extruders bewältigen? Frag am besten deinen Hersteller. Wir haben den *Lily pellet extruder* an einem SmartAlu-Drucker, designt von *Smartfriendz*, angebracht.
- Behalte eine Kopie der Firmware deines Druckers – du musst sie vielleicht anpassen. Viele Modifikationen können in deinem Slicer-Profil gespeichert werden, aber einige Änderungen müssen in der Firm-

ware gemacht werden. Das variiert bei den unterschiedlichen Drucker-Modellen.

- Die z-Achse muss vielleicht umziehen, wenn der Pellet-Extruder sehr groß ist. Bei meinem Lily war das der Fall.
- Wenn du einen *BLTouch* oder Induktionssensor fürs Druckbettleveln benutzt, musst du eventuell einen anderen Schlitten für die x-Achse um die Elemente untergebracht werden.
- Wenn möglich, benutze für die Umwandlung einen zweiten Drucker, falls du deinen Hauptdrucker zum Bauen von Prototypen brauchst.
- Du musst entscheiden, wie die Pellets dem Drucker eingebracht werden sollen. Wenn ein Schwerkraft-Feeder benutzt wird, muss der Trichter über dem Drucker sein. Der Lily drückt Filament mit Luft durch eine PTFE-Röhre. So können Pellets und Stückchen aus jeder Höhe kommen.
- V-Kugellager sind toll, aber der Verschleiß wird mit dem schwereren Kopf zunehmen. Es ist eine Überlegung wert, zumindest die x-Achse mit Linearführungen aufzurüsten.
- Wenn dein Kit einen MOSFET enthält, benutze ihn: Der Pellet-Extruder könnte

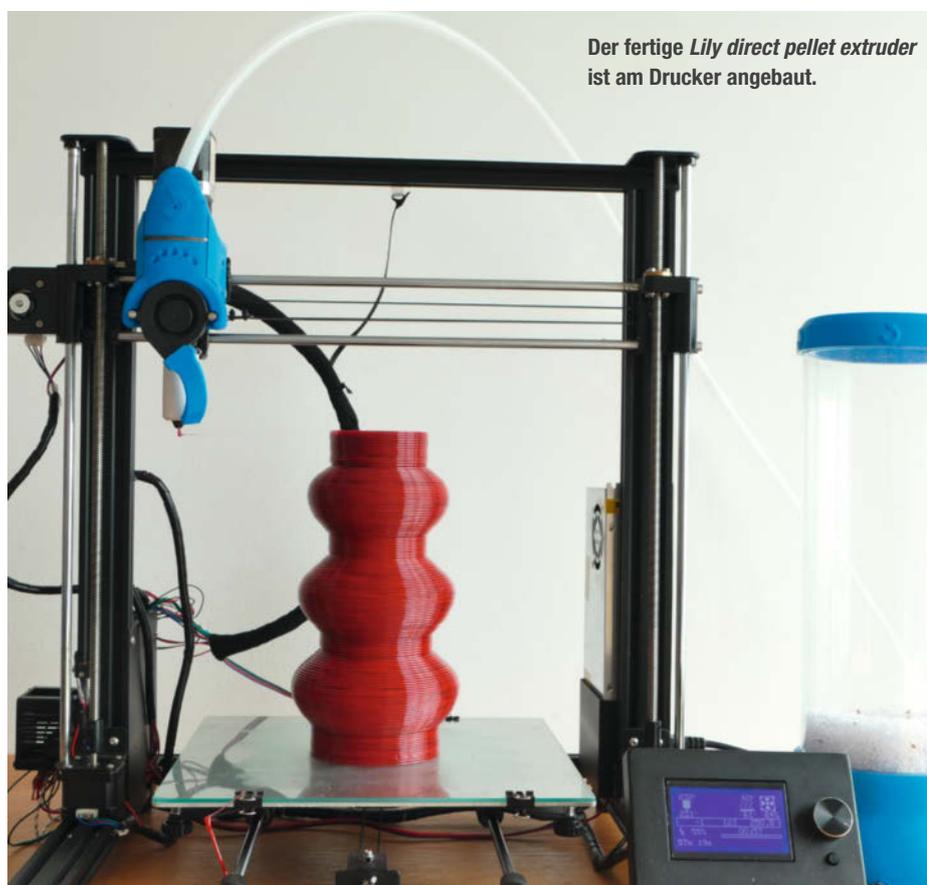
mehr Strom verbrauchen als der ursprüngliche Extruder und dadurch den Drucker-Controller überlasten. Stelle außerdem sicher, dass das Netzteil die zusätzliche Leistung liefern kann.

- Wenn alles installiert ist, möchtest du bestimmt mit verschiedenen Materialien experimentieren, um die optimale Druckgeschwindigkeit, Umgebungseinstellungen und Einzugsrate herauszufinden. Reche damit, die PID-Werte (zur Temperaturstabilisierung) zu verändern und dem Extruder anzupassen. *Recycl3D* hat einige Zahlen mitgeliefert und ich habe sie entsprechend abgestimmt.

Für welchen Extruder du dich auch entscheidest, suche Unterstützung vom Hersteller, denn es ist kein triviales Vorhaben. Sie kennen alle wichtigen Details: *Recycl3D* war mit mir über viele Wochen während der Lily-Installation in engem Kontakt. Natürlich lässt sich dieselbe Check-Liste anwenden, wenn ein DIY-Pellet-Extruder benutzt werden soll, sonst bist du aber auf dich alleine gestellt. Zu *#pelletextruder* gibt es viel Material auf Seiten wie YouTube, Thingiverse und Co.



Die Bauteile samt Dispencer liegen bereit.



Der fertige Lily direct pellet extruder ist am Drucker angebaut.

Mischungen in großen Mengen und teste sie auf mehreren Druckern. Würde ich meinen erneut bauen, würde ich ein größeres Gehäuse als das aus dem Bausatz bauen. So wäre der Zugang zur Verkabelung mit großen ungeschickten Fingern einfacher. Ich habe auch den Spuler gekauft, der mit integrierten Sensoren die Geschwindigkeit kontrolliert, mit der die Rolle das Filament aufnimmt. Aufgebaut und getestet ist er aber noch nicht. Normalerweise lasse ich das Filament einfach auf den Boden fallen und rolle es später auf. Da der Filatruder aus Amerika kommt, kostet er neben den 300 US-Dollar Kaufpreis weitere 100 US-Dollar Versandkosten. Da die kommerziellen, fertigen Maschinen unterschiedlich teuer sind, lohnt sich hier ein Preisvergleich. Dabei sollte man sich vorher überlegen, wie viel man an der Maschine selbst basteln möchte.

Der Filabot EX2 Filament Extruder ist ein weiterer, fertiger Filament-Extruder. Er ist im Vergleich teurer, aber verlässlich. Gebraucht ist er unter 1250 US-Dollar zuzüglich Versand zu haben. Mit beiden Systemen kann man folglich mit Recycle-Techniken experimentieren. Nicht nur mit alten 3D-Druck-Resten, sondern auch mit anderen druckbaren Kunststoffen, wie dem von PETG-Wasserflaschen.

Ich habe mein Test-Kit vom Lily als Entschuldigung genutzt, um endlich meinen Smart-Alu-Drucker zu bauen (siehe Kurzinfo). Das Design war einfach dem Lily anzupassen: Ich habe die V-Kugellager durch Linearführungen ersetzt, die Motor- und Zahnriemenräder-Halterungen nach innen in das Gehäuse gedreht und habe eine Befestigung für den Lily gebaut. Das ist keine große Sache, vor allem, wenn man ein Tüftler ist.

Ich empfehle, zwei Drucker zu haben, wenn du einen umwandeln willst oder, dass du speziell dafür einen baust. Der Lily wurde auf vielen bekannten Druckern getestet, wie dem Ender 3. Kontaktiere die Anbieter auf [recycl3dprint.com](http://recycl3dprint.com) für Details zur Durchführung. Die Verkäufer werden mit dir an kleinen Änderungen an der Firmware arbeiten. Also gehe sicher, dass du ein Backup deiner aktuellen Firmware hast, falls du Änderungen zurückbauen willst. —stri

## Recycling-Filament kaufen

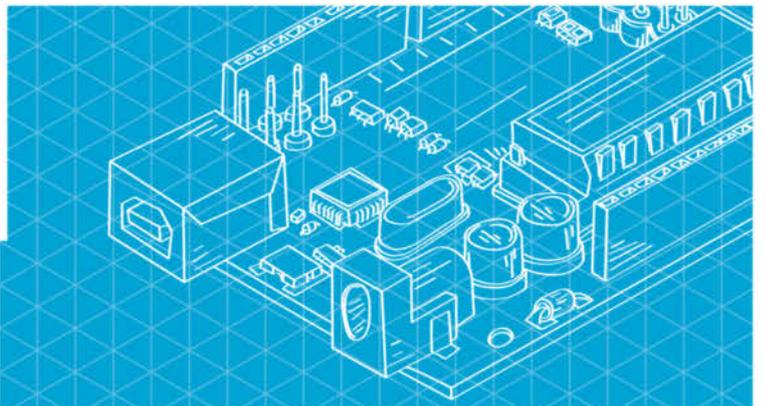
Nicht interessiert an dem Umbau eines 3D-Druckers oder an der Anschaffung der vielen Maschinen? In der Tabelle könnt ihr ablesen, wo man online recyceltes Filament bestellen kann. Manch ein Hersteller achtet auch auf nachhaltige Verpackung. Dann sind zum Beispiel die Spulen aus Karton. Vor der Corona-Pandemie gab es

mehrere Firmen, die alte Drucke per Post angenommen haben. Daraus haben sie das Material wieder zu Filament extrudiert. Leider mussten einige von ihnen schließen. Die Recycling-Fabrik aus Braunschweig bietet diesen Dienst an. Auf Ihrer Website kann man dafür Versandetiketten anfordern (Link in der Kurzinfo).

## Recycling-Filament kaufen

Marke/Filament	Online-Shop
extrudr	<a href="http://extrudr.com/de">extrudr.com/de</a> <a href="http://3dimensionals.de">3dimensionals.de</a>
BASF Ultrafuse rPET	<a href="http://3dimensionals.de">3dimensionals.de</a>
Maertz	<a href="http://igo3d.com">igo3d.com</a>
Formfutura	<a href="http://3djake.de">3djake.de</a> <a href="http://filamentworld.de">filamentworld.de</a>
3DJAKE	<a href="http://3djake.de">3djake.de</a>

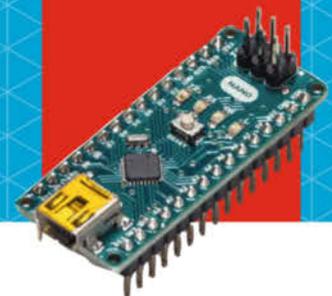
# Make:



## DAS KANNST DU AUCH!



**GRATIS!**



## 2x Make testen und 6 € sparen!

### Ihre Vorteile:

- ✓ **GRATIS dazu:** Arduino Nano
- ✓ **NEU:** Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv\*
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

**Für nur 15,60 Euro statt 21,80 Euro.**

\* Für die Laufzeit des Angebotes.

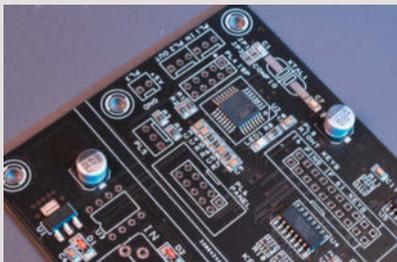
**Jetzt bestellen: [make-magazin.de/miniabo](http://make-magazin.de/miniabo)**

© Copyright by Maker Media GmbH.

**Ausprobiert**  
— von Make: —

## Platinen

mit kostenloser  
SMD-Bestückung



Der chinesische Leiterplattengigant JLCPCB bietet für bestellte Platinen eine kostenlose SMD-Bestückung an. Zwar muss man die *Bauelemente* bezahlen (wobei das Preisniveau meist deutlich unter dem des hiesigen Großhandels liegt), aber die *maschinelle Bestückung* wird nicht berechnet. Die Mindestbestellmenge beträgt fünf Stück; JLCPCB verteilt großzügig Coupons für Erstbesteller, mit denen die einmaligen Kosten für die Maschineneinrichtung (4 US-\$) entfallen.

Was man dafür tun muss: Ein Häkchen bei der Bestellung setzen und gleichzeitig mit den Gerber-Files für das Layout auch eine Stückliste (BOM, Bill of Materials) und eine Tabelle mit den Bauteilepositionen (CPL, Component Position List) im Excel-Format hochladen. Derzeit ist nur eine einseitige Bestückung möglich.

Als Versandmethoden bietet JLCPCB die Optionen DHL Express (teuer, aber extrem schnell und zuverlässig) und Euro-Packet an, wobei letztere vor dem Versand ein europäisches Versandzentrum zur Zollabwicklung durchläuft und ein paar Tage später ankommt (das Paket ist dann sechs bis acht Tage unterwegs). Im Rechnungsendbetrag sind die Zollabgaben bereits enthalten, man kann bequem mit PayPal zahlen. Unsere zweiseitigen Musterplatinen waren von guter Qualität, sorgfältig bestückt und gelötet; in der CPL/BOM nicht angegebene Positionen werden einfach unbestückt gelassen. Einen ausführlichen Erfahrungsbericht mit Tipps für eine unfallfreie Bestellung lesen Sie online. —cm

► [make-magazin.de/xvk9](http://make-magazin.de/xvk9)

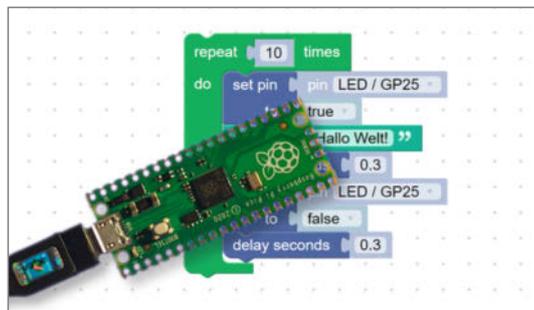
**Hersteller** JLCPCB  
**URL** <https://jlcpcb.com>  
**Preis** je nach Bauteilen und Platinengröße

## BIPES

Visuelle Entwicklungsumgebung für Raspberry Pi, ESP32 & Co.

Fertige Code-Blöcke kombinieren statt tippen: BIPES (Block based Integrated Platform for Embedded Systems) ist eine kostenlose, blockbasierte, visuelle Programmierplattform für IoT-Geräte, eingebettete Systeme und Anwendungen von vier brasilianischen Universitäten, die sich derzeit noch in der Beta-Phase befindet. Sie besteht aus Open-Source-Software und einem Service, der über die Webseite frei verfügbar ist. Da BIPES vollständig auf einer Web-Umgebung basiert, ist keine Software-Installation auf dem Rechner, Tablet oder Smartphone erforderlich, auf dem man seine Programme zusammenbaut.

Hauptsächlich stützt sich BIPES auf MicroPython oder CircuitPython, WebREPL, Web-Sockets, Web Serial API, HTML und Google Blockly, um eine No-Code-Programmierung über die Blöcke zu ermöglichen. So zusammengebaute Programme werden in Python-Code übersetzt und dann auf die Zielplatine gebracht.



BIPES benötigt darüber hinaus keine serverseitige Verarbeitung, sodass es als Progressive Web Application (PWA) eingesetzt werden kann. Dadurch ist es auch nutzbar, wenn der Computer offline ist. BIPES ist kompatibel mit verschiedenen Bastel-Boards wie Mbed, BBC micro:bit, ESP8266, ESP32 und Raspberry Pi. Eine Unterstützung des Raspberry Pico ist in der Entwicklung und funktioniert unseren Tests nach auch schon gut. —anp

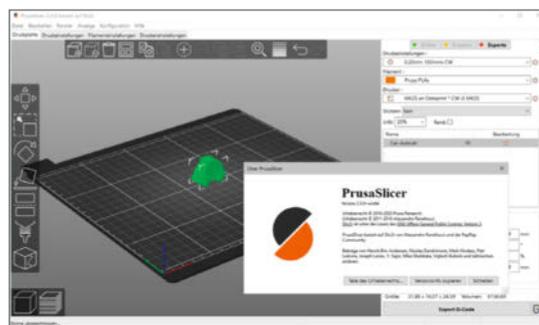
**URL** [www.bipes.net.br](http://www.bipes.net.br)  
**Preis** kostenlos

## Prusa Slicer 2.3

Kostenlose 3D-Drucker-Software

Die neue Version des Open-Source-Slicers des 3D-Drucker-Herstellers Prusa Research bietet als größte Neuerung die sogenannten *Aufmalstützen* (Paint-on Supports) – ein Werkzeug, um manuell Stützstrukturen für seine Werkstücke hinzuzufügen. Dazu markiert man mit der Maus die Stellen, die Unterstützung brauchen – oder wo keine Stützen erzeugt werden sollen – und sieht vorab im Slicer das Ergebnis. Das Icon für die Aufmalstützen wird im Slicer allerdings erst angezeigt, wenn man den Funktions-Level *Erweitert* auswählt.

Das *Bügeln* (Ironing) sorgt für glatte Oberflächen auf flachen, zur Druckplattform parallelen Flächen. Bisher war die glatteste Fläche eines Ausdrucks immer die unterste, auf dem Druckbett haftende Schicht. Das Bügeln führt nun zu ähnlich guten Oberflächen, indem es in einem weiteren Arbeitsschritt eine sehr dünne Schicht geschmolzenes Filament aufbringt und mit der Druckdüse diese Schicht fein glättet. Dies funktioniert natürlich nur auf Flächen, die



parallel zum Druckbett liegen – erspart aber in vielen Fällen, dass man diese Flächen später schleifen muss.

Die neue Version des Prusa Slicers bietet noch eine Reihe weiterer praktischer Funktionen und Verbesserungen, ausführlich und im Detail beschreiben wir sie online. —caw

► [make-magazin.de/xvk9](http://make-magazin.de/xvk9)

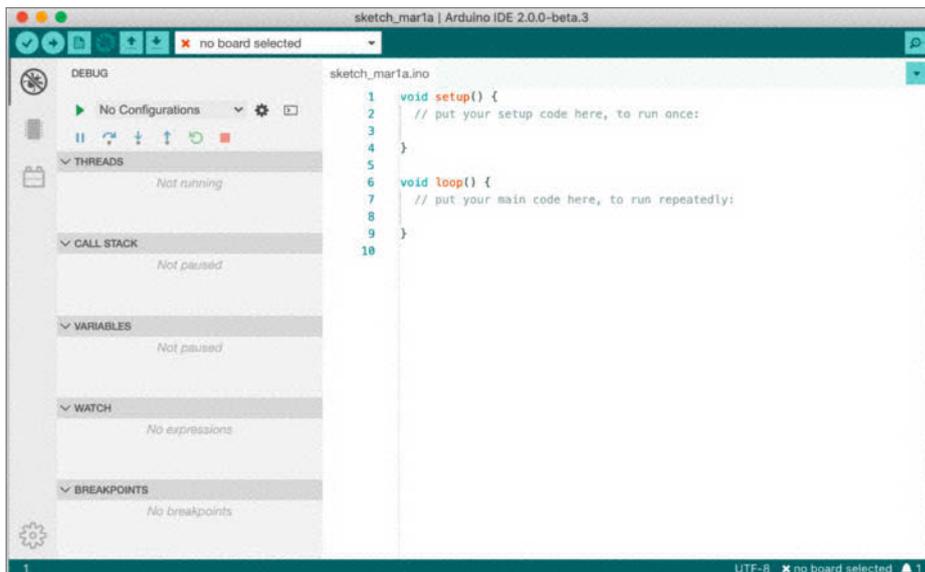
**Hersteller** Prusa Research  
**URL** [www.prusa3d.de/prusaslicer](http://www.prusa3d.de/prusaslicer)  
**Preis** kostenlos

# Arduino IDE 2.0

## Beta-Version der kostenlosen Programmierumgebung

Als neue Features verspricht Arduino zunächst Verbesserungen der Oberfläche, wie etwa Autovervollständigung von verfügbaren Variablen und Funktionen sowie das Einklappen von Programmabschnitten. Über das Kontextmenü soll es möglich sein, etwa zur Deklaration von Variablen zurückzuspringen. Die zweite große Neuerung ist der Live-Debugger, der die umständlichen Kontrollausgaben über den seriellen Monitor ablösen soll. Er funktioniert derzeit mit den Boards der SAMD- und Mbed-Plattformen, also der MKR-Familie, den neuen Nano-Boards sowie Portenta und Zero. Eine demnächst erscheinende Handreichung soll Drittanbietern die Einbindung ihrer eigenen Boards erleichtern.

Auf den ersten Blick sieht der neue Editor dem alten sehr ähnlich, so ist etwa die Leiste mit den Buttons zum Überprüfen und Hochladen des Codes erhalten geblieben. Dort kann jetzt direkt das zu programmierende Board eingestellt werden. Neu ist die Seitenleiste, die mit Debugging, dem Board und dem Bibliotheken-Manager gleich drei sinnvolle Funktionen bietet und auch auf die Einstellungsmöglichkeiten verweist. Etwas verwirrend: Über *File / Preferences* gibt es weitere Einstellungen, darunter endlich einen *Dark Mode* und das Eingabefeld, um zusätzliche Boardverwalter-URLs anzugeben.



Die Beta-Software kann ab sofort über die Arduino-Webseite heruntergeladen werden, neben einer Version für Windows 10 stehen auch eine 64-Bit-Version für Linux und MacOS ab Mojave (10.14) zur Verfügung. Bei der Installation auf Windows erhielten wir eine Warnung des Windows Defenders, die den Start verhinderte. Über *Weitere In-*

*formationen* kommt man allerdings zum Button *Trotzdem ausführen*, um die Installation zu starten. —hch

<b>Hersteller</b>	Arduino
<b>URL</b>	<a href="http://www.arduino.cc/en/software">www.arduino.cc/en/software</a>
<b>Preis</b>	kostenlos

## mTiny Discover Kit

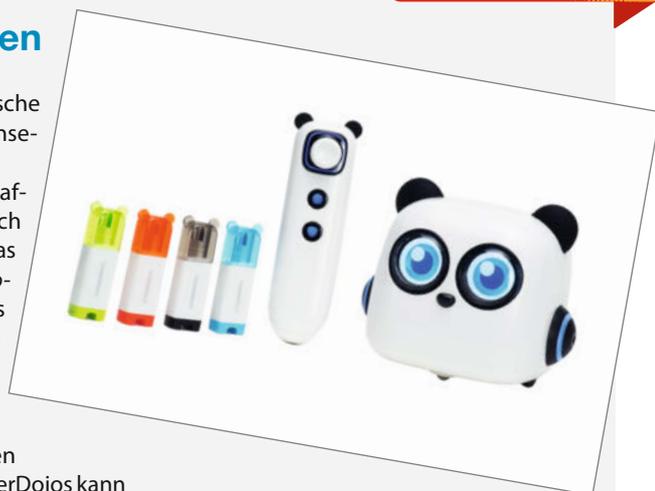
### Mit diesem Panda lernen Kinder programmieren, die noch nicht lesen können

Wem bei Elektronik-Lernkits das Konzept „unfassbar niedlich, aber lehrreich“ zusagt, wird am *mTiny Discover Kit* von Makeblock Education seine Freude haben. Der mTiny ist ein knuffiger-Panda-Roboter, der mit seinen Sensoren bunte Code-Karten auslesen kann. Die Zielgruppe sind Kinder im Vorschulalter, die die ersten Grundzüge des Programmierens lernen wollen. Das Kit besteht aus dem Roboter, einem Lernstift, der eigentlich eine Fernbedienung ist und vielen bunten Kartonfliesen. Auf denen sind zum einen gemalte Befehle gedruckt, die man hintereinander legen kann, um ein „Programm“ ablaufen zu lassen, zum anderen Szenarien, die dem Roboter Geräusche entlocken, wenn er darüber fährt. Dank ein paar niedlicher Stifte mit Pandaohren kann man den mTiny zum Mal-Bot aufrüsten. Wenn der Bot das erste mal loszuckelt und der selbst ge-

legten Stadt aus Pappe Geräusche entlockt, leuchten auch Erwachsenenaugen.

Mit fast 200 Euro Anschaffungskosten ist das Kit natürlich sehr teuer, daher ist es eher was für Kindergärten und *CoderDojos*. Dafür ist es aber ideal: Das Material ist sehr robust und mit den Karten, auf denen Straßenszenen abgebildet sind, können mehrere Kinder gleichzeitig eine Route für den Lern-Bot bauen. Gerade in *CoderDojos* kann man damit wunderbar jüngere Geschwister beschäftigen, die für *Scratch* noch nicht konzentriert genug sind. Leider sind die Kurzanleitungen nicht besonders hilfreich, da muss ein Erwachsener aushelfen, wenn man einen da hat. —rehu

**Ausprobiert**  
— von Make: —



<b>Hersteller</b>	Makeblock Education
<b>URL</b>	<a href="http://education.makeblock.com/mtiny-discover-kit">education.makeblock.com/mtiny-discover-kit</a>
<b>Preis</b>	159,48 € bis 199 €, je nach Anbieter

**Ausprobiert**  
— von Make: —

## Pico Display

### Farb-Display für den Raspberry Pico



Das Pico-Display von Pimoroni ist 1.14" klein (25mm × 15mm), aber dank eines 240 × 135 Pixel großen IPS-LCD mit 18-Bit-Farben auch fein. Hat der eigene Raspberry Pico schon eingelötete Header-Pins, so steckt man das Display einfach auf, die Ausrichtung ist auf dem Board gekennzeichnet. Weiterhin bietet das Board noch vier Buttons und eine RGB-LED.

Für die Ansteuerung benötigt man die Pimoroni-MicroPython-Firmware als .UF2, die sich per Drag&Drop installieren lässt. Pimoroni entwickelt die Firmware stetig weiter, in den letzten Versionen ist etwa auch *ulab* integriert. Die Programmierung aus *Thonny* ist einfach und das Python-Modul ist gut dokumentiert.

Das kleine Board ist ein echter Schatz, der viel Spaß macht. Die Qualität der Verarbeitung und des Displays sind sehr gut. Nicht so gefallen hat uns, dass man nur sehr umständlich an die restlichen Ports des Pico herankommt. Entweder man baut sein Projekt auf einem Breadboard auf oder versucht einen Aufbau mit doppelten Header-Pins, sodass man den Pico sozusagen kopfüber in ein Breadboard steckt und das Display auf diesen aufgesteckt lassen kann. Einen ausführlichen Testbericht mit Video lesen Sie online. —caw

► [make-magazin.de/xvk9](https://make-magazin.de/xvk9)

<b>Hersteller</b>	Pimoroni
<b>URL</b>	<a href="https://shop.pimoroni.com/products/pico-display-pack">shop.pimoroni.com/products/pico-display-pack</a>
<b>Preis</b>	13,05 €

## Oh My Git!

### Gamification des komplexen Versionsverwaltungssystems Git

Spielerisch lernen, das ist etwas für Kinder – wir Erwachsenen lernen strukturiert im Frontalunterricht. So klingt es zumindest immer, wenn man versucht, komplexe Sachverhalte spielerisch zu vermitteln.

*Oh my Git!* hat dieses Memo nicht bekommen und ist ein wirklich spaßiges Computerspiel, mit dem man Git lernen kann (siehe auch Seite 86). Im Rahmen einer Zeitreise-Geschichte erklärt es komplexe Vorgänge, wie *merging* oder *rebasing*, die einem im Git-Workflow begegnen können. Der Spieler wird beim Lernen unterstützt, indem er die Git-Befehle als Spielkarten im Deck hat und Git als Kartenspiel verstehen lernt.

Die Entwickler:innen *Bleeptrack* und *Blinry* arbeiten oft zusammen und benutzen Git

für die Versionsverwaltung. Dabei fiel ihnen auf, dass es bislang kein Spiel gibt, das Git kinderfreundlich erklärt. Seit 2020 arbeiten sie an einem spielbaren Prototyp und bieten nun eine lehrreiche Spielerfahrung sowohl für Einsteiger als auch erfahrene Git-Anwender. Das Spiel ist kostenlos, komplett Open Source und läuft mit der ebenfalls kostenfreien *Godot Engine*. Es gibt noch den ein oder anderen Bug, aber man kann jetzt schon viel Spaß mit *Oh my Git!* haben. —caw/rehu



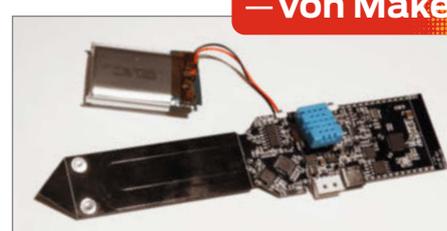
<b>URL</b>	<a href="https://ohmygit.org">https://ohmygit.org</a>
<b>Preis</b>	kostenlos

## LilyGo HiGrow 1.1

### ESP-32-Bodenfeuchte-Sensor in neuer Version

Der Hersteller preist seinen Bodenfeuchtesensor mit WLAN, Bluetooth, kapazitivem Bodenfeuchte-Fühler, Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmesser, Beleuchtungssensor sowie Ladeautomatik für Lilon-Akkus an. Zusätzlich ist ein resistiver Sensor enthalten, der etwas über den Nährstoffgehalt des Bodens aussagen soll. Die Stromversorgung kann außerdem über die USB-Buchse erfolgen (nun USB-C statt Mikro-USB). Doch nicht alles davon ist korrekt: So ist der Beleuchtungssensor nicht enthalten, sondern kann über die an einer Buchse anliegenden I<sup>2</sup>C-Schnittstelle optional angeschlossen werden. Der „Nährstoffsensor“ misst lediglich die Leitfähigkeit des Bodenwassers. Die in der Vorversion des Sensors eingebaute Halterung für eine Akkuzelle (16850) wurde nun durch ein kurzes, steckbares Anschlusskabel ersetzt. Ein Akku (wie er im Bild zu sehen ist) wird nach wie vor nicht mitgeliefert.

Der Versuch, den Sensor mit der bereitgestellten Firmware nach Ergänzung mit den WLAN-Daten in Betrieb zu nehmen, gelang leider nicht, da der Sensor jede Kontaktaufnahme mit dem WLAN verweigerte. Soweit erzielte der HiGrow V1.1 erst einmal einen schlechten Eindruck. Im weiteren Verlauf unse-



**Ausprobiert**  
— von Make: —

res Tests konnten wir die Probleme umschiffen (wie, lesen Sie online, siehe Link) und der Sensor erwies sich letztendlich als durchaus brauchbar, gerade für den Außeneinsatz: Im *DeepSleep*-Modus kann man den Stromverbrauch drastisch senken. Im Normalbetrieb haben wir einen Stromverbrauch von bis zu 180mA gemessen, im DeepSleep sank er auf 0,25mA. Wenn man den Sensor nur einmal pro Stunde für eine Minute aufweckt, ergibt das mit der benutzen 1000mAh-Akkuzelle eine maximale Betriebszeit von etwa 150 Tagen. —hgb

► [make-magazin.de/xvk9](https://make-magazin.de/xvk9)

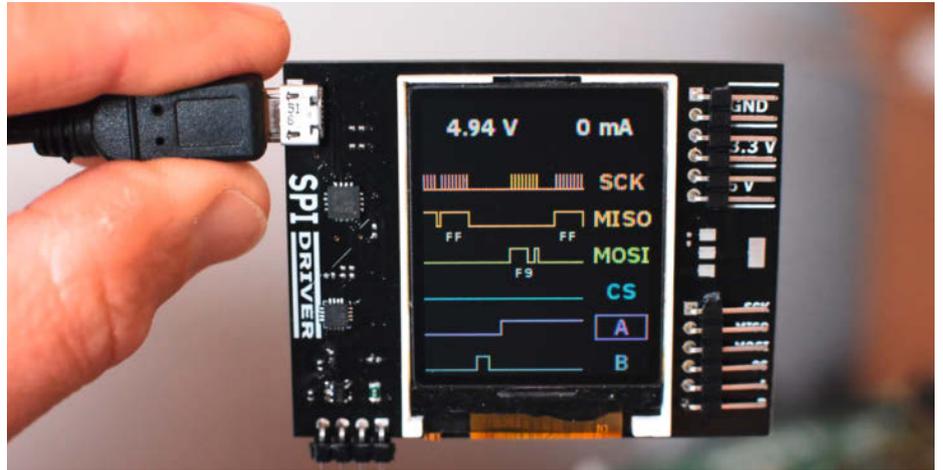
<b>Hersteller</b>	LilyGo
<b>URL</b>	u.a. <a href="https://makershop.de">Makershop.de</a>
<b>Preis</b>	ca. 20 € (aus Deutschland)

# SPI Driver

## SPI-Debugger mit Bildschirm

Die kreativen Auslegungen des SPI-„Standards“ (Serial Peripheral Interface) treiben den hardwarenahen Bastler oft zur Verzweiflung: Will der Peripherie-Chip nun ein Taktsignal in positiver oder negativer Logik? Werden die seriellen Daten auf der steigenden oder fallenden Flanke ausgewertet? Wie muss man die SPI-Register einstellen, damit der Arduino 4014- oder 74HC166-Schieberegister einlesen kann oder die Bits in der richtigen Reihenfolge in einem 4094 oder 74HC595 als Port-Erweiterung landen?

Das Basteln mit SPI will der *SPI Driver* von *Excamera Labs* erleichtern: Das ist eine kleine Platine mit TFT-Farbdisplay, die den SPI-Bus komplett analysiert, aber auch selbst steuern kann – im einfachsten Fall mit Klartext-Befehlen über ein Terminal-Programm. Ebenso ist eine Anbindung an eigene Programme über eine quelloffene API möglich; besondere Treiber sind nicht erforderlich, da der USB-Anschluss des SPI Driver mit dem FT232 von



FTDI arbeitet. Man erhält also einen spezialisierten Logikanalysator und -generator ähnlich dem bekannten *Bus Pirate*, allerdings mit eingebautem Bildschirm.

<b>Hersteller</b>	Excamera Labs
<b>Bezugsquelle</b>	u.a. Watterott
<b>Preis</b>	33 €

—cm

# RealityCapture

## Photogrammetrie-Software für Windows

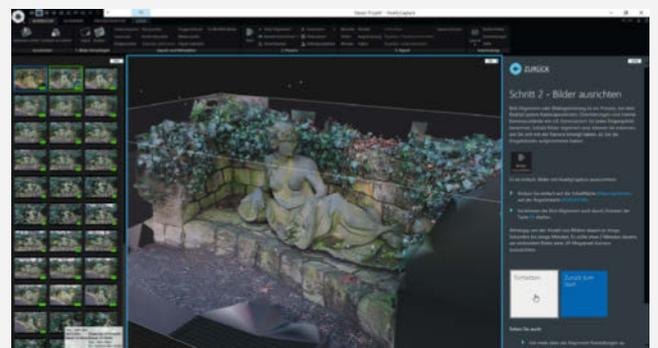
**Ausprobiert**  
— von Make: —

Photogrammetrie-Software errechnet aus Fotoserien 3D-Modelle der aufgenommenen Objekte – und ist normalerweise ziemlich teuer. *RealityCapture* allerdings kann man kostenlos herunterladen und damit nach Herzenslust Bilddatensätze verarbeiten (eine Nvidia-Grafikkarte mit CUDA 3.0+ ist allerdings Pflicht). Erst, wenn man ein fertiges 3D-Modell etwa im OBJ-Format exportieren will, muss man dafür bezahlen. Die Bedienung der Software fällt auch Einsteigern leicht, dank ausführlicher Erklärtexte auch auf Deutsch. Zudem erledigt die Software vieles praktisch vollautomatisch, etwa die Registrierung, also die Ausrichtung der Bilder untereinander, wobei die Kamerapositionen rekonstruiert werden. Für Nachbearbeitungen wie Glättung oder Reduzierung der Polygonzahl sind die nötigen Werkzeuge gleich in die Software integriert.

Statt Bilder kann man auch Videos in die Software laden – bei deren Import legt man einfach fest, alle wie viele Millisekunden ein Frame entnommen werden soll. Darüber hinaus lassen sich Datensätze etwa von 3D-Laserscannern einbinden, was für professionelle Anwender weitere Möglichkeiten eröffnet. Für den Export steht neben OBJ auch noch PLY und XYZ für dichte Punktwolken zur Wahl. Alternativ zur Bitmap-Textur kann man

die Datei auch per Farbinformation pro Vertex kolorieren.

Da kaum ein Maker sich die Enterprise-Lizenz für einmalig 3750 US-Dollar kaufen wird, bezahlt man für den Export fertiger Modelle. Dabei richtet sich der Preis nicht nach der Qualität des Outputs, etwa gemessen an der Polygonzahl, sondern nach den Megapixeln des insgesamt hineingegebenen Rohmaterials. Damit ist der Preis direkt abhängig von der Zahl und der jeweiligen Auflösung der Fotos. Gerechnet wird in Credits. Aktuell zahlt man für ein Paket aus 3500 Credits 10 US-Dollar, für das 8000-Credit-Paket 20 US-Dollar. Mit dem kleineren Paket soll sich insgesamt 14.000 Megapixeln an Bildmaterial verarbeiten lassen, mit dem großen 32.000 Megapixel. Vor kurzem waren die Credits noch deutlich teurer, aber der Hersteller *CapturingReality* wurde inzwischen von *Epic Games* übernommen und gleichzeitig sind die Preise für die Credits deutlich gesenkt worden. Geplant ist offenbar, die Software als Werkzeug für



die Spiele-Entwicklung direkt ins *Unreal*-Universum einzugemeinden. Mit seinem Preismodell, der theoretisch unbegrenzten Bilderzahl und den überzeugenden Ergebnissen ist *RealityCapture* eine Software, die ganz besonders auch für alle interessant ist, die nur gelegentlich mal eine Photogrammetrie erstellen wollen. Einen ausführlichen Testbericht mit vielen Bildern lesen Sie online.

—pek

► [make-magazin.de/xvk9](http://make-magazin.de/xvk9)

<b>Hersteller</b>	CapturingReality
<b>URL</b>	<a href="http://www.capturingreality.com">www.capturingreality.com</a>
<b>Preis</b>	ab 10 US-\$ für 14.000 Megapixel Input-Daten; Enterprise-Lizenz: 3750 US-\$

## Podcast: She likes Tech

Hier kommen die coolsten  
Frauen der Techszene zu Wort



Der Podcast „She likes Tech“ stellt die interessantesten Expertinnen aus dem Tech-Bereich vor. Zu Gast sind bekannte Gesichter aus der Hackerszene und Netzpolitik, wie Julia Reda und Jiska Classen. Letztere hat von ihrem iPhone-Hack berichtet, den sie auf dem Remote Chaos Communication Congress RC3 vorgestellt hat und die Frage beantwortet, was eine „gute“ Hackerin ausmacht. Zuletzt war die Makerin *Bleeptrack* in der Folge „Code goes Art“ dabei, deren generative Kunst wir schon ein paar Mal im Heft gezeigt haben. Sie erklärt, wie ihre Algorithmen Blumenmuster oder einfache Käferzeichnungen generieren und wie sie mit ihren Kunstwerken Geld verdient. Reinhören lohnt sich!

Moderiert wird der Podcast von Svea Eckert und Eva Köhler, zwei routinierten Tech-Journalistinnen. Es gibt in mittlerweile über 20 Folgen eine große Bandbreite an Themen zur Auswahl; mal mehr auf Karriere und Business im Tech-Bereich fokussiert, mal auf die Projekte und Hacks der Gäste. Die Produktionsqualität ist sehr gut – teilweise fast etwas zu gut, so eine glatte Moderation ist man bei Tech-Podcasts gar nicht gewohnt. Jede zweite Woche Dienstags gibt es neue Folgen und bei einer Produktion von NDR-Info und N-JOY kann man damit rechnen, dass es nicht bei den bisherigen Folgen bleiben wird. —*rehu*

URL [ndr.de/nachrichten/info/podcast4808.html](http://ndr.de/nachrichten/info/podcast4808.html)

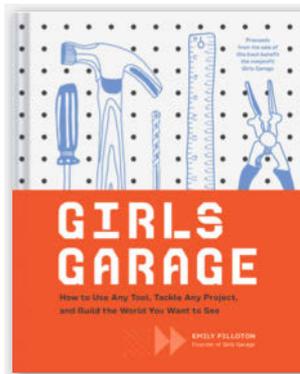
## Girls Garage

How to Use Any Tool, Tackle Any Project,  
and Build the World You Want to See

Das einzige Buch, das Du brauchst, um ein Leben lang zu bauen – mit diesem großen Versprechen tritt Emily Pilloton an, um Mädchen alles wichtige über Werkzeuge zu vermitteln. Ihre Organisation *Girls Garage* veranstaltet seit 2013 Kurse und Workshops zu Holzarbeiten, Schweißen, Architektur und Kunst. Aus dieser Erfahrung heraus stellt die Designerin in ihrem englischsprachigen Buch elf Projekte von der kleinen Werkzeugkiste bis zur großen Hundehütte vor. Zuvor geht es um die Grundlagen der Arbeit mit Holz und Metall: Materialkunde, Werkzeuge wie Sägen und Akkuschrauber und die richtigen Techniken zum Ausmessen und Nachbearbeiten. 21 unterschiedliche Kompetenzen, wie das Lesen von Konstruktionszeichnungen, eine Knotenkunde und Starthilfe für Autos werden

anschließend noch etwas ausführlicher erläutert.

Dank vieler Zeichnungen ist das Buch sehr anschaulich und mit persönlichen Anekdoten zwischen viel Technikwissen und -tips trifft Pilloton den richtigen Ton, um auch über das Teenageralter hinaus zu begeistern. Der einzige Knackpunkt sind leider die englischen Fachausdrücke und Abmessungen in Zoll und Inch. Wünschenswert wäre eine übersetzte und lokalisierte Ausgabe, um auch im deutschsprachigen Raum für den ersten Einkauf im Baumarkt gerüstet zu sein. —*hch*



<b>Autorin</b>	Emily Pilloton
<b>Verlag</b>	Chronicle Books LLC
<b>Umfang</b>	320 Seiten
<b>ISBN</b>	9781452166377
<b>Preis</b>	26,99 € (Buch), 11,95 € (E-Book)

## STM32

ARM-Mikrocontroller programmieren für Embedded Systems/  
Das umfassende Praxisbuch

Das Prädikat „Das umfassende Praxisbuch“ und der Umfang von 416 Seiten lassen ein interessantes Buch auch für Maker erwarten. STM32-Mikrocontroller sind verbreitet und leistungsfähig, aber auch komplex. Möchte man jenseits der Arduino-IDE an die Chips heran, so muss man auf C umsteigen und die Hardware bis auf das letzte Bit kennen. Daher enthält das Buch auch viele Tabellen mit Registern und Adressen – und trotzdem empfiehlt der Autor, man solle die offizielle Dokumentation nebenbei lesen. Allein Timer werden über etliche Kapitel behandelt. Auch die von uns Makern geliebten GPIOs, ADC und DAC kommen zur Sprache, leider verwenden alle Beispiele im Buch nur sehr simple Sensoren und Bauteile (LED, Poti, Taster, mal ein IC). Die vom Autor verwendete und entwickelte Bibliothek kapselt wiederum genau die Sachen, die man eigentlich lernen möchte,

und nicht immer werden die Funktionen genauer eingeführt.

Die Zielgruppe sind laut Autor der englischen Sprache mächtige (wegen Hersteller-Dokumentation), erfahrende Softwareentwickler, Studierende und Einsteiger in die Programmierung von Mikrocontrollern. Es sollten auch schon eine funktionierende C-Entwicklungsumgebung und mittlere Kenntnisse in C vorhanden sein. Diese Zielgruppe bedient das Buch, viele Maker wohl eher nicht, jedenfalls nicht ohne ein weiteres Einsteigerbuch vorab. —*caw*



<b>Autor</b>	Ralf Jesse
<b>Verlag</b>	mitp
<b>Umfang</b>	416 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3747501917
<b>Preis</b>	29,99 € (Buch), 25,99 € (E-Book), 34,99 € (Bundle)

# An Instructive Appreciation of Buttons and Switches

## Alles, was man über Schalter wissen muss

Lee Cyborg macht Zines für Elektronik-Einsteiger: Ein Zine ist ein kleines, selbst publiziertes Heftchen mit viel Inhalt. In „An Instructive Appreciation of Buttons and Switches“ hat Lee sich ein ganzes Heft lang nur den Eigenheiten von Schaltern gewidmet. Über dieses profane Bauteil kann man

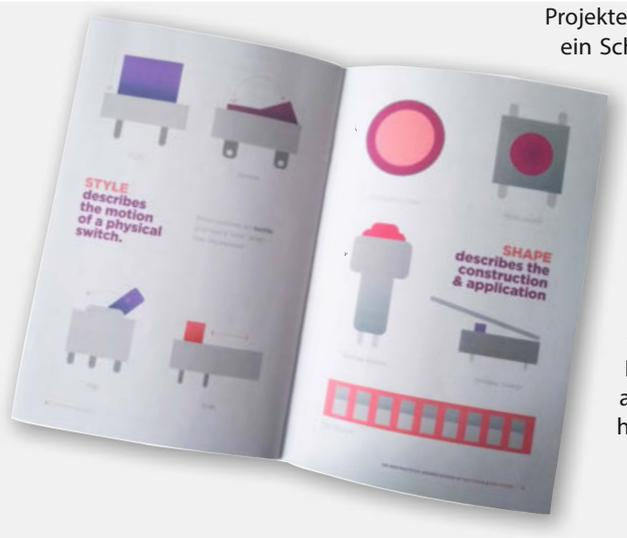
erstaunlich viel schreiben: Welche Arten von Schaltern und Knöpfen gibt es? Welche Bezeichnungen können sie haben? Wie testet man einen Schaltkreis mit Schalter mit einem Multimeter? Welche außergewöhnlichen Schalter können einem begegnen? Außerdem werden viele Beispiele gezeigt, wie man Schalter und Druckknöpfe clever in Projekten einsetzen kann. So erklärt Lee, dass ein Schalter nicht immer ein elektrisches

Bauteil sein muss. Zum Beispiel kann auch ein Reißverschluss mit etwas leitendem Garn zum Schalter werden.

Das Zine besticht mit klaren, fröhlichen Illustrationen und einem übersichtlichen Layout. Es ist überraschend, wie viel Begeisterung für ein kleines Bauteil ein gut gemachtes Heft auslösen kann. „An Instructive Appreciation of Buttons and Switches“ ist nur auf Englisch erhältlich. —*rehu*



<b>Autor</b>	Lee Wilkins
<b>Verlag</b>	Selbstverlag
<b>Umfang</b>	23 Seiten
<b>URL</b>	leecyborg
<b>Preis</b>	15 US-\$



## Raspberry Pi für Kids

### Programmieren lernen und experimentieren mit Elektronik, Scratch und Python

Das Buch „Raspberry Pi für Kids“ von Michael Weigend ist mittlerweile in der vierten Auflage erschienen. Es will Kindern ab 12 Jahren und interessierten Erwachsenen die Hemmungen vor dem Raspberry Pi nehmen – und das macht es auch sehr gut. Am Anfang wird man sehr niedrigschwellig Schritt-

für-Schritt durch die Inbetriebnahme eines Raspberry Pis und die Installation eines Raspbians geführt. Prompt folgt das erste Projekt: Den RasPi als Mediencenter einrichten – das ist schön lebensnah und einleuchtend. Dann folgt, etwas überraschend für die Altersklasse, ein Einstieg in *Scratch*. Aber ja, so nimmt man wirklich alle Anfänger mit. Der Schwierigkeitsgrad wird über 54 Projekte hinweg langsam gesteigert und weitere Bauteile in Betrieb genommen. Wenn die Programmlogik in *Scratch* sitzt, steigt man auf Python um. Am Ende setzt man einen eigenen Webserver mit Apache auf – und schwupps, ist das Kind bereit für ein eigenes Make-Abo und weiß alles besser.

„Raspberry Pi für Kids“ ist ein gutes Buch für Kinder, die schon ein bisschen mit Einsteiger-Programmiersprachen und Mikrocontrollern Kontakt hatten, auf den Geschmack gekommen sind und sich jetzt richtig reinernen wollen. Die Einkaufsliste im Anhang ist angenehm günstig, das nimmt Eltern hoffentlich Hemmungen. —*rehu*



<b>Autor</b>	Michael Weigend
<b>Verlag</b>	mitp
<b>Umfang</b>	464 Seiten
<b>ISBN</b>	9783747502723
<b>Preis</b>	29,99 € (Buch), 25,99 € (E-Book), 34,99 € (Bundle)



# IMPRESSUM

**Make:** Nächste Ausgabe erscheint am 10. Juni 2021

## Redaktion

**Make: Magazin**  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-300  
Telefax: 05 11/53 52-417  
Internet: [www.make-magazin.de](http://www.make-magazin.de)

**Leserbriefe und Fragen zum Heft:** [info@make-magazin.de](mailto:info@make-magazin.de)

Die E-Mail-Adressen der Redakteure haben die Form xx@make-magazin.de oder xxx@make-magazin.de. Setzen Sie statt „xx“ oder „xxx“ bitte das Redakteurs-Kürzel ein. Die Kürzel finden Sie am Ende der Artikel und hier im Impressum.

**Chefredakteur:** Daniel Bachfeld (dab)(verantwortlich für den Textteil)

**Stellv. Chefredakteur:** Peter König (pek)

**Redaktion:** Heinz Behling (hgb), Helga Hansen (hch), Carsten Meyer (cm), Rebecca Husemann (rehu), Andreas Perband (anp), Elke Schick (esk), Carsten Wartmann (caw)

**Mitarbeiter dieser Ausgabe:** Beetlebum (Comic), Andreas Gräßer, Georg Haug, Ekagrat Singh Kalsi, Sven Klomp, Andreas Koritnik, Josef Müller, Samer Najia, Niq Oltman (Übersetzer), Roman Radtke, Stella Risch (stri), Ulrich Schmerold, Frank Siebert, Fabian Steppat, Jan Wegener

**Assistenz:** Susanne Cölle (suc), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

**Leiterin Produktion:** Tine Kreye

**DTP-Produktion:** Martina Bruns, Martin Krefit (Korrektorat)

**Art Direction:** Martina Bruns (Junior Art Director)

**Layout-Konzept:** Martina Bruns

**Layout:** Nicole Wesche

**Fotografie und Titelbild:** Andreas Wodrich

**Digitale Produktion:** Anna Hager, Kevin Harte, Pascal Wissner

**Hergestellt und produziert mit Xpublisher:**  
[www.xpublisher.com](http://www.xpublisher.com)

## Verlag

**Maker Media GmbH**  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Internet: [www.make-magazin.de](http://www.make-magazin.de)

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise

**Geschäftsführer:** Ansgar Heise, Dr. Alfons Schröder

**Verlagsleiter:** Dr. Alfons Schröder

**Stellv. Verlagsleiter:** Daniel Bachfeld

**Anzeigenleitung:** Michael Hanke (-167) (verantwortlich für den Anzeigenteil), [mediadaten.heise.de/produkte/print/das-magazin-fuer-innovation](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:**

VU Verlagsunion KG  
Meißberg 1  
20086 Hamburg  
Tel.: 040/3019 1800, Fax.: 040/3019 145 1800  
E-Mail: [info@verlagsunion.de](mailto:info@verlagsunion.de)  
Internet: [www.verlagsunion.de](http://www.verlagsunion.de)

**Einzelpreis:** 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 2021 by Maker Media GmbH

ISSN 2364-2548

## Nachgefragt

### Wann ist ein Projekt für dich wirklich fertig?



**Sven Klomp**  
Dollbergen, überrascht uns auf Seite 42 mit einem verzauberten Bilderrahmen. Fertig? Es gibt doch immer etwas zu verbessern und genau das macht den Reiz aus.



**Frank Siebert**  
Unterhaching, optimiert seine Hydroponikanlage auf Seite 32 immer weiter. Eigentlich nie. Eher gibt es funktionierende Zwischenstände! Auch wenn ich mich dann anderen Aufgaben zuwende, habe ich das Projekt im Hinterkopf, und irgendwann geht es weiter in die nächste Runde!



**Carsten Wartmann**  
Oh, den kennen Sie doch schon! Aber warten Sie, etwas ist anders: Er ist jetzt Make-Redakteur. Maker definieren selbst, wann ein Projekt fertig ist. Dekoratives ist fertig, wenn ich es schön finde. Technik muss mir helfen und funktionieren. Bei Projekten in Haus und Garten entscheidet meine Frau.



**Makey**  
Hannover, kann gar nicht mehr erwarten, dass die nächste Maker Faire losgeht. Hab ich da was von fertigen Projekten gehört? Ich liebe fertige Projekte! Ich hoffe, dass ich ganz viele davon bei der digitalen Maker Faire am 18. Juni sehen kann! Der Call for Makers läuft noch bis zum 30. April. Machen Sie mit!

## Inserentenverzeichnis

dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg .....	11, 83	Technische Universität Ilmenau, Ilmenau .....	45
Reichelt Elektronik GmbH & Co., Sande .....	140	<b>Make:markt</b> .....	21
Sauter GmbH, Inning .....	37		

# Make: Projects



## OSTER-CHALLENGE AUF MAKE PROJECTS

Mach jetzt mit,  
zeige dein Osterprojekt  
und gewinne ein tolles  
**Make/Maker Faire-  
Merch-Paket**  
inkl. **Make Miniabo Plus!**





# UNSER SORTIMENT VON MAKERN FÜR MAKER

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.

### Analog-Multimeter, AC/DC

Eignet sich ideal zum Ablesen von Trends und schwankenden Messwerten, sowie als Einstiegsgerät an Schulen und Universitäten zur elektrotechnischen Grundbildung.

- gummiertes Holster (abnehmbar) für hohe Robustheit
- inkl. Prüflleitungen und Batterien
- Spannungsmessung bis 1000 V AC/DC
- Widerstandsmessung bis 20 MOhm
- Strommessung bis 10 A DC



Bestell-Nr.:  
MT 250

17,30

### Digital-Multimeter

Kompaktes 3 1/2-stelliges Multimeter mit 2.000 Counts – ideal für den Ausbildungs- und Servicebereich.

- blaue Hintergrundbeleuchtung
- Dioden-, Durchgangs- und Batterieprüffunktion
- integrierter Schutzrahmen

**PeakTech®**



EN 61010-1  
CAT III  
600 V

Bestell-Nr.:  
PEAKTECH 1035

19,80

ANALOG  
VERSUS  
DIGITAL

## Messen, prüfen, analysieren –

die Vielfalt der Multimeter bei reichelt



Gleich entdecken ► [www.reichelt.de/multimeter](http://www.reichelt.de/multimeter)

REICHELT YOUTUBE KANAL MIT UNBOXINGS & HOW-TOs

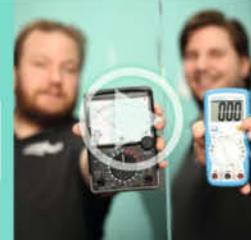


REICHELT  
PACKT AUS!

ANALOG VS.  
DIGITAL  
MULTIMETER IM TEST



Direkt reinschauen ► [youtube.com/reichelt](https://youtube.com/reichelt)



■ Top Preis-Leistungs-Verhältnis

■ über 110.000 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: 15. 3. 2021