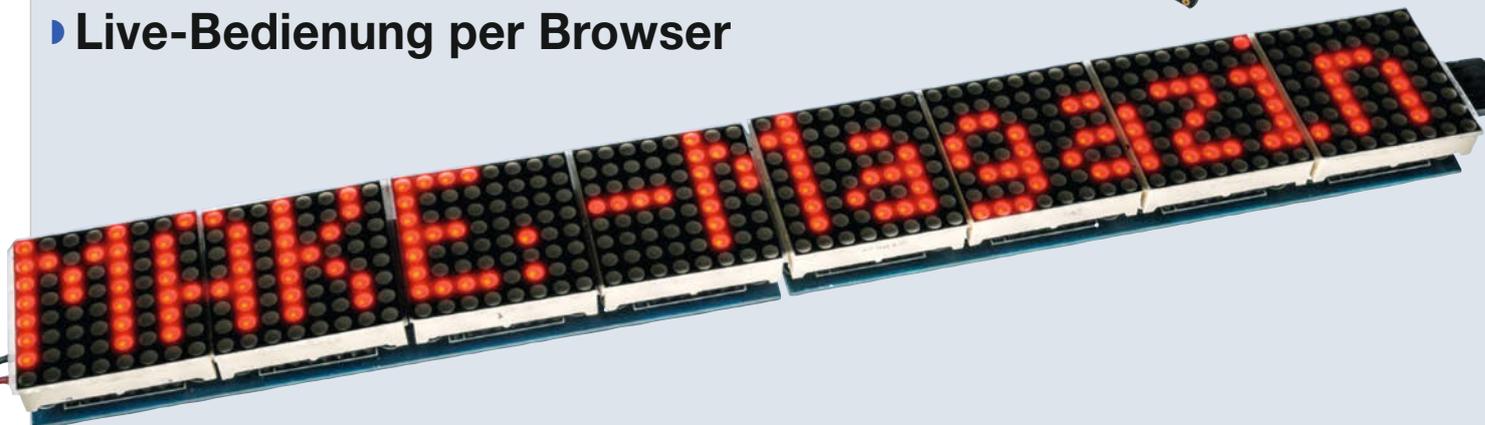
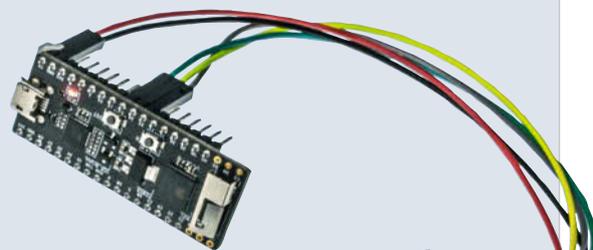


LED-Laufschrift

- ▶ Schnell und einfach selbst gebaut
- ▶ Mit WLAN und ESP32
- ▶ Live-Bedienung per Browser



Elektronik

- ▶ Türwächter mit LoRa oder WLAN
- ▶ Popcorn-Automat mit RFID
- ▶ Profi-Studioblitz für 100 Euro

Werkstatt

- ▶ Ausprobiert: Plastik selbst recyceln
- ▶ Holz: Schicke Eckverbindung sägen
- ▶ Betonguss mit 3D-Druck-Formen

Pi-HQ-Kamera in der Praxis

- ▶ So geht's: Alte Fotoobjektive nutzen
- ▶ Astrofotografie für Einsteiger



MP3-Player mit Arduino

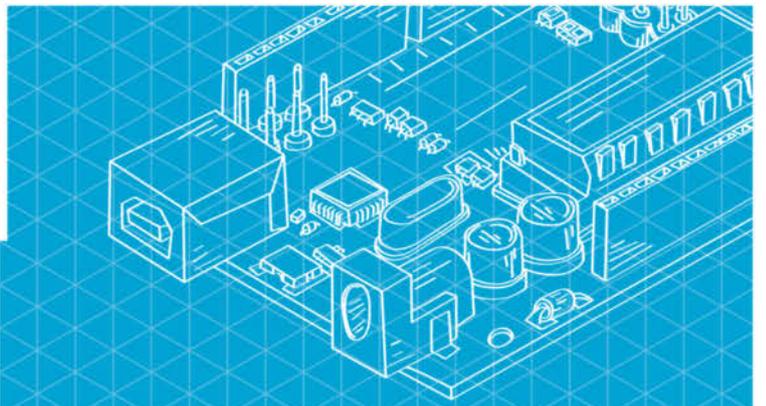
- ▶ Für Musik und Hörspiele
- ▶ Mobil mit Powerbank
- ▶ Kinderleichte Steuerung



4/21
5.8.2021
CH CHF 25.80
AT 14,20
Benelux 15,20
€ 12,90



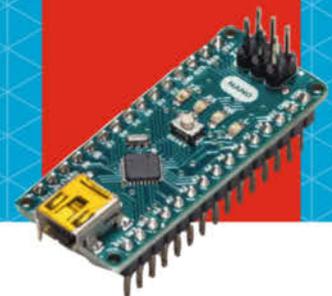
Make:



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

© Copyright by Maker Media GmbH.



Allgemeiner Warnhinweis

Mal ehrlich: Hat Ihr Hirn bei dieser Überschrift auch automatisch auf Durchzug geschaltet? Verständlich wäre es ja, denn die Gegenwart ist schließlich gepflastert mit Warnhinweisen, die die meisten von uns schon gar nicht mehr wahrnehmen. Seien es Warnungen, keine defekten Geräte zu öffnen oder Akkus niemals ins Feuer zu werfen. Das steht gefühlt in jeder Gebrauchsanweisung. Als Maker hält man sich an das eine eher nicht, beim anderen hingegen käme man niemals auf die Idee, das zu tun. Ebenso wenig liest man die Hinweise für Allergiker auf Lebensmitteln, wenn man bisher noch nie auf bestimmte Zutaten reagiert hat. Ganz zu schweigen von den Beipackzetteln zu Medikamenten, die auch nur eine Minderheit genau studieren dürfte, bevor es an die Einnahme geht.

Alle diese Warnhinweise haben eines gemeinsam: Sie dienen unter anderem dazu, die Hersteller von Haftung freizuhalten. Deshalb werden dort auch manchmal Risiken breitgetreten, die zwar einen fatalen Ausgang haben können, aber maximal unwahrscheinlich sind.

Doch man muss genauer hinschauen, denn es gibt auch Warnhinweise, die den eben beschriebenen zwar sehr ähnlich sehen, die aber kein *Risiko* beschreiben (bei dem der Schaden nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintritt), sondern eine *Gefahr*, die auf jeden Fall besteht. Eine giftige Flüssigkeit ist immer giftig, weshalb auch wohl niemand den Totenkopf auf dem Etikett auf die leichte Schulter nimmt. Ein Stromschlag ist ab einer gewissen Energie lebensgefährlich und wer die Finger in die Kreissäge bekommt, wird schwer verletzt. Deshalb enthalten unsere Artikel auf den Seiten 104 und 120 die **ernstgemeinten** Hinweise, dass Sie sich nur dann am Studioblitz im Eigenbau oder an der Fingerzinkung als Holz-Eckverbindung versuchen sollten, wenn Sie den sicheren Umgang mit Hochspannungen beziehungsweise Tischkreissägen wirklich beherrschen.

Strom und Säge stellen für Experten ebenso eine Gefahr da wie für unbedarfte Laien, der Unterschied ist nur: Wer sich gut auskennt, ist sich der Gefahr bewusst und kann gezielt damit umgehen. Fatal ist meist das, womit man nicht rechnet. Machen Sie also nur Dinge, bei denen Sie die Gefahren einschätzen können. Diese Einschätzung müssen Sie selbst treffen, die kann Ihnen niemand abnehmen, auch kein noch so großer Warnhinweis in einer Gebrauchsanweisung oder in einem Heft.

Bis vor kurzem hätte man es mit diesem Lebenstipp (oder auch: *Allgemeinem Warnhinweis*) bewenden lassen können. Aber speziell die Hochwasserkatastrophe der jüngsten Zeit hat deutlich gemacht, dass es – unter anderem durch den Klimawandel – inzwischen Risiken und Gefahren gibt, die kaum jemand realistisch einzuschätzen vermag. Ich bin sicher, dass jede reflexhafte Erklärung oder gar Schuldzuweisung, wie es zu dieser Katastrophe kommen konnte, zu kurz greift. Ich bin mir aber ebenso sicher, dass wir uns wieder mehr mit Risiko- und Gefahreinschätzung beschäftigen müssen, um besser individuell entscheiden zu können, was wir tun oder lassen sollten, welche Warnungen wir beherzigen und welche wir ausblenden. Auch wenn in der Vergangenheit bei manchen ein anderer Eindruck entstanden sein mag: Das kann und wird uns niemand abnehmen. Das gilt für die eigenen Bastelprojekte ebenso wie für die elementaren Fragen des Lebens.

Peter König

Peter König

Sagen Sie uns Ihre Meinung!

mail@make-magazin.de

Inhalt

Elektronik

Futter für den Lötcolben – und mit dem selbstnachfüllenden Popcorn-Maker auch für den Lötcolber selbst! Die LoRa-Türüberwachung sorgt derzeit bei unserem Autor für ein sorgenfreies Frühstücksei von glücklichen Hühnern, und mit unserem 100-Euro-Studioblitz könnten Sie das Ganze influencermäßig in Szene setzen.

50 Popcorn-Maker

62 Türüberwachung mit LoRa

104 Günstiger Studioblitz



LED-Laufschrift

Laufschrift-Anzeigen gibt es viele, doch unsere wird erstens preiswert selbst gebaut und bietet zweitens eine komfortable Bedienung über ein Web-Interface. Die ermöglicht das Programmieren der Texte und Effekte über jedes Tablet oder Smartphone. Um die Anzeige kümmert sich dann ein ESP32-WLAN-Modul.

8 LED-Laufschrift mit ESP32

3 Editorial

6 Leserforum

8 Projekt: LED-Laufschrift mit ESP32

16 Projekt: Carl, die stabile DIY-Musikbox für Kinder

24 Werkstattberichte: Neues aus der Szene, Comic

26 In eigener Sache: MicroPython-Sonderheft, Maker Faire, Smarthome-Serie

28 Make Projects: Die Bollerwagen sind los!

30 Workshop: Astrofotografie mit Pi und HQ-Kamera

40 Projekt: SATANAS - Netzwerk-Speicher mit RasPi

46 Was uns inspiriert: Neopixel-Sonnenstand, 3D-Druck-Schmuck, Blinkendes Würfelglück

50 Projekt: Popcorn-Maker

56 Projekt: Optik mit Klick – UC2-Modulbaukasten

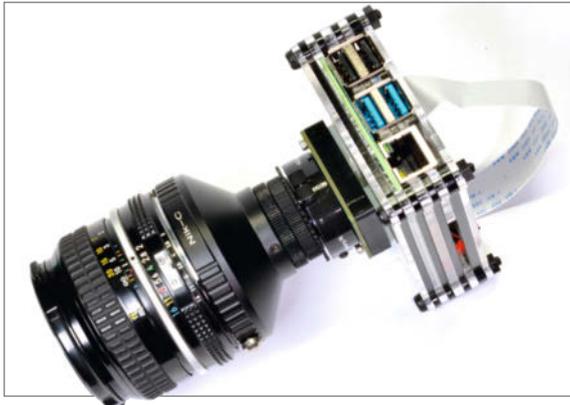
62 Projekt: Türüberwachung mit LoRa

68 Projekt: WLAN-Alarmkontakt mit Batteriebetrieb

Pi-HQ-Kamera

An der neuen HQ-Kamera für den Raspberry Pi lassen sich dank C-Mount-Gewinde viele CCTV-Objektive montieren. Besonders spannend ist allerdings der Einsatz alter Kleinbildobjektive, die wegen Systemwechsel oft noch in der Schublade schlummern: Eine alte 50mm-Festbrennweite wird mit einem Adapter zum Supertele.

30 Astrofotografie mit Pi und HQ-Kamera



Werkstatt

Wohl dem, der eine Tischkreissäge in der Werkstatt hat: Damit gelingen trickreich meisterliche Eckverbindungen. Wir zeigen ebenso, wie man mit dem 3D-Drucker Gießformen für Gartenfiguren aus Beton herstellt und welche Möglichkeiten es zum persönlichen Recyceln von Plastikabfällen gibt.

88 Betonfiguren aus der 3D-Druckform

94 Kunststoffabfälle selbst recyceln

120 Fingerzinken schnell und einfach



- 76 Workshop: Ein- und Ausschalten per Softswitch
- 82 Community-Projekt: Das Grannophone
- 84 Community-Projekt: Mobiler Fledermaus-Scanner
- 86 Community-Projekt: Lightshow für Gitarristen
- 88 **Workshop: Betonfiguren aus der 3D-Druckform**
- 94 **Report: Kunststoffabfälle selbst recyceln**
- 102 Reingeschaut: Automatik-Blitzgerät
- 104 **Projekt: Günstiger Studioblitz**
- 110 Tipps & Tricks: Rohrschneider für Distanzhülsen
- 112 Know-how: Lasercutter K40 justieren
- 120 **Workshop: Fingerzinken schnell und einfach**
- 126 Kurzvorstellungen: 3D-Drucker, Mini-Voltmeter, Arduino RP2040 Connect, 3D-Software, AR-App zum Nähen
- 129 Medien: Raspi-Pico-Einsteigerbuch, Lernkarten 3D-Druck, True Crime Podcast für Techies
- 130 Impressum, Nachgefragt

Themen von der Titelseite sind rot gesetzt.

MP3-Player mit Arduino

Keine Lust zum Vorlesen an der Bettkante? Unseren einfachen MP3-Spieler kann dank bunter, großer Knöpfe wirklich jeder bedienen, Nesthäkchen ebenso wie Oma und Uropa. Selbst beim Nachbau unseres „Carl“ kann der Nachwuchs dank vorgefertigter Module kräftig mithelfen.

16 Carl: Stabile DIY-Musikbox für Kinder



Leserforum

Warnhinweis fehlt

3D-Drucken mit Harz: Resine im Praxistest, Make 3/21, S. 106

Es fehlt jeglicher Hinweis darauf, dass auch wasserabwaschbares Resin (in flüssiger Form) für den Menschen und vor allem die Umwelt stark giftig ist. Das Wasser, welches zum Abwaschen des Resins genutzt wird, darf auf keinen Fall im Abfluss landen, sondern muss fachgerecht entsorgt werden! *Wasserabwaschbar* suggeriert immer: Kurz unter den Wasserhahn halten und fertig. Dem ist aber nicht so! Deshalb wäre ein solcher Hinweis im Artikel mehr als sinnvoll gewesen. Ihr habt auch eine Verantwortung gegenüber der Umwelt! Ich hoffe, Ihr werdet die in Zukunft ernster nehmen.

Martin Berke

Klar, um dieser Vorstellung entgegenzutreten, wäre ein Hinweis im Artikel sinnvoll gewesen. Aber kein Make-Artikel kann ersetzen, dass Käufer auch die Warnhinweise des Produktherstellers lesen und beherzigen müssen.



Diese stيلةchte Makro-Tastatur für Copy&Paste hat Daniel Mariani gebaut, ein kurzes YouTube-Video dazu finden Sie über den Link unter seinem Leserbrief.

Edlere Makro-Tastatur

Extra-Tastatur für Videokonferenzen, Make 3/21, S. 8

Ich habe mich sehr gefreut, auf dem Cover der Make Ihre Drei-Tasten-Tastatur zu sehen. Ich habe vor nicht allzu langer Zeit zwei ähnliche Tastaturen gebaut (Video siehe Link unten).

Allerdings verwende ich den *Seeeduino XIAO* mit CircuitPython. Ich dachte auch nicht an Videokonferenzen als Haupteinsatzgebiet, sondern eher an Diplom- und Doktorarbeiten von manchem österreichischen oder deutschen Politiker. ;-) Alle Menschen, die gerade nicht mit einer Doktorarbeit beschäftigt sind,

können den Tasten und Tastenkombinationen beliebige Makros zuweisen ...

Daniel Mariani

Ja, es beherrschen ja einige Boards den Trick mit dem USB-HID. Ihre Tastaturen sind aber definitiv die besten, was Material und Ausführung angeht! Sehr stilvolles Copy und Paste, als Zweck aber fast schon zu profan für diese edlen Kunstwerke.

Kontakt zur Redaktion

Leserbriefe bitte an:

heise.de/make/kontakt/

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

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

www.make-magazin/forum



www.facebook.com/MakeMagazinDE



www.twitter.com/MakeMagazinDE



instagram.com/MakeMagazinDE



pinterest.com/MakeMagazinDE



youtube.com/MakeMagazinDE

► make-magazin.de/x9za

Gravierende Schwachstelle

Filament-Kabeltrommel mit Leistungsmessung, Make 3/21, S. 76

Eigentlich ein nettes Upcycling-Projekt. Hatte mir schon überlegt, die Software um MQTT zu erweitern. Leider gibt es aber eine gravierende Schwachstelle: Zwar wird im Text ohne Erklärung gesagt, dass vor dem Ausprobieren das Kabel von der Rolle abgewickelt werden soll; aber wer macht das schon dann im laufenden Betrieb? Meiner Meinung nach fehlt hier der in allen guten Kabeltrommeln deswegen eingebaute thermische Überlastungs-

schutz. Die Notwendigkeit sollte jeder Maker, der sich an dieses Projekt macht, mit seiner eigenen Disziplin (vor Gebrauch abwickeln) abgleichen.

Konrad Stetter

Gefährliche Kombination

Der Bauvorschlag ist technisch spannend, aber leider auch elektrisch getreu Heft-Motto gefährlichst realisiert. In der bei Sturz zerbrechlichen Filamenttrommel wird ja über den Netzstecker deutlich mehr als 15 Watt eingespeist, das ist unabhängig von der angeschlossenen Last. Da die Leitungen über Steck- oder Schraubkontakte verbunden werden, gehört diese Schaltung in ein Kapselgehäuse, das aus unbrennbaren oder selbstverlöschendem

Material ist. Bei einem Wackelkontakt wird es nämlich punktuell sehr heiß. Man kauft sich dafür Filament mit der Spezifikation *UL94 V0* (Formfutura APSpro, FlamelessV0, UM-PC UL V0). Das löst das Problem, wenn man in die Kapselgehäuse nur sehr kleine Öffnungen für die Kabel konstruiert. Oder die Steckdose wird in einer simplen Hohlwanddose (für Gipswände) gekapselt. Der Strommesser und das Mininetzteil führen ja auch 230V und gehören daher ebenfalls in ein entsprechendes kleines Gehäuse (z. B. kleine Aufputzdose) eingebaut. Dass ein Netzteil ohne erkennbare EMV-Bau-elemente den Fernsehempfang oder das WLAN versauen kann, stelle ich mal hinten an. Bin trotzdem sehr begeistert, baue die Schaltung aber lieber in eine schon vorhandene Kabeltrommel ein. Die hat flammfeste Materialien von Haus aus und einen Thermoabschalter.

Frank Burgdorf

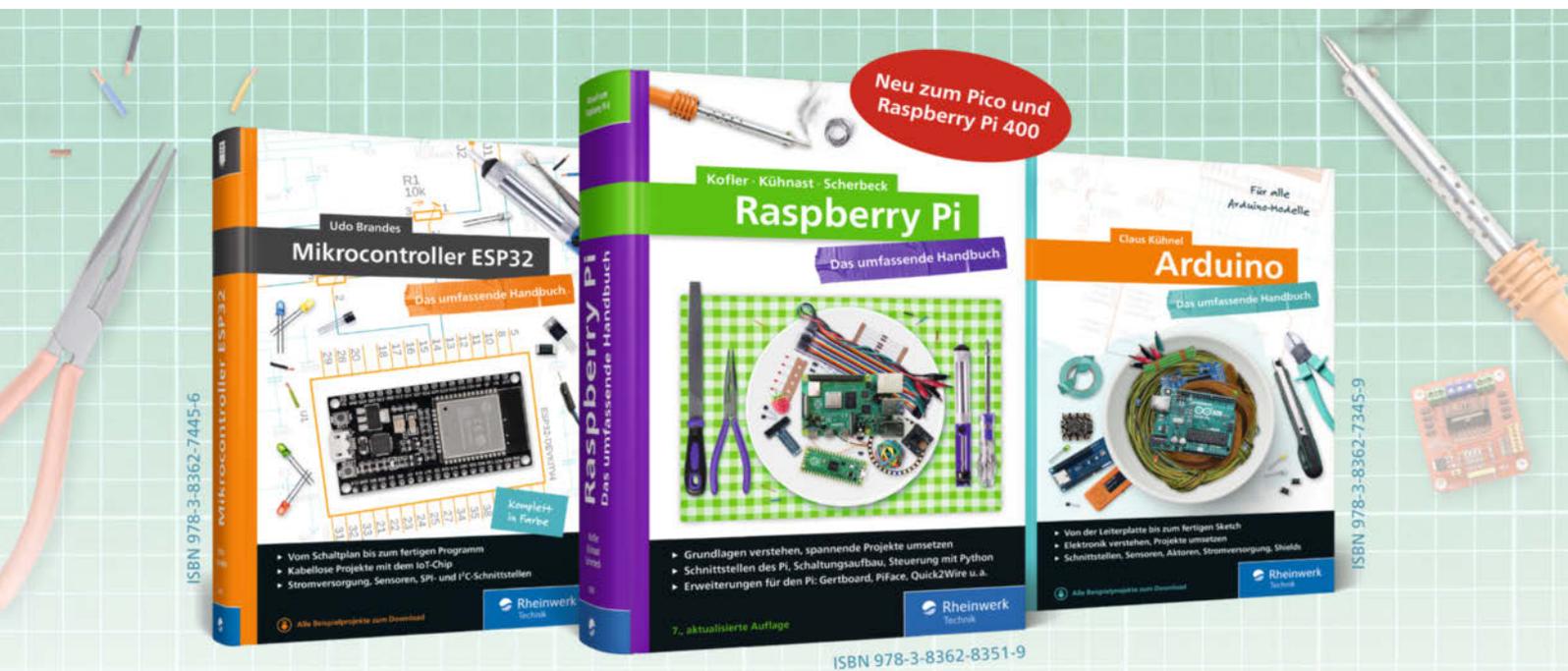
Eirik Brandal vs. Walter Giers

Was uns inspiriert, Sphärische Skulpturmusik, *Make 3/21*, S. 26

Ich war überrascht über den Inhalt der Seiten 26 und 27 in der *Make 3/21*. Nach Betrachtung der Bilder war ich sofort überzeugt, einen Artikel zum Electronic-Art-Pionier Walter Giers vorzufinden, doch getäuscht. Die Ähnlichkeit ist schon extrem verblüffend. Bitte einfach mal eine Google-Bildersuche zu Walter Giers bemühen.

Bastian Pedal

In Freiform verdrahtete elektronische Bauteile verwenden inzwischen viele Künstler als visuelle Gestaltungselemente; bei Brandal geht es aber auch um den Klang seiner Werke.



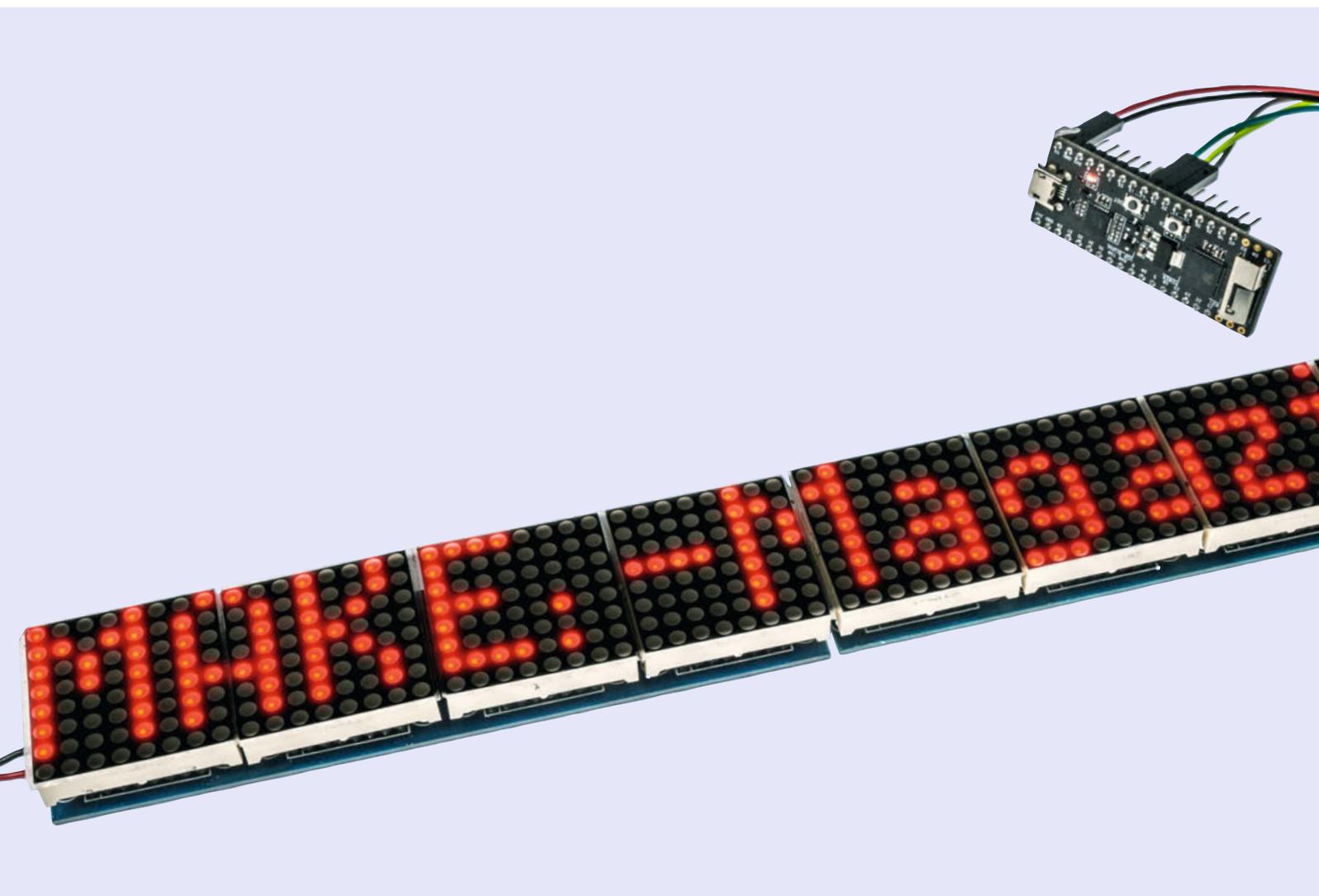
Bücher für Alles-Erfinder

IoT-Projekte mit dem ESP32, Roboter-Autos, Sensoren und Aktoren mit dem Arduino – unsere Autoren erleichtern Ihnen den Einstieg in die Maker-Welt. Mit allen Grundlagen zu Linux, Programmierung und Elektrotechnik. Hochexplosiver Zündstoff für Ihre Ideen!

Alle Handbücher auch als E-Book und im Bundle.

www.rheinwerk-verlag.de Copyright by Maker Media GmbH.

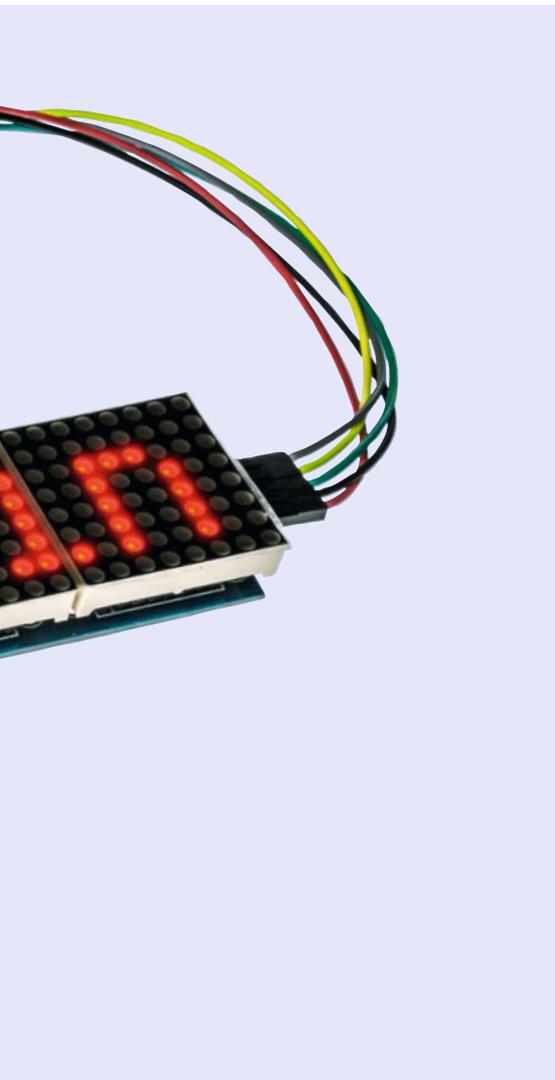
 Rheinwerk
Technik



LED-Laufschrift mit ESP32

Schon immer haben mich die LED-Laufschriften in Auslagen, Waschstraßen oder auf Messen fasziniert. Aus einem ESP32 und ein paar billigen LED-Matrixanzeigen kann man so etwas selbst bauen. Gesteuert wird das Display über einen Webbrowser oder HTML-Befehle. Und das (optionale) formschöne Gehäuse wird aus Plexiglas, 3D-Druckteilen und Metallprofilen gefertigt.

von Dr. Peter Tschulik



Kurzinfo

- » Steuerung der LED-Laufschrift über eine Webseite
- » Display kann als WLAN-Access-Point oder als Client im WLAN arbeiten
- » Anzeige von statischem und scrollendem Text
- » 4 Geschwindigkeits- und Helligkeitsstufen, 2 Fonts und variabler Zeichenabstand

Checkliste



Zeitaufwand:

4 bis 5 Stunden (zzgl. Druckzeit)



Kosten:

30 bis 40 Euro

Werkzeug

- » Lötkolben
- » Bohrmaschine mit 3mm Bohrer und Kegelsenker
- » Optional: 3D-Drucker
- » Optional: Plexiglas-Biegemaschine

Material

- » ESP32 Pico Kit
andere, mit 5V betriebene ESP32-Module sind ebenfalls möglich
- » MAX7219 LED Dot Matrix Module
- » DC-Einbaubuchse passend zum Netzteil-Stecker
- » Steckernetzteil 5V, 2000mA
- » Aluminiumprofil Höhe: 23,5mm, Breite: 43,5mm, Materialdicke: 1,5mm
- » Rotes Acrylglas 3mm dick
- » Schrumpfschlauch

Mehr zum Thema

- » Carsten Meyer, Plexiglas-Biegemaschine, Make 5/2015, S. 66
- » Andreas Perband, Test Raspberry Pi Pico, Make 1/21, S. 8
- » ESP32 Special, Make-Sonderheft 2019
- » Luca Zimmermann und Helga Hansen, ESP-Boards mit der Arduino-IDE programmieren, Online
- » Daniel Bachfeld, Laserentfernungsmesser, Make 6/19, S. 12

Alles zum Artikel
im Web unter
make-magazin.de/x9vu

Die heutige Werbung setzt darauf, die Aufmerksamkeit des potenziellen Kunden auf sich zu ziehen. Eine Möglichkeit sind Punktmatrixanzeigen, die eine Textnachricht darstellen können. Ein scrollender Text verleitet den Betrachter stehenzubleiben und den Text zu Ende zu lesen. Aber auch im Haushalt kann ein solches Gerät Sinn machen, um beispielsweise seinen Familienmitgliedern Nachrichten zukommen zu lassen oder sie etwa an das Ausräumen des Geschirrspülers zu erinnern. Industriell gefertigte Geräte sind in der Regel teuer und recht unflexibel, was die Anzahl der anzuzeigenden Stellen oder den verfügbaren Zeichensatz betrifft. Grund genug, zum Lötkolben zu greifen und eine auf die jeweilige Anwendung spezialisierte Punktmatrix-Anzeige selbst herzustellen.

Beliebig verlängerbar

Die hier vorgestellte LED-Laufschrift basiert auf kostengünstig verfügbaren MAX7219 LED

Dot Matrix Boards, die in verschiedensten Farben verfügbar sind (Bezugsquelle siehe Kurzinfo-Link). Jedes dieser Boards verfügt über vier 8x8-LED-Module, die jeweils über einen MAX7219 gesteuert werden. Diese Module können fast beliebig lange aneinandergereiht werden und verfügen über nur zwei Versorgungspins für 5V und einem SPI-kompatiblen Steuerbus mit lediglich drei Leitungen. Dieser Schaltkreis von Maxim Integrated kann acht 7-Segmentanzeigen oder 64 individuelle LEDs mit gemeinsamer Kathode ansteuern. Durch das eingebaute statische RAM wird der Mikrocontroller vom Update der Anzeige entlastet. Zudem verfügt der Baustein über eine analoge und digitale Helligkeitssteuerung. Komfortable Bibliotheken für die Arduino-IDE vereinfachen den Umgang mit diesen Displays. In dem hier vorgestellten Artikel werden zwei dieser Module aneinandergereiht, wobei eine Erweiterung auf mehr Module durch Anpassungen in der Software leicht möglich ist.

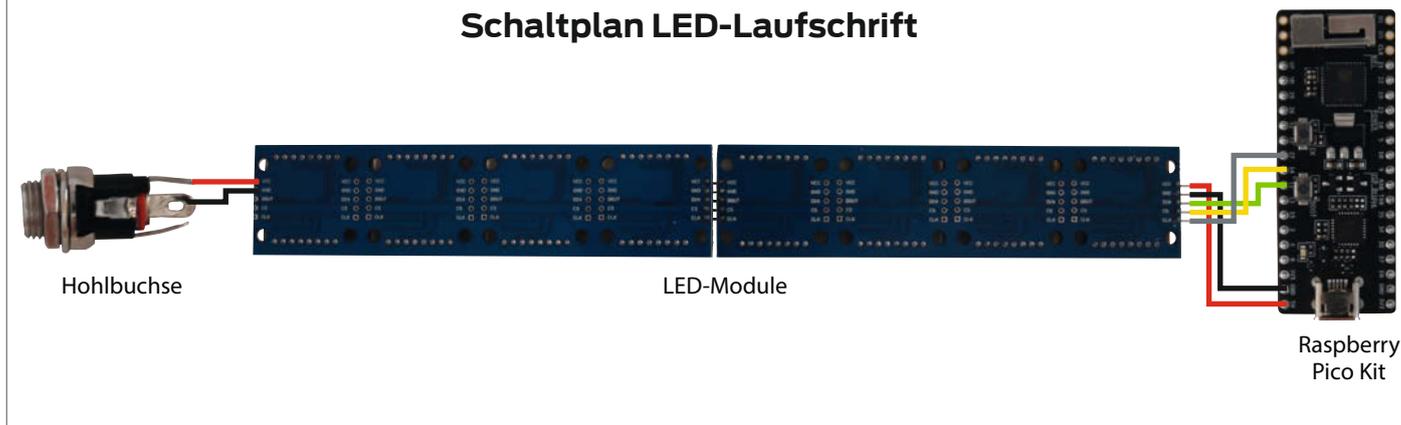
Schaltungsaufbau

Der Nachbau (Schaltplan siehe ①) beginnt mit dem Zusammenschalten der beiden Module und der Verdrahtung. Zuerst wird die Anschlussleiste der ersten Anzeige ausgelötet.

Die Anschlussleiste der zweiten Anzeige (IN) wird nach unten gebogen und in die Pins des ersten Moduls (OUT) gesteckt und so verlötet, dass die beiden Module plan und ohne Abstand liegen. Bild ② zeigt die beiden miteinander verbundenen Module.

Danach entfernt man die jeweils äußeren LED-Dot-Matrix Anzeigen mit einem Schraubenzieher vorsichtig aus dem Sockel, um besser zu den Kontakten zu gelangen. Die verbliebene Stiftleiste wird ausgelötet. Auf der mit OUT beschrifteten Seite lötet man jeweils einen circa 10cm langen Litzendraht an: einen roten an VCC und einen schwarzen an GND. Beide verlötet man mit der DC-Einbaubuchse, wobei auf die richtige Polung zu achten ist (roter Draht an den Innenkontakt). Auf der

Schaltplan LED-Laufschrift

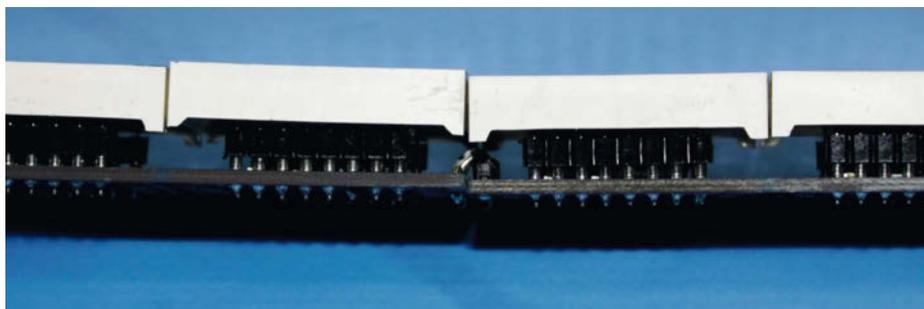


1 Der Schaltplan

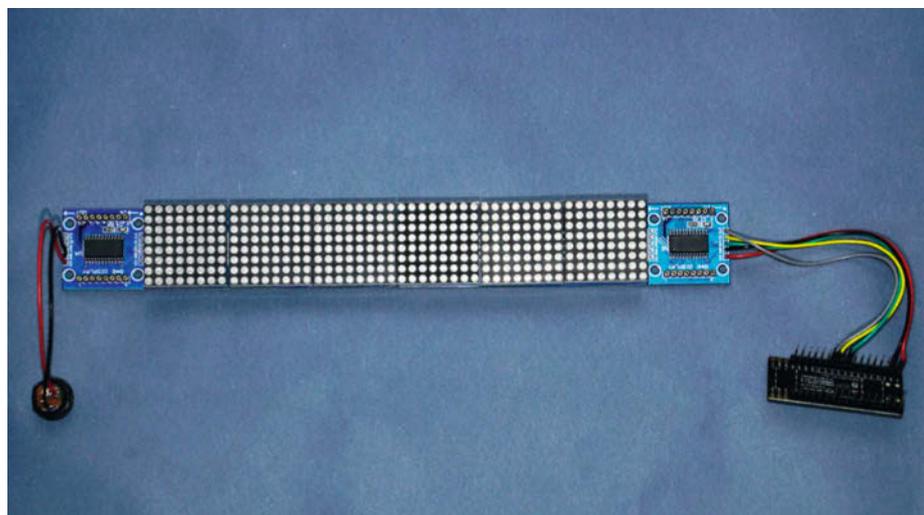
anderen mit *IN* beschrifteten Seite der LED-Platine lötet man jeweils 10cm lange Litzendrähte wie folgt an: *Grau* an *CLK*, *gelb* an *CS*, *grün* an *DIN*, *schwarz* an *GND* und *rot* an *VCC*. Das *ESP32 Pico Kit* wird wie folgt verdrahtet: *Rot* an *+5V*, *schwarz* an *GND*, *gelb* (*CS*) an *GPIO 14*, *grün* (*DIN*) an *GPIO12* und *grau* (*CLK*) an *GPIO27*. Danach werden die Verbindungen

noch mit Schrumpfschlauch isoliert, um Kurzschlüsse zu vermeiden. Die komplette Verdrahtung sieht dann so aus wie auf Bild 3. Danach werden die beiden LED-Dot-Matrix Anzeigen wieder polrichtig (auf Schrift achten!) eingesetzt. Vor dem Einbau der Komponenten erfolgt noch das Aufspielen der Software. Diese

wurde in der *Arduino IDE* (Version 1.8.12) erstellt. Eine genaue Beschreibung der umfangreichen Software erfolgt *online*. Diese ist sehr ausführlich dokumentiert und in folgende Blöcke geteilt: *LED_Laufschrift_ESP32.ino* enthält neben den Definitionen die *Setup-* und *Main-Routine*. *Basis.ino* enthält Basisroutinen wie beispielsweise das Lesen des *Init-Files*, die *WLAN-Routinen*, den *Bootloader* fürs Übertragen neuer Firmware in den *ESP32* via *WLAN* und die Anzeige von *Spezialzeichen*. *Led.ino* enthält die Anzeigenroutinen für die Anzeige von *statischem* oder *scrollendem Text* sowie eine *Display-Testroutine*. *Web.ino* schließlich beinhaltet die *Behandlung* und den *Aufruf* der einzelnen *Webseiten*, die über die *Bibliothek ESP32 Async Web Server* erfolgt. *fontdata.h* definiert einen eigenen *Anzeigefont*.



2 Korrekt verbundene MAX7219 LED Dot Matrix Boards



3 Komplette Verdrahtung mit dem ESP32

Vorarbeiten

Folgende Vorbereitungsarbeiten sind vor dem Übertragen der Software notwendig: Die *Library* zur Ansteuerung des *MAX72XX* befindet sich schon im *Projektverzeichnis*, da sie geringfügig modifiziert wurde. Sie muss daher nicht installiert werden. Die vier *Libraries* *ESP Async Web Server*, *Async TCP*, *Fastled* und *ESP32 Ping* müssen jedoch installiert werden. Die *Links* zu den *Libraries* finden sich in den *Zeilen 21-24* von *LED_Laufschrift_ESP32.ino*.

In *Zeile 163* kann der Befehl `#define _DEBUG_` durch *Entfernung* der beiden `//` am *Beginn* der *Zeile* aktiviert werden. Dann werden viele zusätzliche *Informationen* über den *Serial Monitor* der *Arduino IDE* mit *115.200 Baud* ausgegeben. Das ist sehr hilfreich, wenn etwas nicht funktioniert oder der *Code* erweitert oder geändert werden soll. Bevor jedoch der *Code* auf den *ESP32* übertragen wird, müssen noch die *Daten* in *Unterverzeichnis data* entsprechend den *lokalen Gegebenheiten* sowie *Ihren Wünschen* entsprechend angepasst und übertragen wer-

4 Konfigurationsdatei *Init.txt*

Diese Datei enthält 22 Zeilen. In jeder Zeile steht ein Einstellungsparameter. Die ersten vier geben die Einstellungen für den Betrieb als Access Point (ESP32 AP-Mode) an:

- » Zeile 01: WLAN-SSID für den Betrieb als Access Point: Default: *LED_Text*
- » Zeile 02: WLAN-Passwort für den Betrieb als Access Point: Default: *default_pw*
- » Zeile 03: Fixe IP-Adresse für den Access Point: Default: *192.168.122.2*
- » Zeile 04: Subnet-Maske für den Access Point: Default: *255.255.255.0*

Die nächsten acht Parameter geben die Einstellungen für den Betrieb als Client in einem WLAN (*ESP32 STA-Mode*) an:

- » Zeile 05: WLAN-SSID für den Station-Mode: Default: *Led_IOT*
- » Zeile 06: WLAN-Passwort für den Station-Mode: Default: *default_pw*
- » Zeile 07: Hostname für den Station-Mode: Default: *Laufschrift*
- » Zeile 08: Fixe IP-Adresse für den Station Mode: Default: *192.168.123.234*
- » Zeile 09: Subnet-Maske für den Station Mode: Default: *255.255.255.0*
- » Zeile 10: Gateway-IP-Adresse für den Station Mode: Default: *192.168.123.1*

- » Zeile 11: DNS-Server 1 Adresse für den Station Mode: Default: *192.58.161.123*
- » Zeile 12: DNS-Server 2 Adresse für den Station Mode: Default: *212.186.211.21*

Die letzten 10 Parameter bestimmen den Modus der LED-Laufschrift:

- » Zeile 13: Boot modus (Betriebsart nach dem Einschalten): 0 = Access Point, 1 = Station Mode: Default: *0*
- » Zeile 14: Anzeigetext: Default: *Demo text* (max. 255 Zeichen)
- » Zeile 15: Scrolling: 0 = statischer Text, 1 = durchlaufender Text (Scrolling): Default: *0*
- » Zeile 16: Helligkeit: 0 = niedrigste, 4 = höchste: Default: *2*
- » Zeile 17: Geschwindigkeit beim Scrolling: 0 = schnellste, 4 = langsamste: Default: *2*
- » Zeile 18: Zeichensatz: 1 = Font 1, 2 = Font 2: Default: *1*
- » Zeile 19: Zeichenabstand: 1 = 1 Zeichen, 5 = 5 Zeichen: Default: *1*
- » Zeile 20: Texttyp: 1 = Textnachricht, 2 = Testnachricht: Default: *1*
- » Zeile 21: Effekt: 1 = Normaler Text, 2 = Invertierter Text: Default: *1*
- » Zeile 22: Autostart: 1 = kein Autostart, 2 = Autostart: Default: *2*

den. Die Bedeutung der einzelnen Konfigurationsparameter ist im Kasten 4 aufgelistet.

Eine genauere Beschreibung der einzelnen Parameter sowie der wichtigsten Merkmale der umfangreichen Software ist für diesen Heftartikel leider zu lang. Sie finden die Beschreibung online (über den Kurzinfo-Link). Die einzelnen Zeilen der Konfigurationsdatei sind mit einem CR-LF (Enter) geteilt, nach der letzten Zeile darf kein Zeilenumbruch mehr stehen! In dem Unterverzeichnis *data* sind außerdem die Styledatei *Style.css* und die sechs Webseiten abgelegt. Bei Bedarf können auch diese geändert werden.

Nun geht es darum, die Daten und das Programm zu übertragen. Die Schaltung wird über die DC-Einbaubuchse mit +5V versorgt und das ESP32 Pico Kit wird mit dem PC über ein USB-Kabel verbunden. In der Arduino IDE muss sowohl die *ESP32-Erweiterung* als auch der *ESP32 Sketch Data Uploader* (Anleitung siehe Artikel *Laserentfernungsmesser*, erreichbar über Kurzinfo-Link) installiert sein.

Unter *Werkzeuge/Board* wird das *ESP Pico Kit* ausgewählt, danach die korrekte Schnittstelle. Zuerst werden die Daten unter *Werkzeuge/ESP32 Sketch Data Upload* übertragen und danach der Sketch mittels *Sketch/Hochladen*. Hat das funktioniert, sollte die Begrüßungsnachricht am Display angezeigt werden. Damit ist der erste Funktionstest abgeschlos-

sen. Wer sein Gerät in ein selbst entworfenes Gehäuse einbauen möchte, überspringt ganz einfach den nächsten Abschnitt, der den Zusammenbau meines Gehäuses beschreibt.

Gehäusebau

Am Anfang steht der 3D-Druck: Zuerst müssen die drei Teile der Gehäusehalterungen gedruckt werden, die mit dem kostenlosen Programm *OpenSCAD* entwickelt wurden, mit dem auch komplexe Formen schnell und einfach entworfen werden können. Die Originaldateien befinden sich im Verzeichnis *Open-*

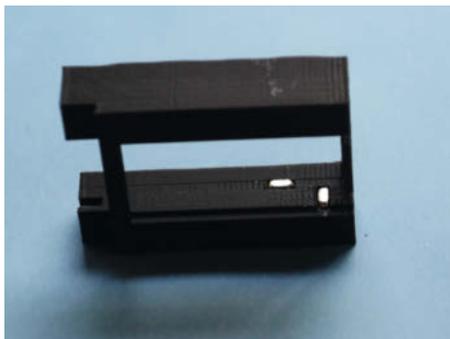
SCAD und können nach Bedarf angepasst werden. Die STL-Dateien für den 3D-Druck befinden sich im Verzeichnis *3D-Druckdateien* und tragen die Namen *LED-Laufschrift 1.stl*, *LED-Laufschrift 2.stl* und *LED-Laufschrift 3.stl*, wobei der letzte Teil zweimal gedruckt werden muss. Ich verwende ein Infill von 60%, Supports und keinen Raft 5.

Nachdem die Schlitze und Löcher von den Supports gereinigt sind, werden die Vierkantmuttern in die Schlitze mit einer Zange eingepresst 6.

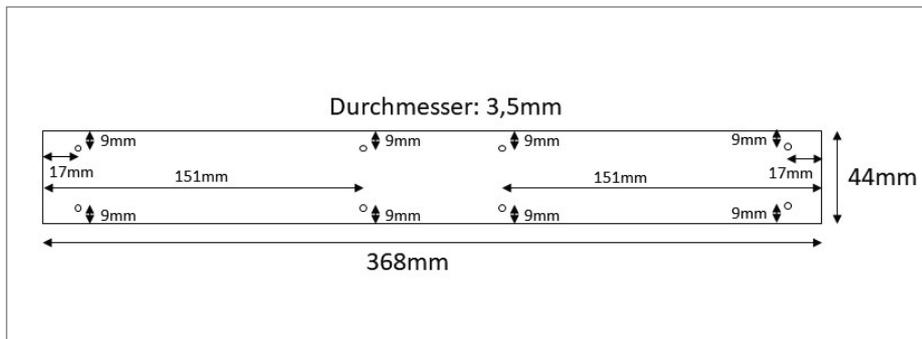
Danach wird vom Aluminiumprofil ein Stück mit einer Länge von 368mm abgeschnit-



5 Die 3D-Druckteile für das Gehäuse



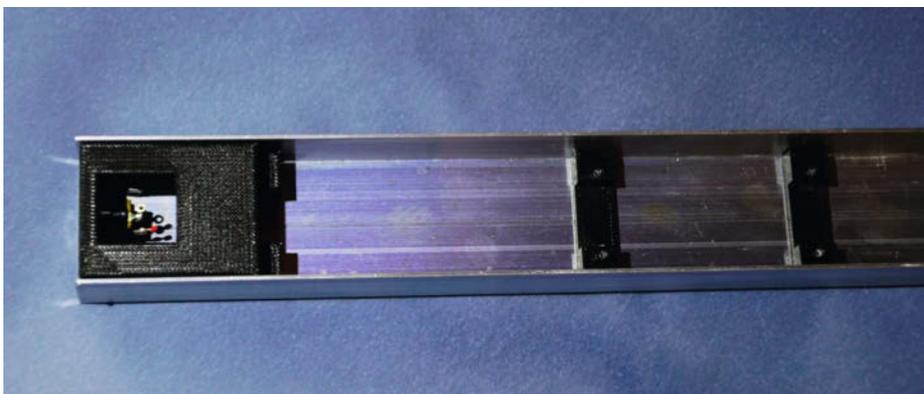
6 Eingepresste Vierkantmuttern



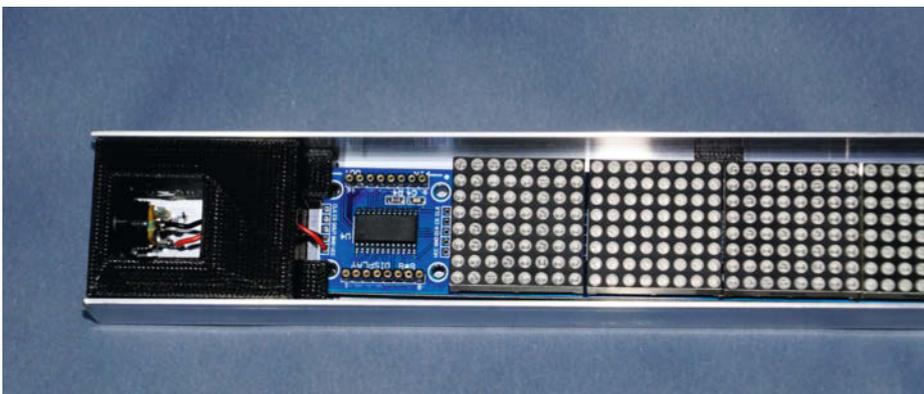
7 Bohrschablone für das Aluminiumprofil



8 Die Unterseite des fertig gebohrten Profils



9 Die ersten drei Druckteile sind montiert.



10 Montage der LED-Platine und Verdrahtung der DC-Einbaubuchse

ten und sechs Löcher nach der Bohrschablone in Bild 7 angefertigt.

Die Löcher werden entgratet und an der Unterseite mit einem Loch- oder Kegelsenker für Senkkopfschrauben vorbereitet. Abbildung 8 zeigt das fertig gebohrte Profil von der Unterseite.

Nun geht es an die Montage. Die DC-Einbaubuchse wird in das 3D-Druckteil geschraubt und danach dieser Teil von oben gesehen links mit zwei M3-Senkkopfschrauben mit 10mm Länge mit dem Profil verschraubt. Anschließend erfolgt die Verschraubung der beiden Abstandhalter links und rechts der Mitte mit jeweils zwei M3-Senkkopfschrauben mit 8mm Länge 9.

Die Displayplatine wird in die Nut eingeführt, die beiden Versorgungsleitungen durch das Loch geführt und mit der DC-Versorgungsbuchse verlötet 10.

Im nächsten Schritt wird die Displayplatine in die Nut des Druckteils mit der ESP32 Halterung eingeführt, die Kabel durch den unteren Teil durchgeführt und mit zwei M3-Senkkopfschrauben mit 10mm Länge mit dem Profil verbunden 11.

Das ESP32 Pico Kit wird wie folgt vorbereitet: Alle nicht angeschlossenen Pins werden mit einem Seitenschneider entsprechend gekürzt und die 5 anzuschließenden Pins nach innen abgewinkelt. Die Anschlüsse werden wie im Kapitel *Schaltungsaufbau* verlötet und mit Schrumpfschläuchen isoliert. Schlussendlich wird das ESP32 Pico Kit mit ein paar Tropfen Heißkleber fixiert 12.

Für ein professionelles Aussehen habe ich das Profil anschließend in Klavierlackoptik lackiert 13.

Plexiglas-Front selbst biegen

Nun geht es daran, die rote Plexiglasabdeckung aus 3mm dickem Plexiglas zu lasern oder zu fräsen. Da mir zu Hause eine 3D-Fräse zur Verfügung steht, habe ich die Frontplatte gefräst. Die Vorlage *Frontplatte.svg*, die ich mit dem kostenlosen Programm *Inkscape* erstellt habe, findet sich im Unterverzeichnis *Frontplatte* im Downloadverzeichnis. Für meine Fräse habe ich

die Daten in *Estlcam* entsprechend aufbereitet (Datei *Frontplatte.e10*). Auch dieses File befindet sich im Unterverzeichnis *Frontplatte* im Downloadverzeichnis. Lediglich die Versenkungen für die Senkkopfschrauben habe ich danach manuell mit einem Loch- oder Kegelsenker nachgearbeitet. Abbildung 14 zeigt die fertige Plexiglasscheibe.

Danach geht es an den heiklen Vorgang des Acrylbiegens der beiden Kanten. Die Frontplatte wird mittig auf das Profil gelegt und links und rechts nahe der Biegekante fixiert 15.

Zum Biegen der Kante erwärmt man das Acrylas vorsichtig mit einer Heißluftpistole, die auf 200 °C eingestellt ist. Die wird über die Biegekante bewegt, bis sich das Material leicht um die Kante um 90 Grad biegen lässt. Eine Alternative wäre die Verwendung der Plexiglasbiegemaschine aus Make 5/15 (siehe Kurzinfor). Nun kommt noch eine Abdeckung aus schwarzem Naturpapier zum Einsatz, die nach der Vorlage 16 mit einer feinen Klinge zugeschnitten wird.

Die Abdeckung wird mit Doppelklebeband an die 3D-gedruckten Halter geklebt und schlussendlich die Plexiglasabdeckung mit vier 15mm langen Senkkopfschrauben an den Seiten links und rechts mit den 3D-gedruckten Haltern verschraubt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Schrauben nicht zu fest angezogen werden, damit das Plexiglas nicht bricht. Somit ist der Einbau in das Gehäuse abgeschlossen!

Bedienung

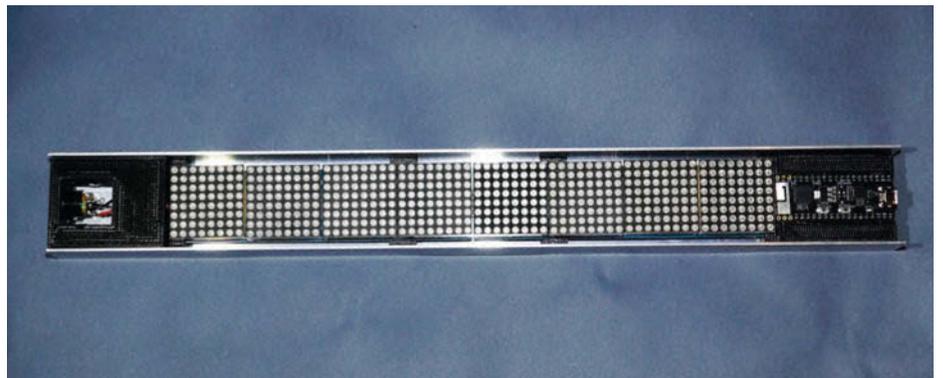
Kommen wir zur Beschreibung der umfangreichen Steuerungsfunktionen über die Web-Oberfläche. Um diese zu nutzen, muss man sich nach dem Einschalten der LED-Laufschrift zuerst einmal – falls als Betriebsart *Access Point* gewählt wurde – mit dem neuen WLAN verbinden und das Passwort eingeben. Bei manchen mobilen Endgeräten wie Smartphones muss man zuvor die mobile Datenverbindung abschalten.

Bei beiden Betriebsarten gibt man in einem Browser die *IP-Adresse/main* ein (das Display zeigt kurz nach dem Start die IP-Adresse an) und schon sollte die Hauptseite für die LED-Laufschrift angezeigt werden 17.

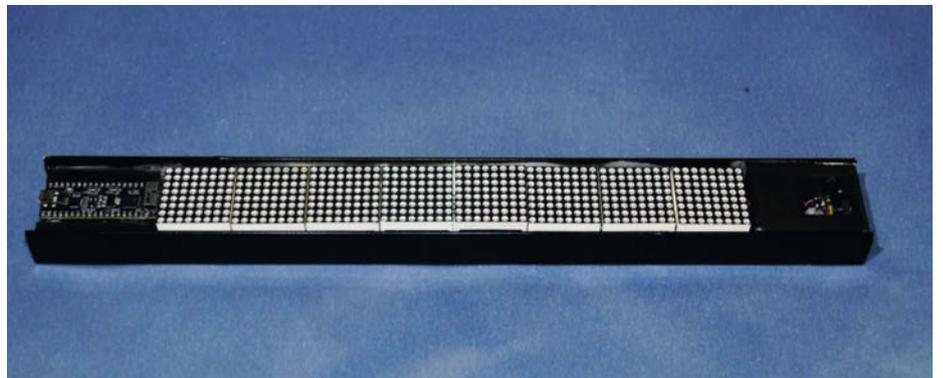
In der Abbildung sieht man das Hauptmenü, das normalerweise permanent angezeigt wird. Bei kleinen Bildschirmen (Smartphone) ist es ausklappbar. Im Menü *Statischer Text* kann unbewegter Text mit verschiedenen Optionen angezeigt werden, im Menü *Scrollen* Lauftext mit verschiedenen Optionen. In *Einstellungen* sind grundsätzliche Einstellungen zugänglich, hinter *AP Einstellungen* stecken die Parameter für den Access Point, im Menü *Client Einstellungen* sind Parameter für die Einbindung ins WLAN konfigurierbar, im Menü *Dis-*



11 Fertige Montage des letzten 3D-Druckteils



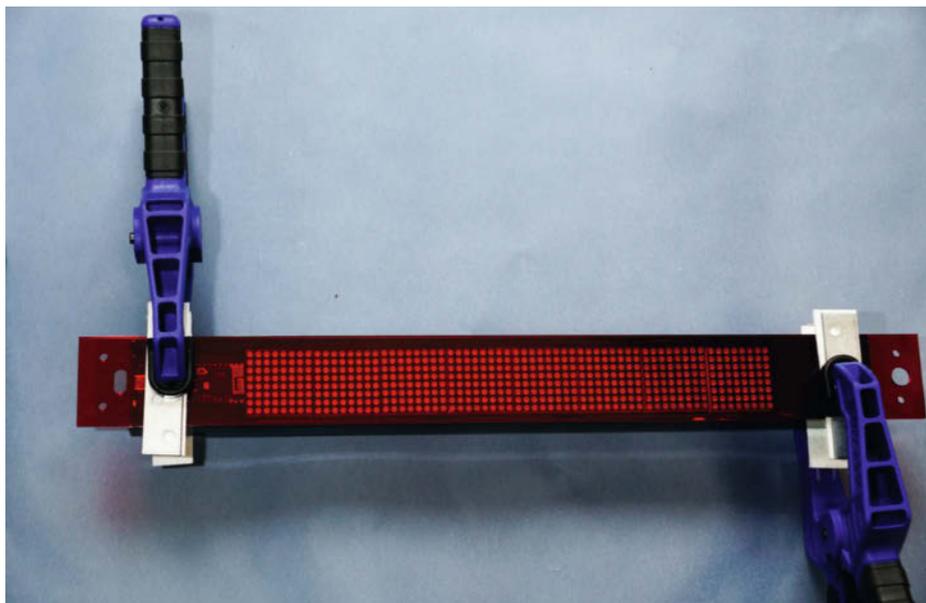
12 Alles komplett im Aluminiumwinkel



13 Alu in edlem Schwarz lackiert



14 Frontplatte aus 3mm dickem Acrylglas



15 Fixierung des Acrylglases vor dem Biegen

playtest wird der Displaytest gestartet und gestoppt und in Bootloader kann der Bootloader aktiviert werden.

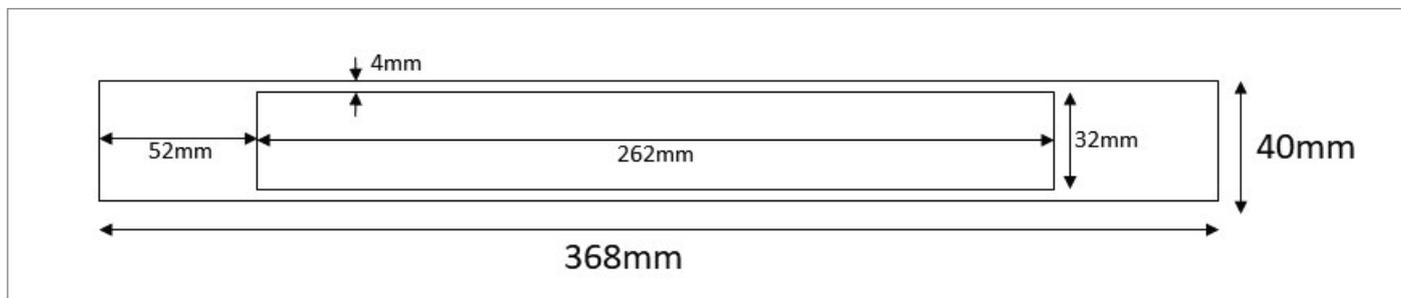
Zurück zum Menü *Statischer Text*. In *Aktueller Text* wird der Text angezeigt, der derzeit am Gerät angezeigt wird. Im Feld *Neuer Text*

kann ein neuer Text mit maximal 255 Zeichen eingegeben werden. Bleibt dieses Feld leer, wird der aktuelle Text übernommen, sodass man nicht immer bei einer Parameteränderung den Text nochmals eingeben muss. In *Anzeigeoptionen* können folgende Parameter

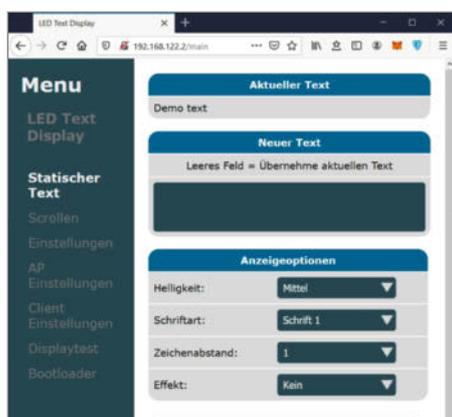
verändert werden: Die Helligkeit kann in fünf Stufen verändert werden. Zwei Schriftarten können ausgewählt werden. Der Zeichenabstand ist zwischen ein und fünf Zeichen einstellbar. Und schließlich kann der Effekt *Invertiert* ausgewählt werden. Die Schaltfläche *Speichern* wendet die neue Einstellung an, die sofort am Gerät zu sehen sein sollten. Die Einstellungen werden jedoch nicht permanent im File *Init.txt* gespeichert.

Ganz ähnlich ist das Menü *Scrollen* aufgebaut. Im Bereich *Anzeigeoptionen* fehlt die Effekt Darstellung. Stattdessen kann die Scrolling-Geschwindigkeit in fünf Stufen von *Sehr schnell* bis *Sehr langsam* verändert werden 18.

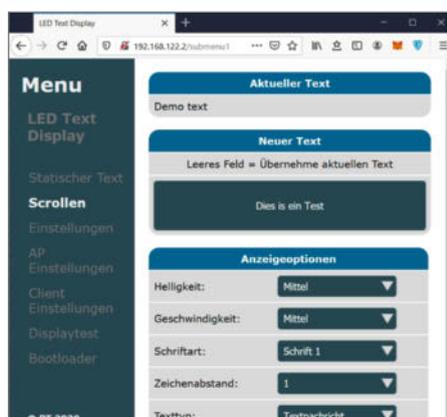
Das *Einstellungen*-Menü erlaubt folgende Grundeinstellungen: Bei *WLAN Modus* kann die Betriebsart zwischen *Access Point* und *WLAN Client* ausgewählt werden. Im Bereich *Startoptionen* kann gewählt werden, ob mit der *Autostart*-Option *Ja* der in der Datei *Init.txt* gespeicherte Text unmittelbar nach der Grundnachricht über die Verbindung angezeigt werden soll. Ist diese Option auf *Nein* eingestellt, wird dauerhaft die Grundnachricht über die Verbindung solange angezeigt, bis über die Web-Oberfläche eine statische oder scrollende Textnachricht ausgewählt ist. Mit der Option *Speichere aktuelle Einstellungen* auf *Ja* werden die aktuellen Einstellungen sowie der ausgewählte Text in dem File *Init.txt* gespeichert 19.



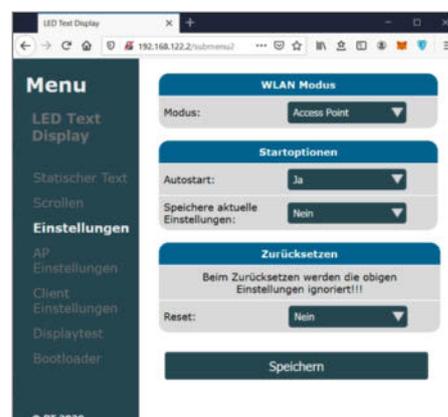
16 Schnittdarstellung für die Abdeckung



17 Die Web-Seite des Laufschrift-Displays: Auf Smartphones erscheint eine kleinere Variante.



18 Das Scrolltext-Menü: Im schwarzen Feld können Sie jederzeit den Text ändern.



19 Die Grundeinstellungen legen fest, wie sich das Modul nach dem Start verhält.

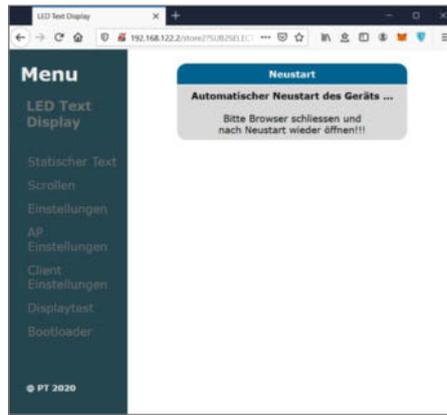
Im Bereich *Zurücksetzen* wird das Gerät resettet, ohne dass die Einstellungen in dem File *Init.txt* gespeichert werden. Die Schaltfläche *Speichern* wendet die neue Einstellung an, wobei ein Neustart des Gerätes erfolgt und die auf Bild 20 gezeigte Webseite erscheint.

Im Normalfall muss man sich erneut mit dem Gerät per WLAN verbinden und die Startseite aufrufen.

Access-Point-Betrieb

In den *AP Einstellungen* können die Einstellungen für den Betrieb als Access Point vorgenommen werden, also die *SSID* sowie das *Password*, das mindestens acht Zeichen lang sein muss, sowie eine *fixe IP-Adresse* und die *Subnetz-Maske*. *Speichern* wendet die neue Einstellung an, wobei ein Neustart des Gerätes erfolgt und die Einstellungen in *Init.txt* gespeichert werden 21.

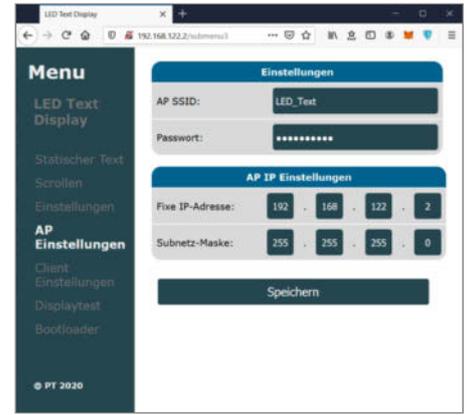
In dem Menü *Client Einstellungen* können die Einstellungen für den Betrieb im WLAN vorgenommen werden, also *SSID*, *Password* und der *Hostname*, außerdem im Bereich *IP Einstellungen* eine *fixe IP-Adresse*, die *Subnetz-Maske*, die Adresse des *Gateways* (Router),



20 Das Display ist mit den geänderten Einstellungen neu gestartet.

welcher zum Test der Verbindung vom Programm testweise gepingt wird, sowie von zwei *DNS-Servern*. *Speichern* wendet die neue Einstellung an, wobei ein Neustart des Gerätes erfolgt und die Einstellungen in *Init.txt* gespeichert werden.

In *Displaytest* kann der beschriebene Displaytest *Ein-* beziehungsweise *Aus-*geschaltet werden.



21 Die Web-Seite für die Access-Point-Einstellungen

In dem Menü *Bootloader* kann der Bootloader mit *Ja* ausgewählt werden. Die Schaltfläche *Speichern* wendet die neue Einstellung an, wobei ein Neustart des Gerätes erfolgt. Wie der Bootloader verwendet wird, lesen Sie in der Online-Beschreibung der Software.

Viel Spaß bei diesem Projekt, das Hard- und Software, Webdesign, 3D-Druck und Programmierung verbindet. —hgb

Make:markt

BÜCHER / ZEITSCHRIFTEN



Was Maker schon alles geschaffen haben!

Die Antwort und viele Beispiele finden Leser in unseren Zeitschriften „Space – das Weltraum Magazin“, „Wissen 2021“ und dem „Urknall“ vieler Computer- und Make-Enthusiasten – dem „Retro Gamer“.

www.emedia.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 | shop.led-studien.de

MIKROCONTROLLER



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



christiani.de/34399

Schneiden und Gravieren vieler Materialien – die Laserbox Pro von Makeblock Education

Der Lasercutter, für Schulen und Maker entwickelt, ist intuitiv bedienbar und programmiert Laserpfade automatisch. Filtereinheit, Weitwinkelkamera und Sicherheitssysteme inklusive.



seit 1931

Carl: Eine stabile DIY-Musicbox für Kinder

Carl ist ein einfach zu bedienender MP3-Player für Kinder, der reichlich Platz für Musik und Hörspiele bietet. Seine robuste Bauart macht ihn zu einem beliebten Begleiter für die Kleinen.

von Jan Delgado



Kurzinfo

- » Arduino steuert MP3-Modul
- » Abfragen von zwölf Tastern über einen einzelnen analogen Eingang
- » Styling mit Acryl-Transferdruck

Checkliste



Zeitaufwand:
ca. ein Wochenende



Kosten:
ca. 70 Euro



Löten:
einfache Lötarbeiten



Programmieren:
Arduino IDE oder PlatformIO

Mehr zum Thema

- » Florian Fusco, Interface aus der Farbtube, Make 5/16, S. 110
- » Michael Gaus und Miguel Köhnlein, Berührungsloser Musik-Seifenspender-Handwasch-Timer, Make 5/20, S. 92
- » Ralf Stoffels, Alles für die Tonne, Make 5/17, S. 54
- » Nikolai Radke, Erschaffe ein Monster! Make 4/16, S. 66

Material Gehäuse

- » Holzkasten als Basis für das Gehäuse, z.B. Weinkiste
- » Sperrholz und Hartschaumplatte für weitere Gehäuseteile
- » Holzgriff z.B. Schubladengriff aus Baumarkt
- » Bleche für die Befestigung der Bedienelemente
- » Leim, Nägel, Schrauben ...

Material Elektronik

- » Arduino Pro Mini ATmega328P mit 5V oder vergleichbar
- » Programmieradapter wenn der Arduino kein USB hat, FTD232-Chip
- » DFPlayer Mini MP3 Modul mit JL AA20HFJ648-94 Chip
- » 2 Arcadebuttons 24 × 64,5mm
- » Arcadebutton, 24 × 64,5mm, beleuchtbar
- » 9 Miniatur-Drucktaster
- » Kippschalter An/Aus
- » Potentiometer 10 kΩ
- » Lautsprecher VISATON FR 10 WP, 4Ω, wasserfester Breitbandlautsprecher
- » LED mit passendem Vorwiderstand (z.B. 150Ω für Betrieb an 5V)

- » Widerstände 1 × 1kΩ, 11 × 100Ω
- » USB-Powerbank
- » Micro-USB-Verlängerungskabel mit Einbaubuchse
- » Kabel mit USB-A-Stecker
- » Kabel, Lochrasterplatine, Kleinteile

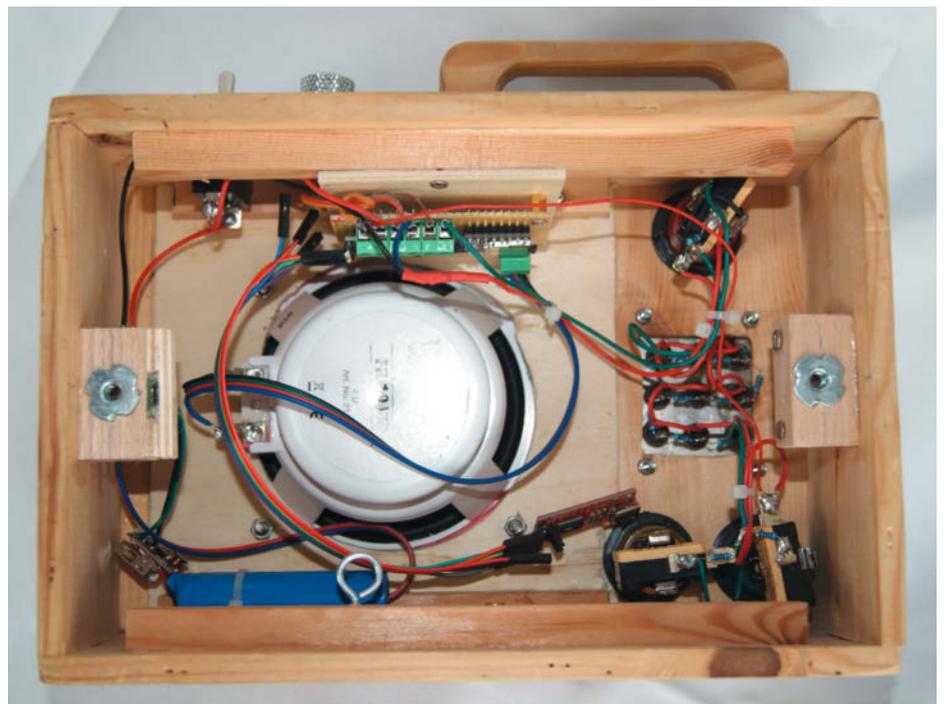
Werkzeug

- » Lötkolben für Elektronik
- » Säge Hand- oder Stichsäge
- » Stemmeisen (Stechbeitel)
- » Lochsäge oder Forstnerbohrer
- » Cutter, Schraubendreher, Zangen etc.

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

Im hier vorgestellten Projekt zeige ich, wie aus einer alten Weinkiste und etwas Elektronik ein schöner und haltbarer MP3-Player für Kinder wird. Das hier gezeigte Exemplar verrichtet seit über zwei Jahren ohne Probleme seinen Dienst – zur Freude eines jetzt sechsjährigen Jungen. Die Steuerung von Carl erfolgt über große und kleine Taster. Die kleinen Taster dienen der Auswahl einer Playlist. Über die großen Taster steuert man die Wiedergabe, dies alles ist robust und extra einfach gehalten. Alle Songs sind auf einer im Gerät versteckten Micro-SD-Karte im MP3-Format gespeichert. Als Stromversorgung dient eine eingebaute USB-Powerbank, die über USB geladen wird. Die Firmware ist in C++ geschrieben und kann bei Bedarf angepasst oder erweitert werden.

Das Projekt besteht im Wesentlichen aus drei Teilen: Elektronik, Firmware (also das Programm, das Carl steuert) und Gehäuse. Der Fokus dieses Artikels liegt auf der Beschreibung des Gehäuses und der Elektronik. Die Firmware ist auf meinem Bereich bei *GitHub* veröffentlicht (alle Links in der Kurzinfo) und kann von dort bezogen werden.



1 Innenansicht des Players mit angeschlossenem USB-zu-Seriell-Adapter

den, so können Sie ihn direkt per USB anschließen und benötigen keinen Adapter.

Firmware

Die Firmware ist in C++ geschrieben und nutzt die Bibliothek *DFPlayerMini_Fast* zur Ansteuerung des MP3-Moduls, *AnalogMultiButton*, um die Buttons über das Widerstandsnetz abzufragen, *JLed* für die LED-Effekte und *log4arduino* zur Ausgabe von Informationen zur Fehler-suche (Debugging und Test).

Die Konfiguration der Firmware erfolgt in der Datei `config.h`. Dort werden die verwendeten GPIO-Pins konfiguriert, wie zum Beispiel die Pins der seriellen Schnittstelle oder der Pin, an den die Taster angeschlossen sind **12**.

Die Standardkonfiguration entspricht der Verdrahtung, so wie sie im Schaltplan **2** vorgegeben ist.

Carls Betriebssystem aufspielen

Um die Firmware mit der Arduino IDE zu kompilieren, kopiert oder entpackt man zunächst den Quellcode aus dem GitHub-Repository in ein beliebiges Verzeichnis. Das Projekt wird in der Arduino IDE unter *Datei/Öffnen...* und durch Auswahl von *carl.ino* im Unterverzeichnis *carl* des Projektverzeichnisses geöffnet.

In der Arduino IDE wählt man nun unter *Werkzeuge/Boards/Arduino AVR Boards* das Board *Arduino Pro or Pro mini* aus. Den richtigen Prozessor konfiguriert man unter *Werkzeuge/Prozessor*. Für den hier verwendeten Arduino Pro Mini ist dies *ATmega328P 5V 16MHz*. Nachdem der Arduino (ggf. über den USB-zu-Seriell Adapter) mit dem PC verbunden wurde, ist noch der Port, an den der Arduino angeschlossen ist, unter *Werkzeuge/Port* auszuwählen.

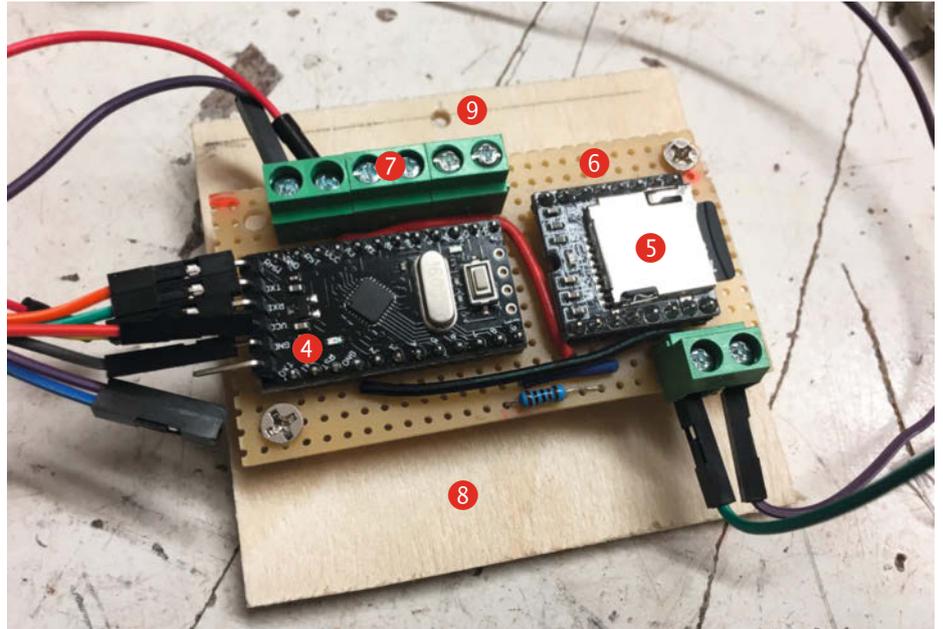
Carl benötigt folgende Bibliotheken:

- JLed (Version 4.7.0)
- log4arduino (Version 1.0.0)
- AnalogMultiButton (Version 1.0.0)
- DFPlayerMini_Fast (Version 1.2.4)
- FireTimer (Version 1.0.5), benötigt von DFPlayerMini_Fast

Alle verwendeten Bibliotheken installiert man über den Menüpunkt *Sketch/Bibliothek Einbinden/Bibliothek verwalten...* **13**. Hierbei hilft die Suchfunktion, schnell zu den Libraries zu gelangen.

Ein Klick auf den Hochladen-Button **15** der Arduino IDE übersetzt den Quellcode und überträgt das ausführbare Programm auf den Microcontroller. Die Debug-Ausgaben kann man sich im *Seriellen Monitor* anschauen, der über das Werkzeug-Menü oder das Icon **16** ausgewählt wird.

Der erste Test **14** kann mit dem *virtuellen Tastenfeld* erfolgen. Carl wird dabei über die serielle Schnittstelle per Tasteneingabe im *Seriellen Monitor* gesteuert. Hier muss nach



Arduino und DFPlayer Mini auf einer Lochrasterplatine verlötet.

jeder Eingabe *Enter* oder *Return* gedrückt werden. Die Ziffern 1 bis 9 wählen die entsprechende Playlist aus, *p* entspricht dem *Start/Pause/Stopp*-Button und *+* und *-* springen ein Lied vor bzw. zurück. Auf der GitHub-Seite des *carl-testdata*-Projekts steht eine SD-Karte mit Testdateien zum Download, sodass man sofort starten kann.

Bedienung

Die Bedienung ist intuitiv und bietet keine großen Überraschungen: Der Ein- und Ausschalter sowie der Lautstärkereger bedürfen keiner weiteren Erklärung. Ein Druck auf einen der neun Playlist-Taster startet die Wiedergabe mit dem ersten Lied der jeweiligen Playlist.

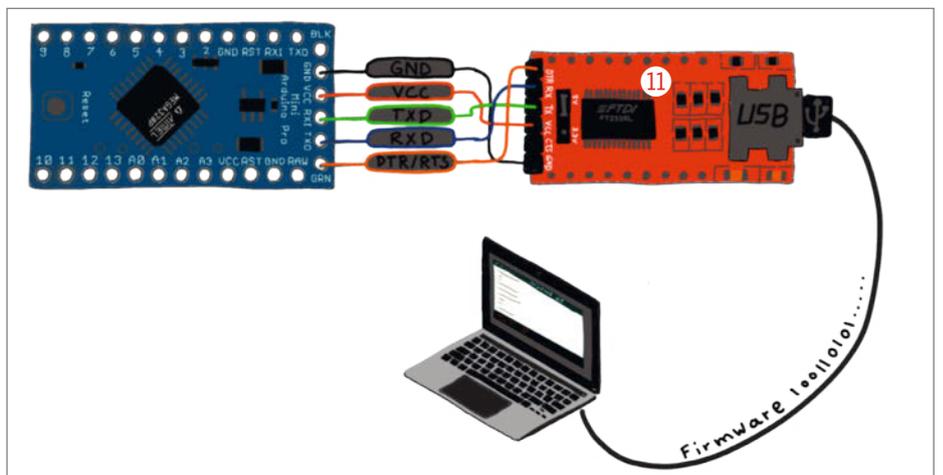
Über die Buttons *Lied vor* und *Lied zurück* springt man zwischen den Liedern einer Play-

list. Läuft das aktuelle Stück noch keine drei Sekunden, so springt *Lied zurück* zum vorhergehenden Lied, ansonsten zum Anfang des Stücks, wie man es von CD- oder MP3-Playern gewohnt ist.

Der *Start/Pause/Stopp*-Button funktioniert wie folgt: Ein kurzer Druck pausiert das aktuelle gespielte Stück beziehungsweise setzt die Wiedergabe von der letzten Position fort. Ein längerer Druck von zwei Sekunden stoppt die Wiedergabe und setzt die Wiedergabe auf den Anfang des aktuell gespielten Stückes zurück.

Zwölf Taster an einem Eingang

Neben dem Ein- und Aus-Schalter verfügt Carl über insgesamt zwölf Taster: drei große Arcade-buttons sowie neun Minitaster zur Auswahl



10 Anschluss des USB-zu-Seriell Adapters

12 Konfiguration, Auszug aus config.h

```
// Konfiguration der
// genutzten GPIO am Arduino

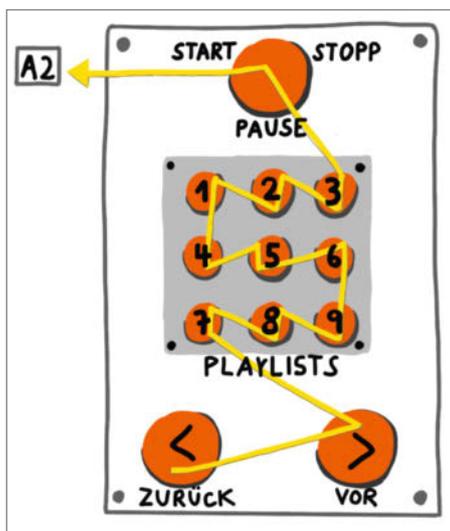
constexpr uint8_t PIN_BUTTONS = A2;
constexpr uint8_t PIN_VOLUME = A3;
constexpr uint8_t PIN_VOLUME_POWER = 11;
constexpr uint8_t PIN_RX = 9;
constexpr uint8_t PIN_TX = 8;
constexpr uint8_t PIN_LED = 10;
constexpr uint8_t PIN_DFPLAYER_BUSY = 12;
```



13 Finden und installieren einer Bibliothek, hier die AnalogMultiButton-Library



14 Der erste Start von Carl nach dem Übersetzen und Hochladen des Quellcodes



17 Tastenfeld mit Verdrahtungsschema

einer Playlist. Um die Schaltung einfach zu halten, sind alle zwölf Taster in Serie über ein Widerstandsnetz mit nur einem analogen Eingang (A2) des Arduino verbunden **17**. Dies spart gegenüber dem üblichen Vorgehen mit einer Tastenmatrix (sieben GPIOs erforderlich für zwölf Taster) oder einer direkten Verkabelung (zwölf GPIOs erforderlich) die knappen GPIO-Ports am Microcontroller und erheblichen Verkabelungsaufwand. Der Nachteil, dass bei diesem Ansatz nur ein Taster gleichzeitig erkannt werden kann (sofern die Widerstände nicht sehr genau bemessen sind), ist hier kein Problem, da dies das „Benutzerinterface“ ohnehin nicht vorsieht.

Das Prinzip ist folgendes: Ist keiner der Taster gedrückt, so liegt der Analogeingang A2 des Arduino über den 500Ω Widerstand auf Masse und misst somit 0V. Beim Drücken eines Tasters liegt am Eingang eine durch den dann

aktiven Spannungsteiler definierte Spannung an. Aus der Höhe der anliegenden Spannung ergibt sich, welcher Taster gedrückt wurde. Carl nutzt die Bibliothek *AnalogMultiButton*, um aus den anliegenden Spannungen Tastencodes für die Anwendung abzuleiten.

Die *AnalogMultiButton*-Bibliothek muss im Code mit den erwarteten Spannungen, die beim Drücken der einzelnen Taster gemessen werden, einmalig „kalibriert“ werden. Dies ist nötig, um den tatsächlichen Werten und der Serienstreuung der verwendeten Widerstände Rechnung zu tragen. Nachdem die Taster verkabelt und mit dem Arduino verbunden sind, wie in der Reihenfolge wie in Bild **17** dargestellt, kann die Ermittlung der Werte und ein erster Funktionstest mit dem Sketch *calibrate.ino* **18** erfolgen.

Der Sketch kann über die Arduino IDE kompiliert und auf den Arduino übertragen werden **19**. Nach dem Start öffnet man den *Seriellen Monitor* **20** in der Arduino IDE. Dann drückt und hält man die Taster in der Reihenfolge der Verkabelung, beginnend mit dem *Lied zurück*-Button gemäß Bild **17**. Daraufhin werden die dem jeweiligen Taster entsprechenden Werte ausgegeben. Diese schreibt man auf und trägt sie dann später in die Konfiguration der Firmware ein (genauer in die Datei *keypad.h* in das Array `button_values_[]` der *Keypad*-Klasse).

```
// Auszug aus keypad.h

static constexpr int button_values_[]
= {
    ...
    // hier die eigenen 12 Werte!
    323, 344, 369, 398, 431, 470,
    517, 574, 645, 736, 857, 1023
};
```

Im Beispiel wurden die Taster in der Reihenfolge der Verkabelung gedrückt und dabei die Werte 323, 344, 369, ... abgelesen. Die Werte sollten stetig größer werden. Hat man einen Sprung oder sinkt der Wert zwischen zwei Tastern, stimmt etwas mit der Verkabelung nicht.

USB-Powerbank als Spannungsquelle

Die Spannungsversorgung übernimmt bei mir eine kleine USB-Powerbank, die eine einzelne Akkuzelle vom Typ 18650 (3,7V, typisch 2600mAh) enthält. Ein DC-DC-Boost-Converter in der Ladeelektronik der Powerbank hebt die Spannung auf die für den Arduino erforderlichen 5V an. Befestigt ist der Akku mit einem Klett-Klebeband auf dem Gehäuseboden. Wie in Bild **21** skizziert, kann die Powerbank so mehr oder weniger unverändert zum

Einsatz kommen. Somit kann Carl über ein normales USB-Ladegerät geladen werden. Der gemessene Stromverbrauch von Carl liegt im Betrieb bei etwa 90mA, womit man, zumindest rein rechnerisch, auf eine Laufzeit von über 18 Stunden mit einer Ladung kommt (10% Wandlungsverluste und Kapazität auf 5V umgerechnet). Ist dies zu wenig, kann ohne großen Aufwand eine Powerbank mit höherer Kapazität verwendet werden.

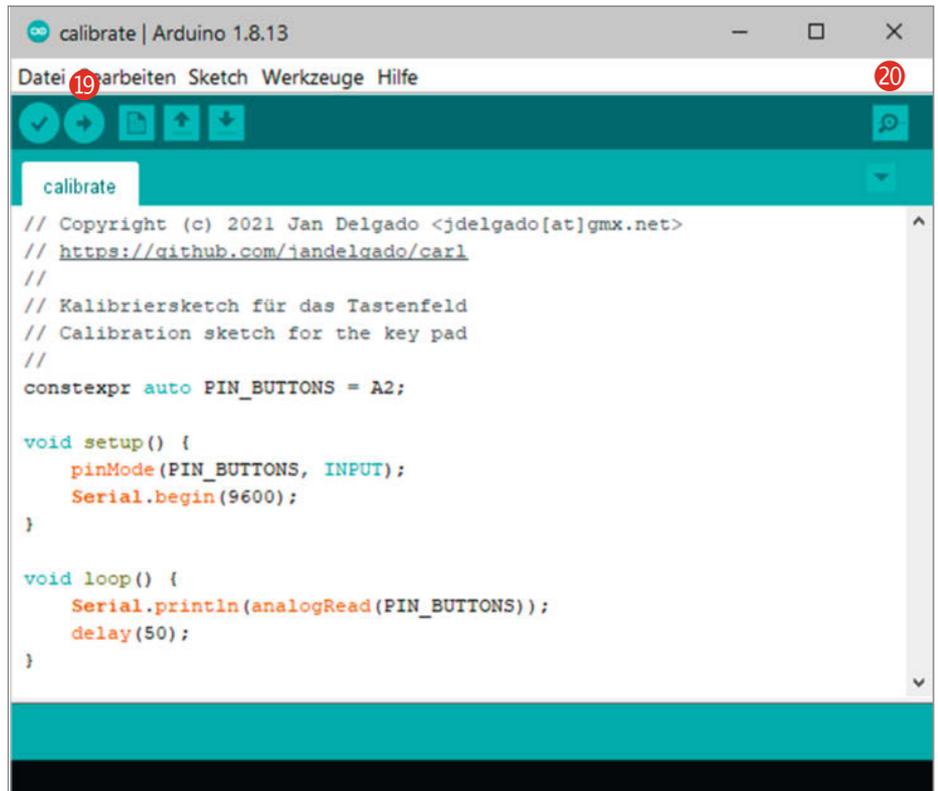
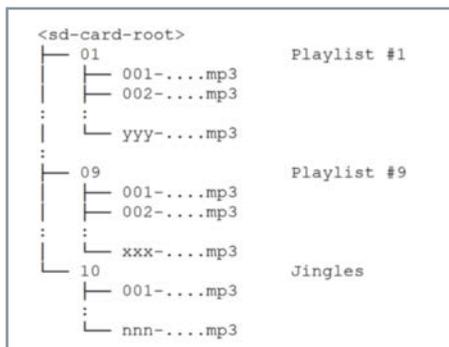
Zum Anschluss der Ladebuchse baut man in das Gehäuse ein Micro-USB-Verlängerungskabel mit Einbaubuchse ²² ein. Der Micro-USB-Stecker wird mit der Powerbank verbunden. An den USB-Typ-A-Anschluss der Powerbank ²³ schließt man ein USB-Kabel an, das aufgetrennt wird und dessen 5V-Ader über den Netzschalter ²⁴ zur Platine geht. Die Masse (GND) wird direkt mit dem Masseanschluss verbunden.

Die Verwendung der USB-Powerbank ist nur eine Möglichkeit von vielen, Carl mit Strom zu versorgen. Solange man auf die erforderlichen 5V kommt, kann man hier auch andere Konzepte umsetzen. In meinem Prototyp kam eine ausgeschlachtete Powerbank zum Einsatz, dies ist aber nur zu empfehlen, wenn Sie Erfahrung mit Akkutechnik haben und sich zutrauen, an einer spannungsführenden Platine mit Akku zu löten. Ansonsten verwenden Sie, wie im Artikel gezeigt, eine unmodifizierte Powerbank und Kabel.

SD-Karte

Auf der SD-Karte erwartet Carl für jede Playlist ein eigenes Verzeichnis. Diese Verzeichnisse müssen von 01 bis 10 durchnummeriert sein. In den Verzeichnissen werden die MP3-Dateien abgelegt, die mit einem dreistelligen numerischen Präfix beginnen müssen, wie zum Beispiel 012-*Mein Lieblinglied.mp3*. Das Ziffern-Präfix bestimmt die Reihenfolge der Lieder innerhalb der Playlist. Wichtig ist, dass sich keine weiteren, außer den oben genannten Verzeichnissen, auf der Karte befinden, da sonst die Zuordnung zu den Playlist-Buttons nicht gewährleistet ist.

In den Verzeichnissen 01 bis 09 liegen die mit den Playlists eins bis neun korrespondierenden MP3-Dateien. Das Verzeichnis mit dem



¹⁸ Sketch, um die Tastenwerte auszulesen

LED-Effekte mit JLed

Für ein optisches Feedback ist der Arcade-button für *Start/Pause/Stopp* mit einer LED versehen (Vorwiderstand mit ca. 150Ω nicht vergessen), die vom Arduino gesteuert wird. Carl signalisiert zum Beispiel das Abspielen des Intro-Jingles, das Starten und Stoppen von Liedern mit verschiedenen, durch die LED dargestellten Effekten.

Als Seitenprojekt ist hierbei die C++ Bibliothek *JLed* entstanden, die ein „Abspielen“ von Effekten wie Blinken, *Breathe* (Atmen), Fade-in und -out erlaubt, ohne dass dabei das eigentliche Programm

blockiert wird. Das ist wichtig, da ansonsten, während zum Beispiel die LED blinkt, eine Steuerung über die Tasten nicht mehr möglich wäre.

Die Nutzung von *JLed* ist sehr einfach: Zunächst definiert man ein *JLed*-Objekt mit den gewünschten Eigenschaften, dann ruft man periodisch die *Update*-Methode des Objekts auf. Ein typisches Beispiel zeigt der Sketch *JLed-Demo.ino*, der eine LED an GPIO 10 sechsmal mit dem *Breathe*-Effekt und einer Periode von 1500ms und anschließender Wartezeit von 500ms pulsieren lässt.

JLed-Demo.ino

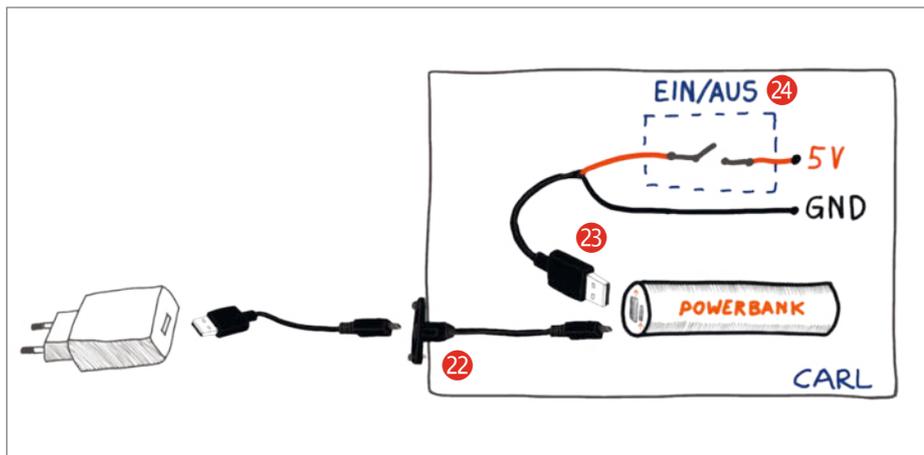
```

#include <jled.h>

auto led_breathe = JLed(10).Breathe(1500).Repeat(6).DelayAfter(500);

void setup() { }

void loop() {
  led_breathe.Update();
}
    
```



21 Verkabelung mit der USB-Powerbank



25 Aus einer alten Weinkiste wird das Gehäuse.

Namen 10 hat eine besondere Funktion: von den hier abgelegten MP3-Dateien wird beim Start von Carl automatisch eine Datei zufällig ausgewählt und als Begrüßungs-Jingle abgespielt. Die Firmware ist so ausgelegt, dass das Abspielen des Jingles nicht unterbrochen werden kann. Im GitHub-Repository des Projekts findet sich ein Skript, das bei der automatischen Nummerierung der Dateien behilflich ist und diese Aufgabe automatisiert (siehe `tools/renamer.sh` für Details, nur Linux). Darüber hinaus bietet das `carl-testdata`-GitHub-Repository eine fertige SD-Karte für Testzwecke zum Download an.

Gehäuse

Die Basis des Gehäuses bildet eine ausgelegte Geschenkverpackung aus Holz, in der ursprünglich zwei Weinflaschen unterge-

bracht waren 25. Da die Kiste etwas zu groß ist, bringen wir sie auseinandergebaut mit einer Säge auf das richtige Maß (hier ca. 25cm x 17cm x 9cm). Die teilweise offene Vorderseite wird anschließend von innen mit einer Sperrholzplatte geschlossen. Diese darf nicht zu dünn sein, damit es später bei der Wiedergabe nicht zu störenden Gehäusevibrationen kommt. Aus ästhetischen Gründen folgt nun eine weitere Verkleidung aus rotem Hartschaum, auf die später der weiße Lautsprecher montiert wird. Das ist jedoch Geschmackssache und kann natürlich (wie das ganze Gehäuse) nach eigenen Vorstellungen gestaltet werden.

Die Öffnung für den Lautsprecher wird nun vorsichtig mit einer Stichsäge herausgesägt. Dabei ist darauf zu achten, das Loch nicht zu groß zu sägen, damit die Schnittkanten von der Oberseite des Lautsprechers verdeckt und später nicht sichtbar sind 26.

Als Rückwand für das Gehäuse dienen zwei verleimte Sperrholzplatten, wie sie im Baumarkt für Laubsägearbeiten erhältlich sind. Die Stärke der Rückwand beträgt so circa 7mm. Die Rückwand wird über zwei im Inneren des Gehäuses angebrachte Einschlagmuttern verschraubt 27. Inbusschrauben mit großen Köpfen erlauben ein Öffnen und Schließen des Deckels ohne Werkzeug und damit eine schnelle Erreichbarkeit der USB-Ladebuchse 28.

Die USB-Ladebuchse ist im Inneren verborgen und fest mit dem Gehäuse verbunden. Wer eine stabilere Variante bevorzugt, kann hier alternativ eine Micro-USB-Verlängerung mit schraubbarer Buchse direkt in die Rück- oder Seitenwand montieren.

Der Tragegriff ist ein Schubladengriff aus dem Baumarkt. Er wird zuletzt montiert und mit Holzleim und zwei Schrauben von der Innenseite des Gehäuses befestigt. Da an dieser Verschraubung später beim Transport das ganze Gewicht von Carl lastet, muss die Verschraubung entsprechend stabil sein, was getestet werden sollte. Es wäre doch zu schade, wenn sich Carl später in seine Einzelteile zerlegt, nur weil der Griff nicht richtig montiert war.

Bedientasten

Das Tastenfeld und drei große Arcadebuttons ermöglichen eine einfache Bedienung. Zur Befestigung der großen Arcadebuttons werden mit einer Lochsäge oder einem Forstner-Bohrer (25mm) passende Aussparungen in die Frontseite gebracht. Die hier verwendeten Arcadebuttons lassen sich nun vom Inneren des Gehäuses fest verschrauben 29.

Das Tastenfeld für die Auswahl der Playlist besteht aus neun Minitastern 30 31, die auf ein altes Stück Blech montiert sind (Größe ca. 5cm x 6,5cm). Für die Markierung der Bohrungen habe ich zuvor eine Schablone aus-



26 Lautsprecher im Rohbau-Gehäuse

gedruckt. Das Blech mit den Tastern wird mit vier Maschinenschrauben mit dem Gehäuse verschraubt. Vorher muss natürlich eine entsprechende Aussparung herausgesägt werden, ebenso müssen die vier Löcher für die Schrauben in das Gehäuse gebohrt werden. Beim Aussägen der Aussparung für das Tastenfeld darauf achten, dass in den Ecken genügend Platz für die Bohrungen der Schrauben ist.

Ein weiteres Blech **32** (Größe ca. 6,2cm x 3,7cm) dient der Befestigung des Lautstärkereglers sowie des Kippschalters zum Einbeziehungsweise Ausschalten des Geräts. Hier wird die dicke Gehäusedecke von innen mit einem Stemmeisen (Stechbeitel) soweit abgetragen, dass sowohl der Kippschalter als auch das Potentiometer durch Bohrungen gesteckt und mit dem Gehäuse und dem Blech fest verschraubt werden können.

Künstlerische Gestaltung

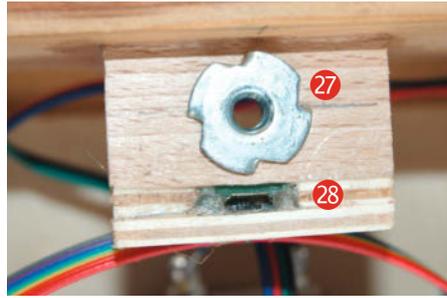
Das Gehäuse ist nun fertig und es kann an das Artwork gehen. Hier sind der Kreativität keine Grenzen gesetzt. Im Beispiel habe ich mithilfe des Acryl-Transferdruckverfahrens verschiedene Motive auf die Holzoberfläche des Gehäuses übertragen **33**. Beim Acryl-Transferverfahren ist zu beachten, dass die Vorlagen zwingend auf einem Laserdrucker ausgedruckt werden müssen (d. h. keinen Tintenstrahldrucker verwenden), und dass die Vorlage spiegelverkehrt übertragen wird. Zu empfehlen ist ein „Probendruck“ auf einem alten Brett, dann gibt es keine Überraschungen. In Bild **34** sieht man die auf das Acrylgel aufbrachten Motive, Bild **35** zeigt das Entfernen des Trägerpapiers mit einem Schwamm und Wasser. Fixiert habe ich die Drucke mit normalem Holzleim, der in mehreren Schichten aufgepinselt wurde. Der Leim härtet transparent aus, sodass die Schutzschicht später nicht mehr zu sehen ist.

Hacking Carl

Da Hard- und Firmware offen und gut erweiterbar sind, kann Carl um weitere Features erweitert werden. Einige Anregungen:

- Es gibt einen Konfigurations-Mode, der es erlaubt, Equalizer-Einstellungen für eine Klangverbesserung zu wählen, dies wird durch das `#define ENABLE_CONFIG_MODE` in `config.h` aktiviert.
- Sprachausgabe bei Bedienung
- weitere LEDs einbauen
- nach Neustart fortsetzen der Ausgabe beim zuletzt gespielten Stück
- Shuffle, Repeat, ...
- Nutzung des `Sleep Mode` des DFPlayers, um Energie zu sparen.

Alles in allem ein schönes Projekt, das Kindern lange Spaß macht. Sind die Kinder schon etwas älter, kann man sie auch bei der



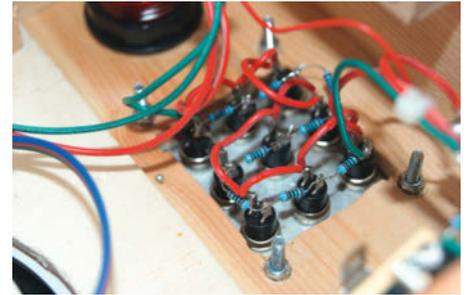
27 Einschlagmutter **28** und USB-Ladebuchse



29 Montage der Arcadebuttons von innen



30 Minitaster-Feld zur Auswahl der Playlist



31 Verdrahtung der Minitaster



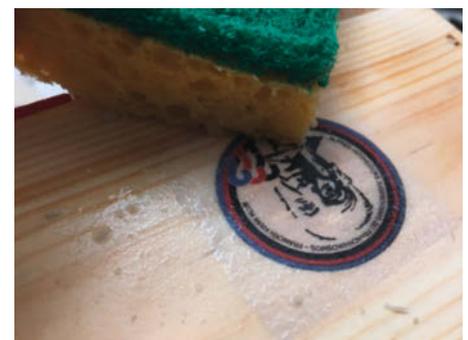
32 Lautstärkereglern und Ein- und Ausschalter



33 Acryltransfer-Bilder auf Holz



34 Gehäuse mit den aufgeklebten Transfervorlagen



35 Entfernen des Papiers mit einem feuchten Schwamm

künstlerischen Gestaltung des Players einbinden. Sind sie zu erwachsen für den Player und man ist dauernd dabei, neue Playlisten zu generieren, kann man den Player weiterverschenken oder die Elektronik für

andere Zwecke weiter benutzen. Die Make-Redaktion und ich freuen uns sehr, wenn Sie uns Bilder Ihrer Versionen schicken oder sie direkt auf Make Projects veröffentlichen. —caw

Anmeldung Jugend forscht 2022

Jugend forscht und Schüler experimentieren gehen in die nächste Runde. Es kann in den Themengebieten Arbeitswelt, Biologie, Chemie, Geo- und Raumwissenschaften, Mathematik/Informatik, Physik und Technik geforscht werden.

jugend-forscht.de

Job-Angebot: Jugend hackt

Zur Verstärkung des Jugend-hackt-Teams bei der Open Knowledge Foundation Deutschland wird ein:e Fundraiser:in (80%) ab November 2021 gesucht. Bewerbungsschluss ist der 15. August 2021.

heise.de/s/0rAz

Maker-Termine

**ViNN:Lab Wildau
Re-Opening
ab 11. August 2021**

vinnlab.th-wildau.de

**3D-Drucker
Bau-Workshop
11.–12. September 2021**
ganztags, kostenpflichtig
86159 Augsburg
wiki.openlab-augsburg.de/3DDruckerkurs

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

Veranstalten Sie selbst?

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

mail@make-magazin.de



cadus.org

Hilfsorganisation

CADUS und der Crisis-Response-Makerspace

CADUS aus Berlin ist eine gemeinnützige und unabhängige Hilfsorganisation, die innovative und nachhaltige Projekte mit dem Schwerpunkt auf medizinischer Versorgung initiiert. Im Mittelpunkt steht dabei die bedarfsgerechte Hilfe zur Selbsthilfe in Krisengebieten. In diesem Rahmen betreibt CADUS auch einen Makerspace für den humanitären Sektor. Hier werden die Erfahrungen und Kompetenzen der Mitglieder und derer Kontakte aus den Netzwerken von CADUS gebündelt. Damit soll die humanitäre Hilfe in Krisengebieten effektiver und sicherer für Helfer und

Opfer gestaltet werden. Dies kann im Makerspace alles schnell auf direktem Wege geschehen, von der Planung bis zur Fertigung. Die Ergebnisse werden unter Open-Source-Lizenzen veröffentlicht.

Der Makerspace ist für fast alle fachspezifischen Bauvorhaben ausgerüstet. Die Bereiche für Holz- und Metallbearbeitung sowie Lötstationen und CNC-Fräsen bieten umfangreiche Möglichkeiten, um Projekte in die Tat umzusetzen.

—caw

► cadus.org

Technovation Girls Germany

Lösungsorientierte App-Entwicklung für Mädchen

Mädchen im Alter zwischen 10 und 18 Jahren entwickeln bei Technovation Girls Germany mithilfe von selbst entwickelten Apps Lösungen für soziale und ökologische Herausforderungen in unserer Lebenswelt. Dabei sollen sie digitale sowie unternehmerische Kompetenzen erlangen. Technovation Girls möchte Mädchen auf ihrem Weg in eine digitale Zukunft und vielleicht bei ihrer Berufswahl unterstützen.

Dies ist ein gemeinsames Programm der Deutschen Kinder- und Jugendstiftung (DKJS) und der US-amerikanischen Non-Profit-Organisation Technovation. Seit 2010 haben bereits über 25.000 Mädchen aus mehr

als 100 Ländern am Programm Technovation Girls teilgenommen.

Mädchen die Lust haben, auch gemeinsam mit Freundinnen, eine App-Idee zu entwickeln und diese umzusetzen, können sich bewerben. Coding-Vorkenntnisse sind nicht nötig, es wird Unterstützung und ausführliche Dokumentation zur Verfügung gestellt. Die Voranmeldung für die Saison 2021/2022 ist ab sofort möglich.

—caw

► technovationchallenge.de



technovationgirls@dkjs.de

Hohe Ehrung für Hackerspace

Bürgermedaille der Stadt Braunschweig für Stratum 0

Mit der Bürgermedaille der Stadt Braunschweig werden einmal im Jahr Verdienste um die besondere Förderung des allgemeinen Wohls der Bürgerinnen und Bürger gewürdigt. Als Auszeichnung für besondere Verdienste hat der Oberbürgermeister Ulrich Markurth die Bürgermedaille für das Jahr 2021 unter anderem an den Verein *Stratum 0* verliehen (im Bild v.l.n.r.: Bürgermeister Ulrich Markurth, Rebecca Husemann und Lars Andresen).

Stratum 0 e. V. ist ein Hackerspace für Braunschweig und Umgebung. Hier gibt es die Gelegenheit zum Austausch und eine High-Tech-Werkstatt, um eigene Ideen zu verwirklichen. Dabei wird kreativ mit Technik umgegangen. Weiterhin ist der Hackerspace ein gemüthlicher Treffpunkt, um die Hackerkultur zu pflegen. In den Räumen in der Hamburger Straße bietet *Stratum 0* zahlreiche Möglichkeiten sich einzubringen und weiterzubilden. Die Vereinsmitglieder fördern den Umgang mit Technik bei Groß und Klein und bringen neue Technologien allen Interessierten näher. So agiert der Verein als Austauschplattform, Wissensvermittler und Ratgeber. Immer mit dem Ziel, lösungsorientiert



Stadt Braunschweig, youtube

zu handeln, wird hier erklärt, analysiert, erfunden, diskutiert und geholfen. Das Teilen von Wissen und Geräten ist Alltag im Verein. Alle öffentlichen Veranstaltungen sind kostenfrei und Interessierte sind jederzeit willkommen im Space, unabhängig von Vorwissen oder vom Mitgliedsstatus. —caw

► stratum0.org

IoT-User-Gruppe Deutschland

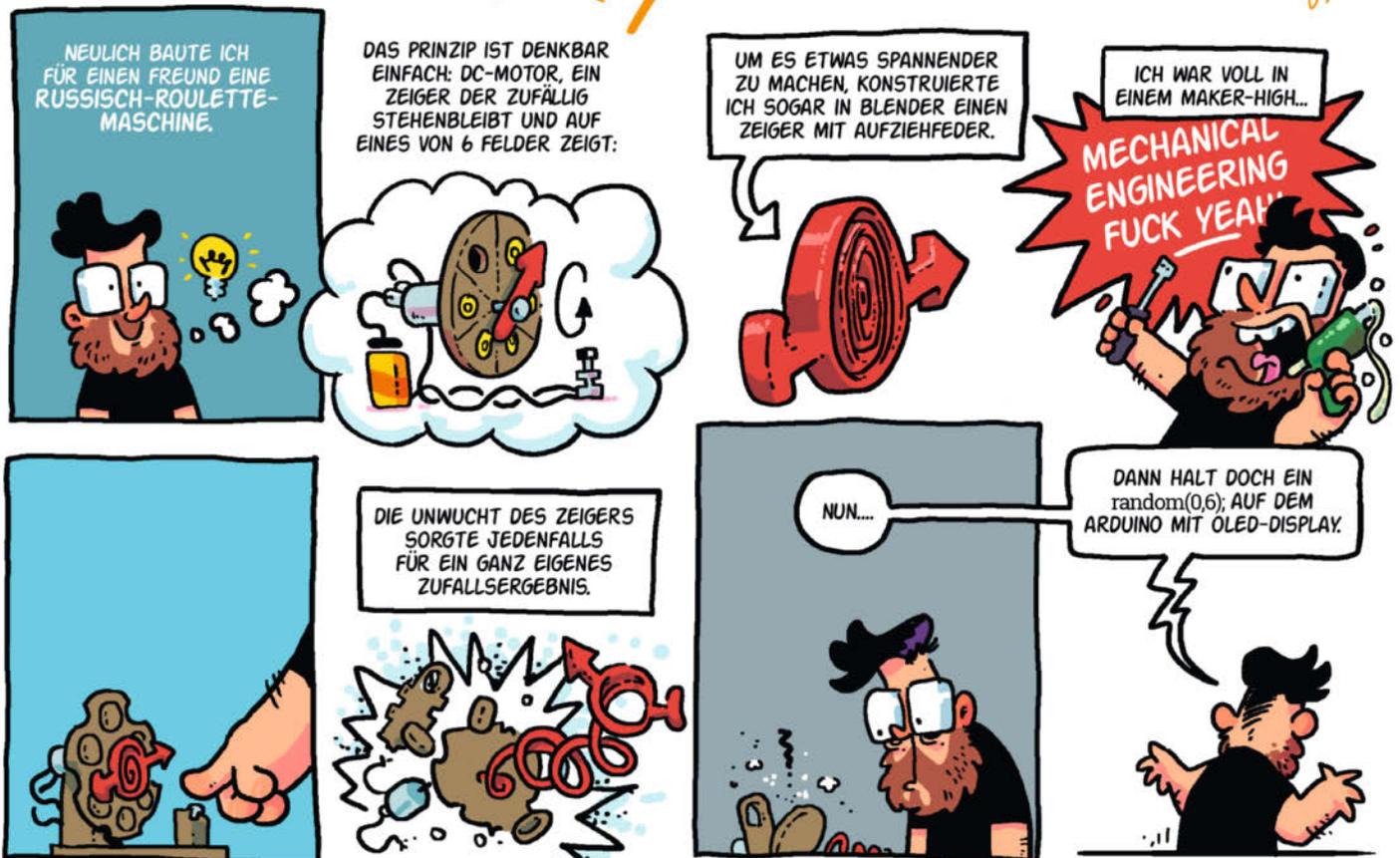
Diese Gruppe möchte die zentrale Anlaufstelle für deutschsprachige IoT bzw. LoRaWAN-User werden. Es werden Dokumentationen und Projekte vorgestellt, sodass neue User einen schnellen und einfachen Einstieg in ein Top Thema der kommenden Jahre erhalten.

iot-usergroup.de

44 Mechanical Engineering

Kolophonium

von und mit @beetlebum



MicroPython-Sonderheft

Keine Lust mehr auf C++? Dann probieren Sie doch mal MicroPython. Dank leistungsfähiger Mikrocontroller mit vergleichsweise viel Speicher bietet sich die Skriptsprache für viele Projekte als mächtige und einfach zu erlernende Alternative zum Arduino und C++ an. Das *Make MicroPython Special* ist als gedrucktes Heft ab sofort im heise Shop für 14,90 Euro zu haben und bietet auf 86 Seiten Stoff für Einsteiger und Umsteiger und zeigt, wie man leicht und schnell eigene Projekte mit dem ESP32 und auf dem Pi umsetzt.

Neben einer Einführung in die wichtigsten Sprachenelemente, die besten Editoren und die praktischsten Bibliotheken führt das Heft Schritt für Schritt in die Installation von MicroPython auf dem ESP32 ein. Wir zeigen, wie man GPIOs steuert, Sensoren mit I²C abfragt, MQTT-Pakete per WLAN verschickt, Multi-

threading nutzt, Fehler mit *try-catch* abfängt und Strom mit *DeepSleep* spart.

Wie immer in Make Specials geht die Theorie Hand in Hand mit der Praxis: Eine CO₂-Ampel mit SCD30-Sensor warnt per farbiger LED-Leiste vor zu hohen Konzentrationen. Ein OLED-Display zeigt diverse Messwerte an, die alternativ ein Webserver mit einer schicken Oberfläche auch auf Browsern darstellt. Erstmals behandeln wir auch das Protokoll I²S an Anbindung

von Audio-Hardware und zeigen, wie man einen Verstärker-IC damit betreibt und wie ein MEMS-Mikrofon darüber Audiodaten aufnimmt und auf einer SD-Karte speichert.

Das gedruckte Heft ist portofrei bis einschließlich 30. Juli für 14,90 Euro zu haben. Als PDF kostet das Special 12,99 Euro, das Bundle Heft + PDF gibt es für 19,90 Euro. —*dab*

► make-magazin.de/x8q6



125

```

play_mono_wav.py
from machine import I2S, Pin
WAV_FILE = "/sd/125.wav"
SAMPLE_RATE_HZ = 16000
WAV_FREQ = Pin(12)
SD_FREQ = Pin(13)
SD_FREQ.config(mode=I2S_MODE_TX, pins=(SD_FREQ, SD_FREQ),
               driver=I2S_Drv(1))
i2s = I2S(1, (SD_FREQ, SD_FREQ), 16000, 1)
i2s.config(driver=I2S_Drv(1))
i2s.write(WAV_FILE)

```

SD-Karten-Module sind gängig und einfach zu integrieren.

↳ I2S-Objekt an die aufrufende Funktion weiter.

Enthält die aufrufende Funktion eine *try*-Anweisung, dann unterbricht die den aktuellen Programmfluss und springt zur *except*-Anweisung. Diese prüft, ob das *Exception*-Objekt einen *stop*-Tag, den die Funktion potenziell erwartet hat. Ist das der Fall, so behandelt die Funktion den Fehler und führt das Programm entsprechend fort. Ansonsten wird die *Exception* an die nächste aufrufende Funktion hochgereicht.

In *try*, *finally*, *except* und *else* Anweisungen in der Endklausel unter dem Schlüsselwort *try* zusammengefasst. Das hat zur Folge, dass Ausnahmen, die in irgendeiner dieser Anweisungen auftreten, an die *except*-Anweisung gerichtet werden. Dies prüft zunächst auf Ausnahmen mit dem Typen *KeyboardInterrupt* und *Exception*. Keinesfalls *Interrupt* tritt auf, wenn der Nutzer des Programms die Tastenkombination *Strg-C* drückt. *Exception* steht für alle anderen Ausnahmen und *stop* für die *except*-Anweisung in diesem Fall alle möglichen Fehler ab.

Detailliertes Informations über den Fehler enthält das eigentliche *Exception*-Objekt und die *except*-Anweisung gibt diesem Objekt mittels der *as*-Klausel den Namen *e*, in der



SD-Karten-Module sind gängig und einfach zu integrieren.

Enthält die aufrufende Funktion eine *try*-Anweisung, dann unterbricht die den aktuellen Programmfluss und springt zur *except*-Anweisung. Diese prüft, ob das *Exception*-Objekt einen *stop*-Tag, den die Funktion potenziell erwartet hat. Ist das der Fall, so behandelt die Funktion den Fehler und führt das Programm entsprechend fort. Ansonsten wird die *Exception* an die nächste aufrufende Funktion hochgereicht.

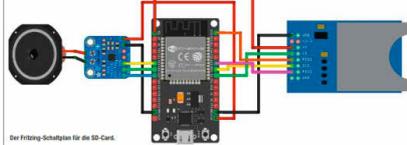
In *try*, *finally*, *except* und *else* Anweisungen in der Endklausel unter dem Schlüsselwort *try* zusammengefasst. Das hat zur Folge, dass Ausnahmen, die in irgendeiner dieser Anweisungen auftreten, an die *except*-Anweisung gerichtet werden. Dies prüft zunächst auf Ausnahmen mit dem Typen *KeyboardInterrupt* und *Exception*. Keinesfalls *Interrupt* tritt auf, wenn der Nutzer des Programms die Tastenkombination *Strg-C* drückt. *Exception* steht für alle anderen Ausnahmen und *stop* für die *except*-Anweisung in diesem Fall alle möglichen Fehler ab.

Detailliertes Informations über den Fehler enthält das eigentliche *Exception*-Objekt und die *except*-Anweisung gibt diesem Objekt mittels der *as*-Klausel den Namen *e*, in der

passieren auf einer sehr niedrigen Ebene des Codes. Beispielsweise kann eine Schreiboperation scheitern, weil just in diesem Moment die Flash-Speicher voll ist.

Statt nun mit einem und fehlerträchtigen Fehlercode von der untersten Ebene des

Programms an die höheren Schichten durchzuschieben, kann die Schreiboperation eine *Exception* erzeugen. Dazu dient in Python die *raise*-Anweisung. Die erzeugt ein *Exception*-Objekt, unterbricht unverzüglich die aktuelle Funktion und reißt das *Except*



Die Fritzing-Schaltplan für die SD-Karte.

64 | Make: MicroPython special 2021

Make: MicroPython special 2021 | 65

125

Fehlerbehandlung gibt das Programm den Typen der *Exception* und die *Exception* selbst. Dies macht es dem Programmierer möglich, die *Exception* zu identifizieren und sie zu beheben. Das heißt: *try* steht für einen zu erwartenden Text und die Ersetzungspunkte werden als *finally* an *finally* übergeben.

Die *try*-Anweisung beendet die Endklausel und am Ende schließt das Programm die *WAV*-Datei und fährt die *I2S*-Schreibfunktion herunter. Das bedeutet unter anderem, dass der Daten-Handler von *DMA* gestoppt wird.

Endlich kann das Programm zum Beispiel die *WAV*-Datei immer und immer wieder über den Lautsprecher abspielen.

Platzprobleme?

Je nach Anwendung kann das Abspielen von Daten aus dem Flash-Speicher schon etwas rechen, denn viele Projekte geben nur hier und da einen Ton aus, um ein bestimmtes Ereignis anzugeben. Andere Projekte hingegen können auf längeren Audio-Daten und die können je nach Qualität und Länge viel Platz beanspruchen. Vor allem dann, wenn die Daten nicht komprimiert wurden, was bei *MP3*-Dateien der Fall ist.

Solche Anwendungen können ihre Daten nicht im Flash-Speicher ablegen. Der ist für Mittel- und große Dateien zu klein. In den meisten *ESP32*-Baukits sind verschiedene *SD*-Karten-Steckplätze vorhanden, die es erlauben eine kostbare Ressource, die sich Programmierer nicht leisten können, zu haben und sie werden per *SPI* eingebunden und mit *ESP32* sehr eng verbunden.

Spezielle *Breakout*-Boards für *SD*-Karten vereinfachen die Integration. Die kosten nicht viel und in wenigen Minuten verbaubar. Letzten Endes gibt es neben der Stromversorgung, der verteilten *Pin*-s, viel, viele *SD*-Karten-Steckplätze. Die kosten nicht viel und in wenigen Minuten verbaubar. Letzten Endes gibt es neben der Stromversorgung, der verteilten *Pin*-s, viel, viele *SD*-Karten-Steckplätze. Die kosten nicht viel und in wenigen Minuten verbaubar. Letzten Endes gibt es neben der Stromversorgung, der verteilten *Pin*-s, viel, viele *SD*-Karten-Steckplätze. Die kosten nicht viel und in wenigen Minuten verbaubar.

Die *SPI*-Verbindung ist ebenfalls schnell und einfach. *GPIO*-*Pin* 18 gibt es *SD* und *Pin* 2 an *CS*. Die Datenleitung läuft über *Pin* 19, 20 und 21 und werden mit *MOSI* und *MISO* verbunden. Packt man all das zur ursprünglichen Schaltung hinzu, ergibt das Ganze schon ein kleines *Sound*-System.

125

Nachdem die *SD*-Karte eingebunden, aber die *SD*-Karte unter dem Verzeichnis */sd* im Dateisystem ein. Klappt man dieses Programm in die *boot.py* ein, wird der *ESP32* bei jedem Neustart die *SD*-Karte unter */sd* einbinden.

Der Code implementiert die *File*- und *os*-Klassen aus der *os*-Bibliothek. Anschließend übergeben wir neben dem verwendeten *GPIO*-*Pin* ein Argument namens *card*. Das liegt fest, weil der *ESP32* mehr als einen *SPI*-Anschluss hat.

Die letzte Anweisung nutzt die *os.mount*-Funktion, um den Inhalt der *SD*-Karte in das Dateisystem des *ESP32* einzubinden. Diese Funktion gehört zur *os*-Bibliothek, die alle Datenbanken Funktionen bereitstellt. Sie gehört zu *MicroPython* und wird automatisch eingebunden.

Nachdem die Kommandozeile aus *boot.py* ausgeführt wurden, kann *play_mono_wav.py* Daten von der *SD*-Karte abspielen. Die Daten der *SD*-Karte werden lediglich mit *os* begonnen.

Fazit

Die Ausgaben von Klängen kann eine großartige Erweiterung für viele Projekte sein. *MicroPython* und der *ESP32* machen es leicht, qualitativ hochwertigen Sound mit wenig Mitteln zu produzieren.

Für Anwendungen, bei denen die Soundqualität nicht im Vordergrund steht, eignet sich die *MP3*-Datei. Wenn es um die Qualität geht, ist es aber schon für den *ESP32* und es dürfte eine Frage der Zeit sein, bis ein *MicroPython*-Klangerzeugungssystem, das mit *MP3*-Dateien umgehen kann, auf dem *ESP32* verfügbar ist.

zum *PCB1023A* gehen, der exakt so eingebunden wird wie der *MAX9823A*. Ein kleiner Hinweis: Es ist, dass unter nur die Verarbeitung von *WAV*-Dateien oder anderen Binärdatei-Formaten möglich von der Hand geht. Unterstützung für fortgeschrittenen Formate, wie zum Beispiel *MP3*, gibt es aber schon für den *ESP32* und es dürfte eine Frage der Zeit sein, bis ein *MicroPython*-Klangerzeugungssystem, das mit *MP3*-Dateien umgehen kann, auf dem *ESP32* verfügbar ist.



Die Fritzing-Schaltplan für die SD-Karte.

64 | Make: MicroPython special 2021

Make: MicroPython special 2021 | 65

Digitale Maker Faire zum Nachschauen

Die *Maker Faire Hannover – Digital Edition* am 18. Juni war ein großer Erfolg: Trotz des Sommerwetters zog die reine Online-Veranstaltung fast 2500 registrierte Besucherinnen und Besucher und nochmal 1600 Zuschauerinnen und Zuschauer beim Live-Streaming auf *YouTube* und *Twitch* vor die Bildschirme.

Wer nicht dabei war, kann Aufzeichnungen der Live-Streams der *Entertainmentshow* und des *Wissenshubs* in voller Länge auf unserem *YouTube*-Kanal anschauen (siehe Link). Alle auf der digitalen *Maker Faire* präsentierten Projekte werden zudem auf *Make Projects* zu sehen sein.

Während die *Entertainmentshow* durch ihre kurzweilige Folge aus Werkstatteinblicken, Physik-Experimenten und kleinen Praxistipps

inspiriert und Lust aufs Selbermachen macht, behandelt der *Wissenshub* eine große Bandbreite von *Maker*-Themen in Form von Vorträgen und findet seinen Abschluss in einer Podiumsdiskussion zum Thema „Neue Wege in der (MINT)-Berufsorientierung“.

Am Ende der Entertainmentshow ist auch zu sehen, ob die Mitmach-Wette – aus 1500 CDs und Kugelschreibern sollte live während der *Maker Faire* eine zwei Meter große Diskokugel entfallen – geklappt hat. Das verraten wir hier jetzt nicht, nur so viel: Das Ergebnis wird auf der nächsten „klassischen“ *Maker Faire Hannover* am 10. und 11. September 2022 im *HCC* zu sehen sein. —*pek*

► make-magazin.de/x8q6

Smarthome-Pause

In dieser Ausgabe war eigentlich die Fortsetzung der *Smarthome*-Reihe zum Thema *Heimkino* und *Verdunklungsrollen* geplant. Das Update des *MQTT-Brokers* in *Home Assistant* auf die Version 6.0.1 unterstützt jedoch die bislang benutzte Methode zur Datenweitergabe über *MQTT* nicht mehr, weshalb unsere *Rollsteuerung* nicht mehr funktioniert. Per Backup auf die alte Version des *Brokers* kann man dies zwar lösen, wer aber bisher unserer Artikelreihe gefolgt ist, hat *MQTT* bislang noch nicht installiert und kann den Weg nicht zurück gehen. Unsere Reihe macht daher in dieser Ausgabe eine Pause und wir bitten Sie, dies zu entschuldigen. —*hgb*

Vielfalt MACHT BEI DER REGION HANNOVER *Karriere*

Hier arbeiten 3.300 Beschäftigte
in ganz unterschiedlichen Berufen

HOCHWERTIGE AUSBILDUNG

SICHERER JOB

Auch in MINT-Bereichen

AUSBILDUNG

Ausbildung zum Elektroniker/
zur Elektronikerin
(m/w/d)

Ausbildung zum Mechatroniker/
zur Mechatronikerin
(m/w/d)

JOBS

Grabungstechniker/
Grabungstechnikerin
(m/w/d)

Bauingenieur/
Bauingenieurin (m/w/d)

und vieles mehr...

JOB ODER AUSBILDUNG

BEI DER REGION HANNOVER – ÖFFENTLICHER DIENST



JETZT ONLINE BEWERBEN:
www.DeineAusbildungMitZukunft.de
www.DaWillIchArbeiten.de



Region Hannover

Die Bollerwagen sind los!

Bei unserer Bollerwagen-Challenge auf Make Projects sind viele inspirierende und unglaublich beeindruckende Projekte entstanden. Der nächste Herrentag kann kommen – und er wird richtig nerdig. Lasst euch von diesen tollen Ergebnissen inspirieren. Alle Bollerwagen mit Materialliste und Entstehungsgeschichte könnt ihr euch auf makeprojects.com/de im Detail anschauen. Nachbauen ausdrücklich erwünscht!



von Rebecca Husemann

4x4-Bobbycar mit Seifenblasenausstoß

von @RMK111

Dieses Bobbycar hätten wir als Kind auch gerne gehabt! Coolness pur mit Unterboden-Beleuchtung, geschweißtem Stahlrahmen, Hoverboard-Antrieb, Anhänger und einem Seifenblasen-Automaten.



RMK111



Bassbike

von @bfbs

So kann die nächste Critical Mass kommen: Maker Flo Bassbike hat sein Lastenrad mit einer einen Meter langen Ladefläche aufgerüstet, damit ein Subwoofer drauf passt. Das rockt.



Flo Bassbike

6x6 RC Stapler für den Biertransport



von @nux

Dieser Miniatur-Stapler ist einfach unfassbar praktisch: Mit zwei kräftigen 350W-Motoren, ein bisschen Aluprofil, Lager, Ritzel, Elektronik, Akkus und Steuerung schleppt er klaglos Bierkisten.

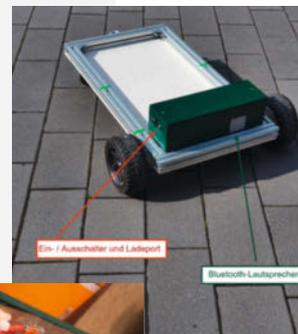


nux

Boll_E – Der elektrische Bollerwagen

von @Splash_5

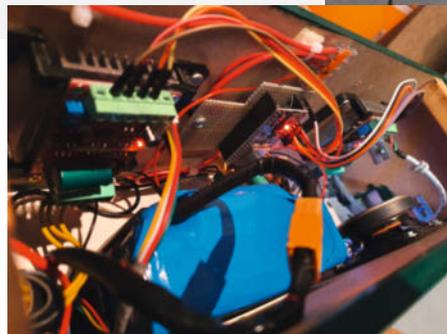
Dieser schicke Vetter von WALL-E räumt zwar keinen Müll auf, rollt aber ferngesteuert Bierkisten herum. Zu seinen inneren Werten zählen Hoverboard-Akku, -Räder und Bluetooth-Lautsprecher.



Ein 7-Axtenroller und Lötspott

Bluetooth-Lautsprecher

Splash_5

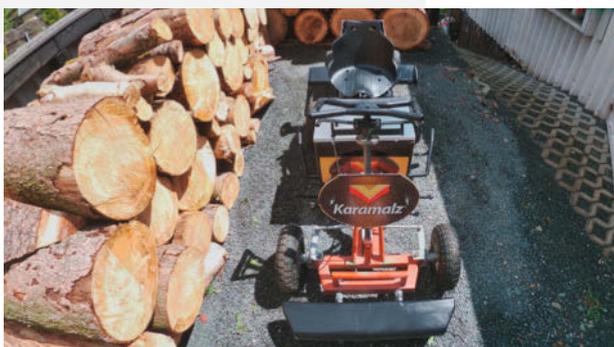


Franks fahrende Bierkiste



von @Kartfrank

Frank hat in seiner Jugend den dritten Platz in der Bezirksmeisterschaft im Kart Fahren gemacht. Von uns gibt es für dieses krasse, komplett selbst geschweißte Malzbier-Kart sogar einen ersten Platz.



Kartfrank

Bollerwagen 2.0

von @selfmade_werkstatt

Perfekt für laue Sommerabende: Der klassische Bollerwagen wird mit ein paar Features zur Gourmet-Station. Eine Kühlbox, Kistenablage, zwei Flaschenhalter und ein Grill machen ihn zum Strand-Hit.



selfmade_werkstatt

Metall-Challenge

Bis zum 12. September läuft unsere Metall-Challenge auf Make Projects. Zu gewinnen gibt es ein TUXEDO Infinity-Book Pro 15 v5 – RED Edition. Schaut vorbei!

„follow-me“ E-Boldercart



von @Gheim_BigPool

In dieses Projekt ist richtig viel Recherche und Hirnschmalz geflossen. Entstanden ist ein Gefährt auf Basis eines alten E-Rollstuhls, das per Joystick lenkbar ist – und sogar eine „follow-me“ Funktion hat!



Gheim_BigPool

Selbstfahrender Mai-Bollerwagen

von @Tobsche

In diesen Premium-Bollerwagen passt richtig was rein! In der beplankten Metallkonstruktion kann man ganze sechs Fassbrausekisten unterbringen – und sich dabei von vier Boxen beschallen lassen.



Tobsche





Astrofotografie mit Pi und HQ-Kamera

Die High-Quality-Kamera für den Raspberry Pi lässt sich mit unterschiedlichen Objektiven bestücken – unter anderem auch mit alten Foto-Objektiven aus der Analogzeit. Dank der HQ-Cam kann man so mit überschaubarem Budget und freier Software sogar in die Astrofotografie einsteigen. So geht's.

von Carsten Wartmann

Seit Anfang 2020 gibt es die Raspi-HQ-Kamera und fast genauso lange überlegte ich, ob sie eventuell für die Astrofotografie geeignet sei. Dabei konnte ich auf Erfahrungen zurückgreifen, die ich in diesem Hobby seit ein paar Jahren gemacht habe und war sehr positiv überrascht, was diese recht günstige Kamera leistet. Im Prinzip ist es eine Smartphone-Kamera auf einem Breakout-Board und was Smartphone-Kameras prinzipiell können, war mir klar, nachdem ich mit einem Freund zusammen den Komet *Neowise 2020* mit einem iPhone 11 ablichten konnte. Also wagte ich das Experiment mit der HQ-Cam. Diese hat einen ähnlich großen 12-Megapixel-Chip wie die Kamera im iPhone und der Chip Sony IMX477R in der HQ-Kamera stammt aus einer Chip-Reihe, die auch in der Astro-Community beliebt ist.

In Sachen Astrofotografie sind wir heute durch professionell mit Computer-Hilfe bearbeitete Bilder verwöhnt. Gerade die Bilder vom Hubble-Teleskop (siehe Kasten) schürten eine Erwartung, die nur wenige Hobbyastronomen mit ihren eigenen Bildern erfüllen können. Dies liegt nicht nur an der millionenfach teureren Technik, sondern auch an der Art, wie und wo Hubble die Bilder aufnimmt. Dennoch: Auch mit einfachen Mitteln kann man interessante und auch vorzeigbare Bilder schaffen. Sind schon ein paar Geräte vorhanden, wie ein Raspi, alte Foto- oder C-Mount-Objektive und ein Stativ, kann der Einstieg in die Hobbyastronomie sogar recht preiswert sein.

Solche Objektive schlummern aus Analogfotografie- und Schmalfilm-Zeiten noch in manch einer Schublade oder tauchen günstig auf dem Flohmarkt auf. Selbst moderate Kleinbild-Tele-Brennweiten bieten an einer HQ-Kamera schon enge Bildwinkel, die z. B. den Mond groß im Bild darstellen. Diese Verlängerung, bezogen auf das bekannte 35mm-Kleinbildformat, nennt sich Crop-Faktor. Bei der HQ-Kamera beträgt er etwa 5,5, d. h. man muss die Brennweitenangabe auf einem Objektiv mit 5,5 multiplizieren. Dies wird eingehend im Artikel unter *Mehr zum Thema* erläutert.

Im Folgenden zeigen wir ausführlich, wie man die Kamera in Betrieb nimmt, welche Einsatzmöglichkeiten, bezogen auf die Astrofotografie, für sie sinnvoll sind und wie man verschiedene Objektive mit ihr kombiniert. Die in der Astrofotografie übliche Bildbearbeitung würde allerdings den Rahmen des Artikels sprengen und wird nur kurz angerissen – zu diesem Thema gibt es in der Hobby-Astronomie-Community sehr viele Tutorials und Informationen online.

Hardware und Optik

Ein Raspberry Pi 4, der am meisten Leistung für das Geld bringt, ist ideal. Ein Gehäuse, die SD-Karte mit Raspian und eine Stromversor-

Kurzinfo

- » Die Raspberry-Pi-HQ-Kamera in der Praxis
- » Objektive und Anwendungsmöglichkeiten
- » Einstieg in die Astrofotografie

Checkliste



Zeitaufwand:
2 Stunden



Kosten:
150 Euro

Material

- » Raspberry Pi 4 2GB RAM
- » Gehäuse für Raspi
- » MicroSD-Karte mit Raspian
- » Raspberry Pi High Quality (HQ-)Kamera
- » C(S)-Mount-Objektiv, je nach Einsatz, oder
- » KB-Objektiv und C-Mount-Adapter
- » USB-C Netzteil oder Powerbank
- » Stativ
- » USB-Stick optional

Werkzeug

- » 3D-Drucker optional, aber hilfreich
- » Übliches Werkzeug wie Schraubendreher, Cutter, Zangen, ...

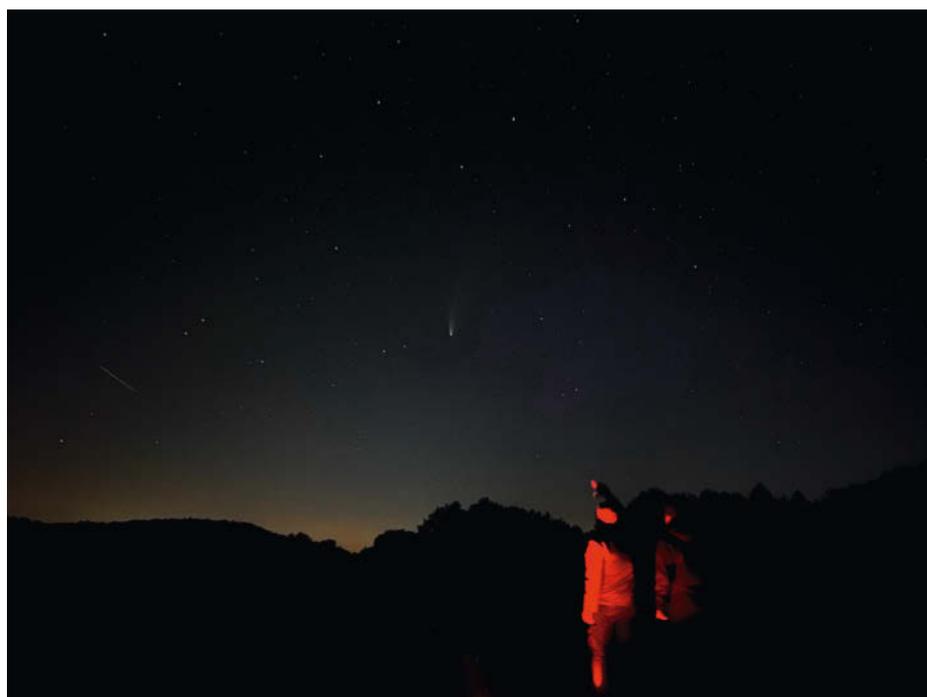
Mehr zum Thema

- » Peter König, Alternative Optik für die ESP32-CAM, Make 2/20, S. 8

Alles zum Artikel
im Web unter
make-magazin.de/x97h

gung sollten auch bereitstehen. Beim Gehäuse ist daran zu denken, dass es auch mal einen Tropfen Regen oder Tau abhalten sollte, ein Lüfter und Kühlkörper sind auch zu empfehlen. Ein USB-Stick als Speichermedium für die Bilder und Fotos ist hilfreich, da so die Fotos

nicht alle per Netzwerk übertragen werden müssen. Die Kamera wird wie in der offiziellen Dokumentation beschrieben per Flex-Kabel angeschlossen. Diese Kabel, die es auch in größeren Längen gibt, sollten nach der Montage durch entsprechende Kabelführung und



Komet Neowise, mit einem iPhone 11 aufgenommen

Hubble Space Telescope (HST)

Das *Hubble Space Telescope* ist ein autonomes, robotisches Teleskop in einer Umlaufbahn um die Erde und hat daher nicht mit den Einflüssen der Atmosphäre zu kämpfen. Hubble hat verschiedene Kameras und nimmt Objekte mit besonderen Filtern und in engen Spektralbereichen des Lichts auf, zum Beispiel auf der Wasserstofflinie oder Schwefellinie. Letztlich wollen die Profi-Astronomen für ihre wissenschaftliche Arbeit Daten und keine schönen Bilder. Die verschiedenen monochromen Bilder der Kameras werden dann zur Anschauung und der Pressearbeit zu einem farbigen Bild zusammengesetzt. Dies ist dann aber kein Echtfarbenbild, sondern eine wissenschaftlich/künstlerische Darstellung.



6mm C-Mount-Objektiv auf 3D-gedrucktem Gehäuse

eine gewisse Vorsicht geschützt werden, da sie etwas empfindlich sind.

Am mobilsten ist man, wenn man den Raspi mit Kamera über einen Laptop per Remote-Desktop (etwa VNC) steuert. Versorgt man den Raspi per Powerbank und hat der Laptop einen lang haltenden Akku, so ist man maximal mobil. Je nach Netzwerkanbindung kann man so sogar aus dem gemütlichen warmen Haus Astrofotografie betreiben. Etwas an die Grenzen stößt man hier, weil die Bildanzeige für Vorschauen über das Netzwerk lange nicht so flüssig ist wie per direkt angeschlossenem HDMI-Monitor oder je nach Programm gar unmöglich (*raspivid*, *raspistill*).

Wichtig bei allen Versuchen, den Nachthimmel zu fotografieren, ist ein stabiles Stativ oder eine Teleskop-Montierung. Als *Montierung* wird unter Astronomen die Aufhängung des Teleskops bezeichnet, die es ermöglicht,

das Teleskop auf einfache Weise an jeden gewünschten Punkt des Himmels zu richten. Motorisierte Nachführungen, die die Erdrotation ausgleichen, oder sogar computergesteuerte Systeme, die einzelne Objekte am Himmel automatisch anfahren, sind heute technisch kein Problem und es gibt auch ein paar Projekte dazu aus der Maker-Community. Für viele Anwendungen hier aus dem Artikel reichen aber einfache Fotostative oder – bei der Allsky-Kamera – sogar nur ein Tisch, auf den der Raspi mit Kamera gelegt wird. Andererseits: Je größer die Brennweite des Objektivs und damit die Vergrößerung, desto schwieriger wird die Ausrichtung und manuelle Nachführung. Bei leichten Stativen kann dann schon ein Windstoß eine Aufnahme ruinieren.

Die HQ-Kamera hat ein integriertes Gewinde für die üblichen 1/4-Zoll-Stativschrauben. Allerdings sollte man sie darüber

nur in Kombination mit leichteren Objektiven befestigen, weil hier große Hebelkräfte entstehen können.

Für die ersten Versuche mit dem System eignen sich die recht günstigen C-Mount-Objektive mit 6-50mm. Mit 50mm ergibt sich aus der geringen Chipgröße schon ein recht kleiner Blickwinkel am Himmel und damit eine starke Vergrößerung. C- und CS-Objektive passen in die gleichen Gewindeaufnahmen, allerdings hat C-Mount ein größeres Auflagemaß (Lage des Fokuspunktes), sodass man hier noch einen Zwischenring braucht (siehe Kasten).

Möchte man Foto-Objektive benutzen, so eignen sich eher alte Objektive, bei denen man händisch die Schärfe und die Blende einstellen kann. Der einfachste Weg ist, einen Adapter vom gewünschten Kameraanschluss zu einem C-Mount Anschluss zu kaufen. Dazu sucht man nach dem Kamera- oder besser dem Anschlussnamen zusammen mit C-Mount, also z. B. „Nikon F-Mount C-Mount“. Wie man in den Bildern sieht, haben diese Foto-Objektive viel größere Linsen als die C- oder CS-Mount-Optiken und sammeln so mehr Licht.

C-Mount/CS-Mount

Der C-Mount aus den 1920er Jahren und der später daraus abgeleitete CS-Mount-Standard definiert ein Gewinde für Filmkameras und wurde auch von Sicherheitskameras verwendet. Beim CS-Mount ist das Auflagemaß, also der Abstand von Objektiv zum Kamera-Chip (oder der Filmebene), ca. 5mm kürzer als bei C-Mount, daher kann man jedes C-Mount Objektiv

mit einem einfachen Zwischenring kompatibel zu einer CS-Mount-Kamera machen.

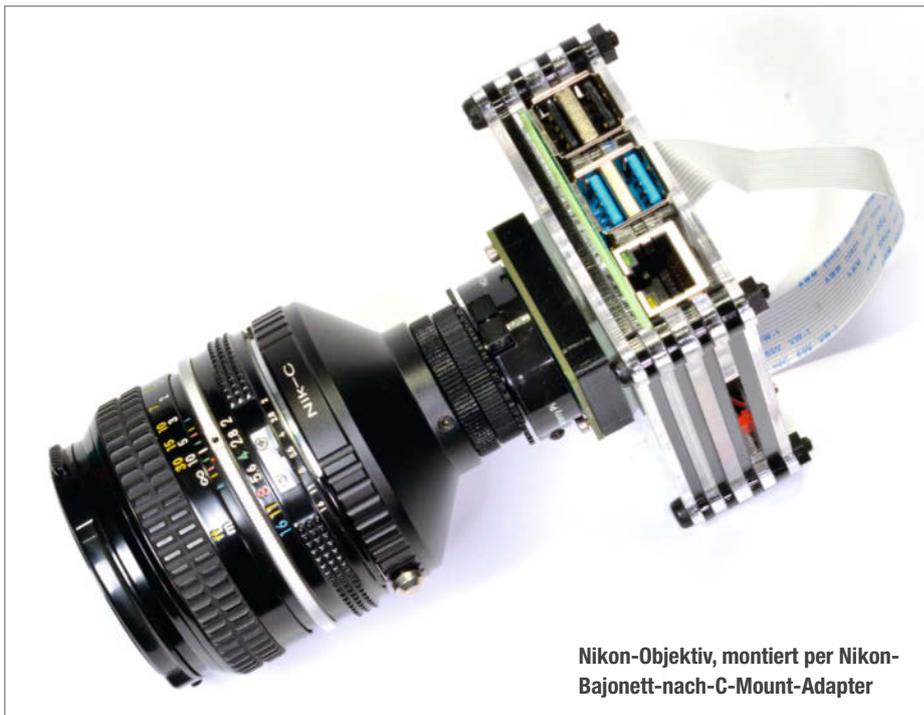
Die Raspberry-Pi-HQ-Kamera ist eine Kamera mit CS-Mount. Im Lieferumfang der Kamera wie auch bei vielen C-Mount-Objektiven befindet sich ein Zwischenring, der C-Mount Objektive an CS-Mount-Kameras anpasst.

Einrichtung der HQ-Kamera auf dem Raspi

Für die ersten Versuche würde ich eine normale Raspian-Distribution empfehlen. Hier ist die Hardware, vor allem die Kamera, gut unterstützt und dokumentiert. Somit sind dann schnell Aufnahmen als Foto oder Video möglich. Das alles kann man zur besseren

Der Infrarotfilter in der HQ-Kamera

Der Infrarot-Filter in der Raspberry-Pi-HQ-Kamera blockt infrarotes Licht und sorgt so bei Tageslicht-Aufnahmen für ein farbreines Bild. In der Astrofotografie sorgt er aber dafür, dass die Kamera etwas rotblind wird. Daher entfernt man für Astrofotos solche Rotfilter gerne. Dies geht mit etwas Geschick (Anleitung siehe Link in der Kurzinfo) auch zerstörungsfrei. Da der Filter nicht auf dem Chip, sondern in dem Stativ-Adapter sitzt, gibt es noch eine Lösung. Man drückt sich ein neues Gehäuse inklusive Stativaufnahme, das entweder die vorhandenen C-Mount-Objektive aufnimmt oder einen Anschluss zu vorhandenen Kleinbild-Objektiven besitzt.



Nikon-Objektiv, montiert per Nikon-Bajonett-nach-C-Mount-Adapter

Handhabbarkeit in ein paar Skripte packen. Sehr hilfreich ist es, den VNC-Server auf dem Raspberry Pi zu aktivieren (siehe im Bild *Interfaces Tab/VNC*), dann kann man auch schnell mal die Bilder checken und die Aufnahmen steuern. Zu beachten ist aber, dass die Vorschauen von *raspistill* und *raspivideo* nur über einen HDMI-Monitor und nicht remote zu sehen sind, weil sie direkt in das Videosignal gerendert werden. Leider ist per Netzwerk und besonders per WLAN die Bildrate mit fast allen Videolösungen recht gering, dies ist besonders störend beim Scharfstellen der Kamera.

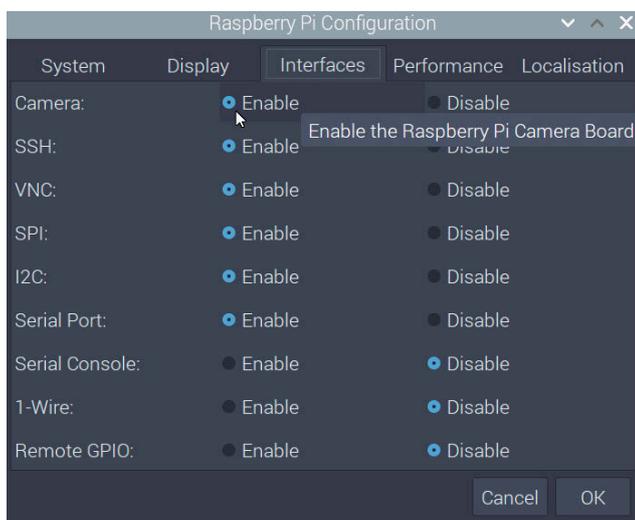
Alternativ kann man auch eine spezielle Distribution für die Astrofotografie benutzen, z. B. *Astroberry* (Link in Kurzinfo), die mit ein paar vorinstallierten Programmen kommt, die man gut gebrauchen kann. Allem voran ist ein VNC-Server bereits installiert. Die Möglichkeiten, praktisch eine Remote-Sternwarte mittels *KStars*, *Ekos* und *INDY* zu bauen, gehen aber für diesen Artikel zu weit.

Die Kamera wird nach dem Anschließen per Kommandozeile mit `sudo raspi-config` und dann in den *Interface-Options* oder in der Desktop-Umgebung eingeschaltet, danach ist ein Reboot nötig.

Bilder aufnehmen

Für Fotos benutze ich recht simple Skripte oder die Kommandozeile. Da man bei der Astrofotografie in der Praxis nur begrenzt Zeit und gutes Wetter hat, muss im Ernstfall alles klappen und daher sollten die Skripte übersichtlich sein und sich im Zweifel schnell anpassen lassen. Jeder kann sich so mit der Zeit Skripte erstellen, die genau den eigenen Anforderungen entsprechen.

Haben Sie einen HDMI-Monitor angeschlossen, können Sie einmal *raspistill* in einem Terminal probieren:



Die grafische Alternative zu `raspi-config` aus dem System-Voreinstellungen

Expose.sh

```
#!/bin/bash

let "expose = 100 * 100000" # (100) Zehntel-Sek!
basename='Orion_light_'

# Leerbild für eom, unelegant, aber robust
raspistill -t 10 --shutter 1000 -ag 16.0 -o /tmp/out.jpg
eom /tmp/out.jpg&

while true
do
    DATE=$(date +"%Y-%m-%d_%H%M%S")
    echo $basename$DATE

    raspistill \
        -t 10 -n -awb greyworld -ex off \
        --shutter $expose -q 98 -ag 1.0 \
        -vf -hf \
        -l /tmp/out.jpg -o $PWD/$basename$DATE.jpg

done
```

Wichtige Parameter für raspistill

Parameter	Funktion	Bemerkung
-n	keine Vorschau	wenn über Netzwerk gearbeitet wird
-t ms	Timeout und Vorschau vor Aufnahme	in Millisekunden, nur auf HDMI-Monitor
-r	RAW-Daten einbetten	nur bei jpg-Bildern werden die RAW-Daten eingebettet
-vf	vertikal spiegeln	je nach Einbaulage der Kamera
-hf	horizontal spiegeln	je nach Einbaulage der Kamera
-o name.ext	Ausgabename	siehe -e Parameter
-e format	jpg, bmp, gif, png	jpg-Erstellung ist hw-beschleunigt
-l pfad/datei.ext	Erstellt ein Link zu dem letzten Bild	für dynamische Vorschau
-ag gain	Verstärkung (Gain), 1.0 – 16.0	wie ISO, siehe Text
-awb mode	automatischer Weißabgleich	bei jpg-Bildern <i>sun</i> oder <i>greyworld</i> ohne IR-Filter
-ex mode	Belichtungsmodus	off für Astrofotos, aber siehe Text
-q rate	Qualität der jpg-Kompression	in Prozent 1–100

```
raspistill -o test.jpg
```

Es erscheint eine Vorschau und nach fünf Sekunden wird ein Bild gespeichert. Haben Sie nur per VNC Fernzugriff auf den Raspi, so benutzen Sie:

```
raspistill -n -t 1 -o Test.jpg
```

Dies nimmt ein Bild ohne Wartezeit (-t 1) und ohne Vorschau auf. Das Bild können Sie per Netzwerk auf einem anderen Rechner anschauen oder per Bild-Anzeige auf dem Raspi. Ich kann *eom* (*Eye of Mate*) als Anzeigeprogramm empfehlen, es beherrscht unter anderem das erneute Laden eines Bildes,

wenn dieses geändert wurde. So können Sie auch per VNC-Remote-Zugriff schnell per Terminal Parameter testen und bekommen sofort nach der Belichtung das Bild angezeigt.

Für mich hat sich die Kombination von *raspistill* und *eom* als ideal erwiesen. So kann ich per Netzwerk arbeiten, ohne einen HDMI-Monitor angeschlossen zu haben. Das Teleskop steht draußen und ich kann drinnen oder wenigstens etwas vom Wind geschützt am Laptop sitzen.

Das Skript *Expose.sh* macht sich ein spezielles Feature von *raspistill* zunutze: Dieses Programm kann nämlich mit der Option -l einen

Link zu dem letzten aufgenommenen Bild erstellen. Auf diesen Link lassen wir dann den Bildanzeiger *eom* schauen und so wird immer das letzte Bild angezeigt. Damit dies auch auf USB-Sticks mit FAT-Dateisystem funktioniert, wird der Link im temporären Verzeichnis angelegt. Das Bild wird mit einem Dateinamen bestehend aus dem festgelegten *basename* mit angehängtem Datum und Uhrzeit gespeichert.

Die Parameter für *raspistill* sind sehr vielfältig und beeinflussen sich teilweise auch gegenseitig. So erreicht man lange Belichtungszeiten nur mit *-ex off*. Der auf den ersten Blick vielversprechende Parameter *-ex verylong* addiert auf dem Chip bereits mehrere Bilder zu einem gemeinsamen. Dies ist gut, wenn man ohne Nachbearbeitung schnell ein Bild erhalten möchte, aber für die Astrofotografie dennoch nicht ideal, die Algorithmen in spezialisierten Programmen sind viel besser. Wenn mit *-r* die Rohdaten geschrieben werden sollen, dann ist nur das JPEG-Format in der Lage, diese auch aufzunehmen. Mit PyDNG steht ein Python-Modul zur Verfügung das diese Rohdaten in das bekanntere DNG-Format konvertiert. Normale Bildbetrachter ignorieren diese Rohdaten im JPEG-Bild. In der Tabelle *Wichtige Parameter für raspistill* sind die für die Astrofotografie bedeutendsten kurz erläutert.

Der Parameter *-ag* sorgt für eine Verstärkung von 1.0 - 16.0 (Gain) im Analogteil des Kamerachips. Mehr *Gain* bedingt aber auch mehr Rauschen. Manchmal ist viel Gain aber die einzige Methode, überhaupt ein paar Photonen zu registrieren, das Rauschen wird dann hinterher durch *Stacking* vieler Bilder herausgerechnet. Gain wird auch benutzt, um bei Fokussieren und Suchen von Objekten kürzere Belichtungszeiten zu erzielen.

Bildschärfe: Fokus

Eine Kamera mit einem manuellen Objektiv scharfzustellen ist nicht einfach, aber wichtig für gute Fotos. Foto-Objektive haben eine Unendlichkeit-Einstellung, die aber nie komplett scharf ist, schon gar nicht bei Aufnahmen von Sternen, die punktförmige Lichtquellen sind und somit viel höhere Anforderungen an die Schärfe stellen, als auf der Erde etwa ein Berg im „Unendlichen“. Sterne sind schlicht auch viel weiter weg. Durch Toleranzen in den Objektiven und thermische Ausdehnung ändert sich ein Fokus auch mal während einer Aufnahme-Session. C-Mount-Objektive und über Adapter angeschlossene Objektive haben keinen Anschlag für den Fokus oder sind so konstruiert, dass der Anschlag schon wieder ins Unschärfe geht.

Suchen Sie sich einen hellen Stern oder den Mond am Himmel und stellen Sie den

Fokus langsam und systematisch auf einen maximal kleinen Stern oder nach der Schärfe von Kratern auf dem Mond ein. Das Fokussieren kann durchaus zur Geduldprobe werden. Auch bei einer guten und schnellen Vorschau im Live-Bild auf dem Monitor kämpft man mit Verwacklungen, wenn man den Fokus per Hand einstellt. Im Zweifel hilft es, wenn man winzige Änderungen am Fokus vornimmt, dann ein Foto macht, es vergleicht, und so weiter. Bei einer neuen Kamera-Objektiv-Kombination ist es hilfreich, den Fokus schon tagsüber grob an weit entfernten Objekten einzustellen. Hat man einen guten Fokus gefunden, sollte man eine Markierung anbringen oder den Schärferring feststellen. Bei vielen C(S)-Objektiven gibt es Feststellschrauben oder man behilft sich mit einem Stück Klebeband.

Video für Sonne, Mond und Planeten

Nimmt man lichtstarke Objekte wie Sonne, Mond oder Planeten auf, so benutzt man oft die sogenannte *Lucky-Image*-Technik. Durch die Atmosphäre ist immer eine Unruhe im Bild, da diese auch bei scheinbar klaren Bedingungen zu einer Verzerrung des Objekts führt. Aber immer mal wieder kommt es zufällig für wenige Sekundenbruchteile zu einem klaren Bild. Genau diese Bilder verarbeitet man später weiter, daher möchte man so viel Bilder wie möglich zur Auswahl aufnehmen. Die Nachbearbeitung geschieht dann natürlich im besten Falle automatisch per Computer. Es ist ganz normal bei der Astrofotografie, mehrere Tausend Bilder aufzunehmen und dann nur ein paar Hundert davon zu verwenden. Üblicherweise wird im Video-Modus der Kamera aufgenommen. Aber natürlich geht auch die Serien-Foto-

Aufnahme, man ist so nur nicht ganz so schnell.

Leider ist die Auswahl von GUI-Programmen für den Raspi zur Aufnahme von Videos recht knapp. *AstroDMx Capture* hat eine gute Qualität für Videos, aber nimmt max. 1600 x 1200 Pixel auf. Die Vorschau ist per Netzwerk mit ca. zwölf Bildern pro Sekunde gut zu gebrauchen. Das Programm *oacapture* bietet auch eine Menge, aber leider habe ich es mit der HQ-Kamera nicht zum Laufen bekommen.

Das Kommandozeilen-Programm *raspi-video* ist der Klassiker. Das Live-Bild funktioniert aber wie bei *raspistill* nicht per Netzwerk/VNC, sondern nur per HDMI-Monitor, aufgenommen wird aber trotzdem. Folgender Befehl nimmt 15 Sekunden lang ein Video auf:

```
raspivid -pf high -t 15000 -o Test.h264
```

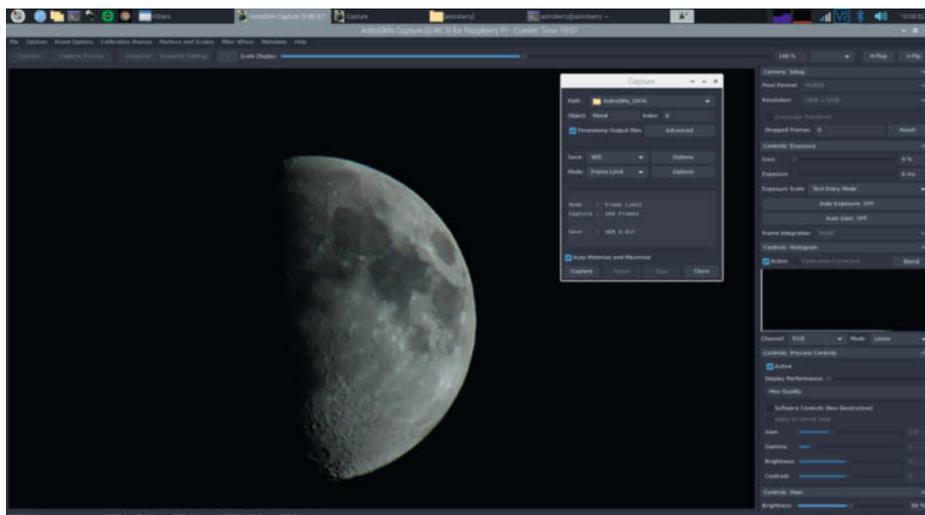
Viele der Parameter für die Kamerasteuerung sind wie bei *raspistill* einzustellen. Allerdings kommen noch viele Optionen hinzu, die das Format und die Kompression einstellen. Das ähnliche Programm *raspiyuf* kann Rohdaten des Kamera-Chips aufzeichnen. Hier wird dann aber das Abspeichern zum Flaschenhals, was der Idee entgegensteht, in möglichst kurzer Zeit viele Bilder zu machen.

Allsky-Kamera

Allsky-Kameras beobachten den gesamten sichtbaren Himmel mit Fischaugen-Objektiven und zeichnen Wetterphänomene, Sterne, Kometen, sporadische Meteorite, Feuerbälle und Satelliten kontinuierlich auf. Hierbei entstehen dann oft Zeitrafferfilme, die anschaulich die Änderungen des Himmels über die Jahreszeiten und die Bewegungen von Objekten im Sonnensystem zueinander und vor dem Sternenhimmel



HQ-Kamera als Allsky-Kamera mit 2,1mm-Objektiv

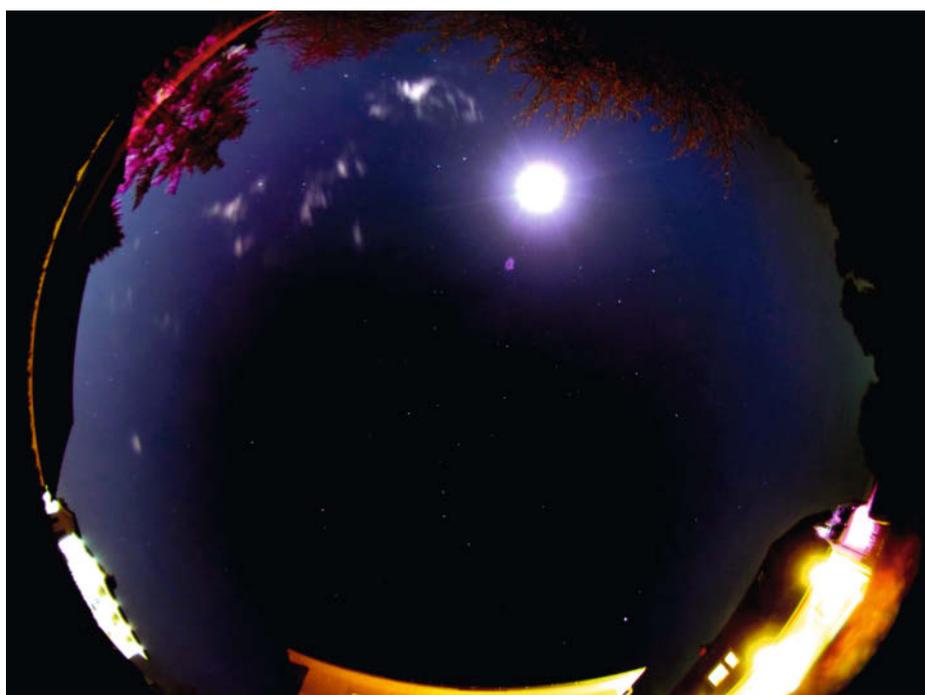


Aufnahme mit AstroDMx Capture. Das Ergebnis ist auf der Titelseite des Artikels zu sehen.

visualisieren. Kurzzeitig kann man solche Bilder und Filme auch mit einer fast beliebigen Smartphone- oder Fotokamera machen. Für längere Beobachtungen und die dauerhafte Installation ist aber ein Raspberry Pi mit Kamera und einem wetterfesten Gehäuse besser geeignet und recht kostengünstig, verglichen mit fertigen Geräten. Für die HQ-Kamera braucht man für diesen Zweck ein Objektiv von unter 2mm Brennweite. Mein 2,1mm-Objektiv reicht nicht ganz, um einen 180°-Bildwinkel zu bekommen, aber mein Horizont ist hier sowieso komplett mit Bäumen und Häusern verstellt, sodass das nicht arg ins Gewicht fällt.

Weitwinkelaufnahmen

Auch Weitwinkelaufnahmen mit günstigen C-Mount-Objektiven sind mit der HQ-Kamera möglich, um größere Bereiche des Himmels zu beobachten. Kleinbildobjektive mit geringen Brennweiten bis 200mm Kleinbild-äquivalent gelten bei Astronomen noch als Weitfeld-Objektive und haben den Vorteil, das sie mehr Licht sammeln als die kleinen Öffnungen der C-Mount-Objektive. Aber Achtung, an der HQ-Kamera wird ein 28mm „Weitwinkel“-Objektiv zu einem kleinen Teleobjektiv, mit umgerechnet etwa 150mm (Crop-Faktor 5,5).



Mond und Großer Wagen am lichtverschmutzten Berliner Himmel



Sternbild Orion mit HQ-Kamera und 6mm-C-Mount-Objektiv



Strichspuraufnahme von Sternen mit der HQ-Kamera

In diesem Einsatzspektrum sorgt die Mobilität, Stromversorgung per Akku und WLAN-Fähigkeit des Raspberry Pi für einen klaren Punktsieg gegenüber anderem Foto-Equipment. Auch wenn das Handy hier prinzipiell mithalten kann, so ist eines mit einer ähnlich leistungsfähigen Kamera doch um einiges teurer. Mit dem Raspi, der HQ-Kamera und einem Stativ kann man schon Sternbilder und Konstellationen ablichten, die ISS oder

Satelliten als Strichspur am Himmel aufzeichnen sowie Konjunktionen (visuelle Begegnungen) von Planeten oder Strichspuren von Sternen am Himmel.

Die Milchstraße zu fotografieren ist durchaus im Bereich des machbaren. Dies ist zwar eher die Domäne von DSLR-Kameras mit Weitwinkelobjektiven, aber warum es nicht einmal an einem dunklen Standort probieren? Meteor-Schauer (Sternschnuppen) wie die



Konfiguration wie für die Mondfotos verwendet

Quadrantiden, *Perseiden* oder *Geminiden* erscheinen gehäuft an einem Himmelsbereich und sind mit Weitwinkelobjektiven ebenfalls gut zu erfassen.

Auch die Dokumentation von *Leuchtenden Nachtwolken* (NLC von engl. *noctilucent clouds*) ist eine gute Aufgabe für einen Raspi mit HQ-Kamera. NLC sind Ansammlungen von Eiskristallen in einer Höhe von 81 bis 85 km, also je nach Definition knapp im Weltall (in den USA gilt 50 Meilen, etwa 85km, als Grenze zum Weltraum, im Rest der Welt 100km)

Sonne, Mond, Planeten und Kometen

Für Sonne und Mond braucht man Objektive ab einer Kleinbildbrennweite von 200mm, entsprechend etwa 1000mm an der HQ-Kamera, um gute Details auf der Oberfläche abbilden zu können. Dies sind auf dem Mond natürlich die Krater und „Meere“ und auf der Sonne Sonnenflecken und die brodelnde Oberfläche. Je größer die Brennweite wird, desto schneller verschwindet allerdings das Objekt durch die Erdrotation aus dem Sichtfeld der Kamera und diese muss dann von Hand am Stativ nachgeführt werden. Bei Mond und Sonne ist dies noch leicht möglich. Solange das Objekt im Bild ist, kann man mit geringen Belichtungszeiten zig Fotos oder hunderte Videobilder machen.

Das Bild auf der ersten Seite des Artikels wurde mit einem Zoom-Objektiv *Vivitar Series-1* bei 210mm Brennweite (KB-äquivalent 1050mm) an der HQ-Kamera aufgenommen. Dabei wurde der Videomodus (1600 × 1200px) der Kamera verwendet. So ein schweres Objektiv sollte direkt am Stativ befestigt werden und nicht über das Stativgewinde an der HQ-Kamera. Bei mir geschieht das durch einen 3D-gedruckten Adapter.

Bei Planeten braucht man dagegen sehr viel größere Brennweiten, die man praktisch nur mit einem Teleskop erreichen kann. Damit kommen wir durch die Erddrehung schon an die Grenzen einer manuellen Nachführung. Unmöglich ist dies aber mit einem guten Stativ nicht, ein Sucher-Fernrohr hilft ungemein. Einige wenige Details auf Jupiter, seine Monde oder die Saturnringe sollten im Bereich des Möglichen liegen. Leider beginnt die Planetensaison gerade erst und ich konnte das deshalb noch nicht mit der HQ-Kamera testen. Anhand von Simulationen geschätzt wird man über 200mm Brennweite brauchen, um mit der HQ-Kamera Planetendetails zu fotografieren. Solch hohe Brennweiten erhält man am besten durch eine Kombination von Teleskop und einer Barlow-Linse, die die Brennweite des Teleskops (wie ein Telekonverter bei KB-Objektiven) vervielfacht. Allerdings wird dann eine Nachführung nötig, oder man braucht eine gute Montierung und viel Geduld, bei so geringen Blickwinkeln durchläuft ein Objekt das Sichtfeld in weniger als einer Minute. Die Monde von Jupiter und ihre Bewegungen in Zeitraster sind aber schon mit unter 1000mm Brennweite darstellbar.

Unendliche Weiten: Deep-Sky

Kommen wir zur sogenannten Königsklasse der Astrofotografie, der *Deep-Sky*-Fotografie. Deep-Sky sind eigentlich alle Objekte wie Sterne, Sternenhaufen, Nebel und Galaxien außerhalb unseres Sonnensystems. Sternenhaufen, die unsere Milchstraße umgeben, liegen gut im Bereich des Möglichen in unserem knappen Budget. Auch eine neu aufflammende Supernova kann man abbilden oder sogar (mit unverschämtem Glück) entdecken. Weitwinkelaufnahmen der Milchstraße am Himmel werden bei entsprechender Nachbearbeitung auch schon Farben zeigen.

Das größte Problem bei der Aufnahme von Galaxien und Nebeln sind die winzigen Lichtmengen, die hier bei uns und auf dem Kamerasensor ankommen. Unser Auge ist sehr empfindlich, aber nur in Graustufen, daher sieht man von Deep-Sky-Objekten durch ein Teleskop nur ganz selten Farben. Moderne Kamerachips haben gegenüber dem Auge eine geringere Auflösung und produzieren Bildrauschen, aber können schon nach wenigen Sekunden Belichtung Farben in Deep-Sky-Objekten erfassen.

Da wir uns hier an der Grenze des momentan Machbaren bewegen, könnte ich jetzt einfach ein Teleskop samt Montierung empfehlen. Aber das wäre ja zu einfach und nicht Maker-Art. Wie bekommen wir also genug Photonen auf den Kamerachip? Wir könnten ein Teleskop oder KB-Objektiv mit sehr großer

Sicherheitshinweis Sonne

Schauen Sie nie direkt oder gar durch optische Instrumente in die Sonne! Mit dieser Warnung ausgestattet darf ich Ihnen nun sagen, dass man die Sonne durchaus mit bestimmten Hilfsmitteln beobachten kann. Eine sehr einfache Lösung ist ein Loch in einer Pappe oder ähnlichem, mit dem sich wie bei einer Kamera-Obscura die Sonnenscheibe projizieren und dann abfotografieren lässt. Auch hinter einem Teleskop mit Okular kann ein Schirm montiert werden. Das Teleskop darf bei so einem Einsatz nie unbeaufsichtigt stehen,

damit vor allem Kinder nicht direkt hindurchschauen!

Für Teleskope und Objektive sollte man nur Filter benutzen, die das Objektiv abdecken, keine Okular- oder Zwischenfilter. Der bezahlbare Standard für die Sonnenfotografie im Weißlicht ist *Baader Astrosolar* Folie mit ca. 25 Euro für ein A4-Blatt. Man bastelt oder druckt sich einen Ring, in dem die Folie gehalten wird und der sicher auf dem Teleskop sitzt. So kann man gefahrlos Sonnenflecken und Bedeckungen (Finsternisse) beobachten.

Öffnung und relativ kleiner Brennweite verwenden, das geht aber schnell ins Geld. Wir können besonders lange belichten und so Photonen sammeln, aber dies funktioniert durch die Erddrehung, je nach Brennweite, nicht ohne Nachführung.

Durch die rasante Entwicklung von Kamera und Computertechnik können wir heutzutage Sachen ablichten, für die bisher Belichtungen im Stundenbereich, Kameras, Nachführungen und Teleskope für tausende von Euro nötig waren. Die Theorie dahinter ist, viele kurze Belichtungen (im Sekunden-

bereich) zu machen und diese Bilder per Bildbearbeitung (siehe nächster Abschnitt) übereinander zu legen, sodass sich die Bildinformation erhöht und das Rauschen abnimmt. Viele der Deep-Sky-Objekte wie Nebel in unserer Milchstraße nehmen am Himmel einen recht großen Raum ein, sodass man sogar ohne oder mit einer manuellen Nachführung zu genug Bildern kommt. Der Orionnebel erscheint schon auf Weitwinkelaufnahmen (siehe Bild mit 6mm-C-Mount) und auch die Andromeda-Galaxie ist recht einfach abzulichten.



Sonnenfilter am Teleskop. Die Folie darf nicht straff sein und sie ist so dünn, dass die Falten optisch keine Rolle spielen.



Orionnebel, DSS-Stack aus etwa 40 Einzelbildern à 10s Belichtungszeit, Raspi-HQ-Kamera mit 90mm KB-Zoom-Objektiv

Nachbearbeitung der Bilder

Die Nachbearbeitung der Bilder oder Videos sollte auf einem schnellen Desktop-PC geschehen. Hier können wir das Thema nur anreißen und Hinweise auf typische Programme für die Verarbeitung von astronomischen Bil-

dern geben. Dies liefert Ihnen die Stichworte für eine Internetsuche, nützliche Links finden Sie außerdem in der Kurzinfo.

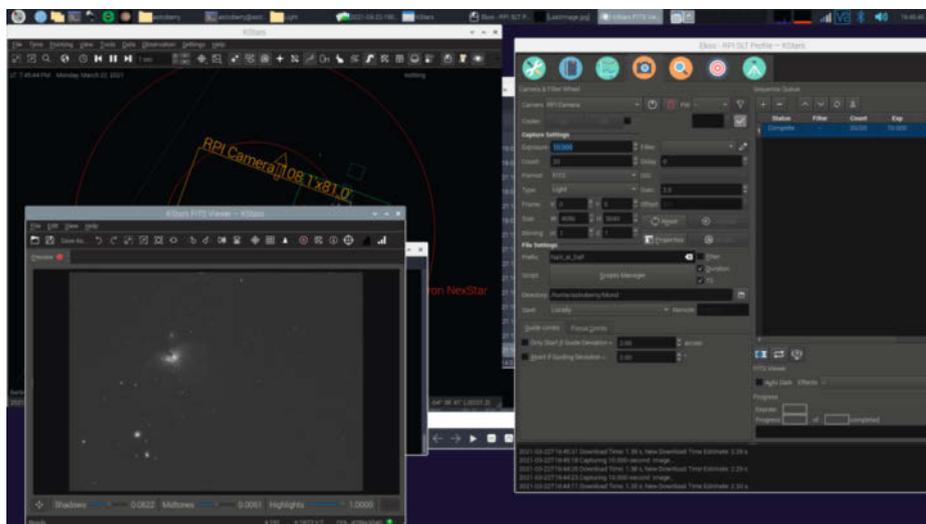
Für Einzelbilder etwa vom Mond reichen normale Bildbearbeitungen wie *GIMP*: Kontrast korrigieren, Tonwert-Kurven, entrauschen, zuschneiden, schärfen. Für Bilderserien, die das

Himmelsgeschehen im Zeitraffer zeigen, kann man die Einzelbilder in eine Videobearbeitung laden und als Video bearbeiten und exportieren.

Hat man ein Video mit Mond- oder Planetenaufnahmen, so bieten sich kostenlose oder Open-Source-Programme wie *AutoStacker!* oder *Planetary System Stacker* an. Die Arbeitsweise mit diesen Spezialisten muss aber anhand von Anleitungen und Tutorials erlernt werden. Als Lohn dafür suchen sich diese Programme aber automatisch aus Tausenden Bildern die Besten heraus, kombinieren sie und produzieren ein fast optimales Bild, das dann in einer Bildbearbeitung nochmals manuell veredelt werden kann.

Mit einem ähnlichen Prozess kann aus sehr vielen relativ kurz belichteten Aufnahmen von Deep-Sky-Objekten ein Bild von ähnlicher Qualität wie durch eine stundenlange einzelne Belichtung errechnet werden. Gute Ergebnisse und einen nicht zu komplizierten Workflow bietet die kostenlose Software *Deep Sky Stacker* (DSS).

Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei dieser nicht ganz einfachen, aber sehr spannenden Reise in das Universum. Geben Sie nicht zu schnell auf und haben Sie Freude bei der Beschäftigung mit Photonen, die vielleicht schon Millionen Jahre unterwegs sind! —caw



Aufnahme der Orion-Bilder mit HQ-Kamera mit 90mm-KB-Zoom, allerdings auf Teleskop-Montierung

Make: Projects

SMART HOME CHALLENGE

präsentiert von



Rolläden
mit Licht-
erkennung



Intelligente
Küche

Auto-
matische
Lüftung

Sprach-
steuerung

DU HAST DAS SCHLAUESTE SMART HOME IM GANZEN LAND?

- Gestalte dein Smart Home
- Verknüpfe Sensoren und Aktoren
- Nutze WLAN zur Kommunikation
- **Gewinn:**
10 x einen 500,- € Maker-Einkaufsgutschein!

Die ersten tollen Projekte
wurden schon eingereicht.
MACHST DU AUCH MIT?!

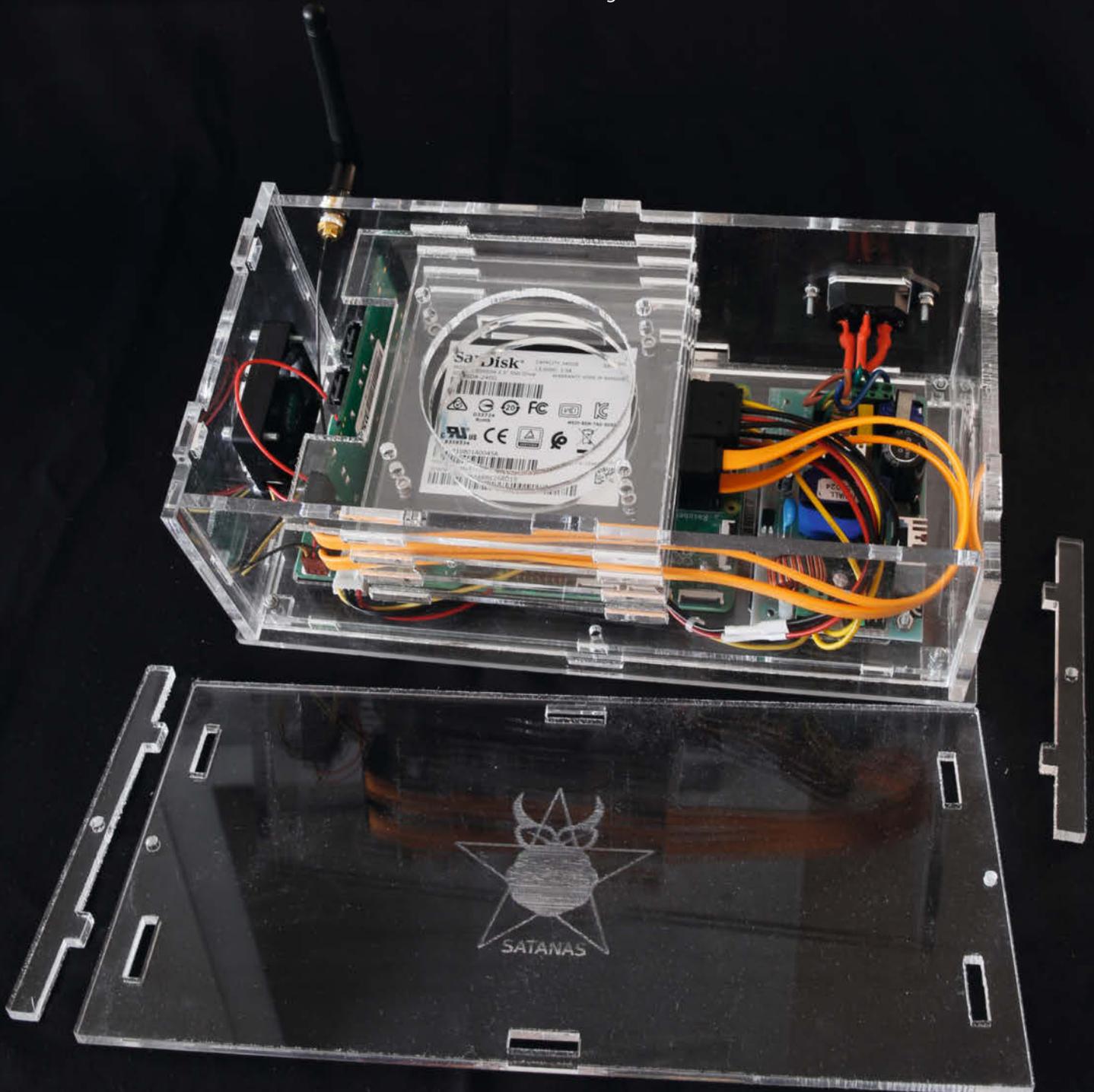
makeprojects.com/de/smart-home-challenge

© Copyright by Maker Media GmbH

SATANAS

Schnelle Festplatten an einem stromsparenden Raspberry als Network Attached Storage (NAS) ohne bremsenden Zugang über USB: Dieses teuflisch gute Raspberry-Projekt macht's möglich, dank des *Raspberry Pi Compute Module 4* und seinem IO-Board.

von Heinz Behling



Festplattenspeicher kann man nie genug haben: Videos, Musik, Fotos und vieles mehr werden ja immer größer und in uns allen steckt immer noch der Jäger und Sammler der Urzeit, der heutzutage aber keine Muscheln mehr, sondern etliche Terabyte an Daten anhäuft. Und die sollen selbstverständlich ständig verfügbar sein. Wer seine Daten nicht einer undurchschaubaren Cloud anvertrauen möchte, muss selbst entsprechende Speicherkapazität zur Verfügung stellen, die jederzeit verfügbar ist.

Einen PC damit zu bemühen, wäre zwar einfach, würde aber die Stromrechnung deutlich in die Höhe treiben. Der kleine Raspberry Pi ist da deutlich stromsparender, besitzt aber nur wenig Speicherkapazität (SD-Karte) und konnte bislang nur durch den Anschluss von USB-Festplatten aufgerüstet werden. Die sind aber nicht immer die schnellsten.

Mit dem Raspberry Pi 4 Compute Module wird das anders: Das ist eine Raspberry-Version ohne jeden Schnittstellenstecker, die es mit unterschiedlichen Speichergrößen, mit und ohne eingebautem eMMC-Speicherkarten- und WLAN-/Bluetooth-Chip gibt **1**. Die Anschlüsse erhält man erst, wenn man das Modul auf ein IO-Board setzt. Neben USB-, Kamera- und Display-Buchsen fällt beim IO-Board für den Raspi 4 vor allem ein PCIe-Slot auf, in den handelsübliche PC-Steckkarten, also auch SATA-Controller, passen. Zumindest mechanisch passen die, denn um sie auch benutzen zu können, muss auch das jeweilige Betriebssystem mitmachen, also die entsprechenden Software-Module, Treiber usw. bereitstellen.

Für 4fach-SATA-Controller, die auf dem Marvel-9215-Chip basieren **2**, gibt es solch eine Lösung. Im Folgenden erfahren Sie, wie man den Mini-Raspi und *Raspbian* zur Zusammenarbeit mit dem Controller und SATA-Festplatten bringt und mithilfe der freien Software *Openmediavault* zum NAS (**N**etwork **A**ttached **S**torage) macht. Mit den hier benutzten SSD-Festplatten ist das sogar teuflisch schnell, was die Namensgebung aus *SATA* und *NAS* ein wenig beeinflusste: *SATANAS*.

Benutzt wird hier ein Compute Module ohne eMMC, dafür aber mit WLAN/Bluetooth und 4GB RAM. Die Bezugsquellen für alle Teile können Sie über den Kurzinfo-Link einsehen.

Kernel kompilieren

Nachdem man das Compute Module auf dem IO-Board platziert und mit Monitor, Tastatur und Maus verbunden hat, muss man sich zunächst um das Betriebssystem kümmern. Hier wird ein Raspberry Pi OS in der 32-Bit-Version benutzt. Ob Sie es mit oder ohne grafische Oberfläche verwenden, ist Ihnen überlassen, benötigt wird sie für das NAS nicht. Die 64-Bit-Version ist etwas schneller, was sich in der Praxis aber nicht sehr deutlich zeigt.

Kurzinfo

- » 4fach-SATA-Contoller am Raspberry Pi Compute Module 4
- » Kompilieren des Betriebssystems mit Treibern für SATA-Festplatten
- » Openmediavault als NAS-System auf dem Raspberry einrichten
- » Gehäuse mit Platz für vier 2,5-Zoll-Festplatten und Netzteil

Checkliste



Zeitaufwand:
4 bis 6 Stunden



Kosten:
200 Euro

Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Bastelrechner: PC-Steckkarten fürs Raspberry Pi Compute Module 4, Online-Meldung
- » Christof Windeck, Mini-Raspi Compute Module 4, ct-Sonderheft Projekte 2021, S. 30

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

Material

- » Raspberry Pi Compute Module 4
- » Raspberry Pi CM4 IO-Board
- » Mikro-SD-Speicherkarte mind. 32 GB, Class 10 oder schneller
- » 4-Port SATA-Controller-Karte Marvel 9215
- » SSD-Festplatte(n) Anzahl und Speichergröße nach Bedarf
- » SATA-Kabel 1mal pro Festplatte 30cm
- » SATA-Stromanschluss-Adapter 1mal pro Festplatte
- » Schaltnetzteil oder Steckernetzteil 12V, 1,5A
- » WLAN-Antenne passend zum Compute Module
- » Gehäuse mit Kleinmaterial Schrauben, Muttern

Werkzeug

- » Lötkolben
- » Schraubendreher



1 Das Compute Module 4, ein nackter Raspberry ohne Anschlussbuchsen



2 Das Slotblech des 4fach-SATA-Controllers muss zum Einbau entfernt werden.

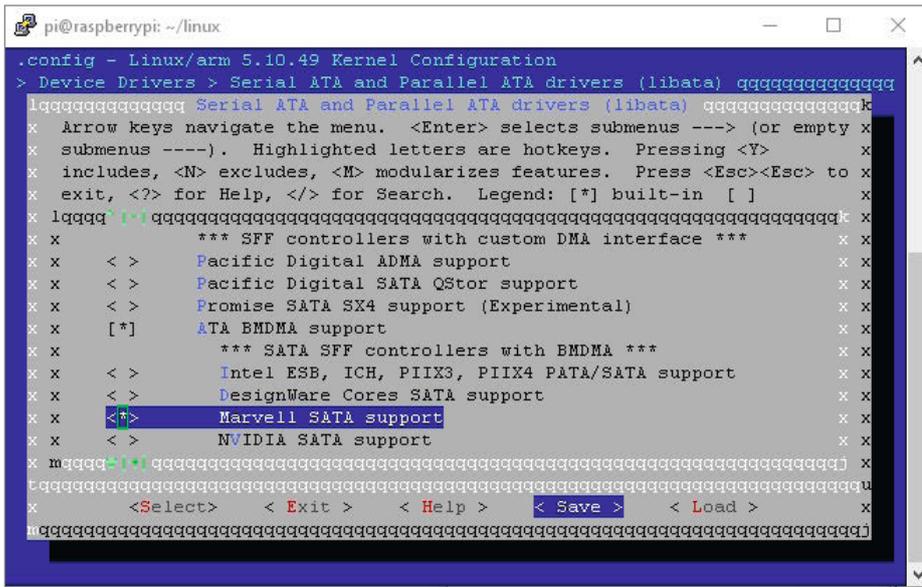
3 Kernel kompilieren vorbereiten

```
sudo apt install -y git bc bison flex libssl-dev make libncurses5-dev
git clone --depth=1 https://github.com/raspberrypi/linux
cd linux
export KERNEL=kerne171
make bcm2711_defconfig
make menuconfig
```

Zunächst installieren Sie das Betriebssystem wie üblich auf einer Mikro-SD-Karte beispielsweise mit dem *Raspberry Pi Imager* mithilfe eines PCs oder Macs. Legen Sie die Karte dann in den Slot des IO-Boards ein und versorgen sie ihn mit Strom. Anschließend konfigurieren Sie das Betriebssystem, stellen

also Sprache, Zeitzone usw. ein. Aktivieren Sie außerdem den SSH-Zugang und das WLAN, falls Sie keine Kabel-Netzwerkverbindung benutzen möchten.

Nun geht es daran, dem Kernel den Umgang mit dem SATA-Controller und -Festplatten beizubringen. Dazu muss er mit einer



Der Ordnung halber geben Sie der neuen Kernelversion auch noch einen Namen. Laden Sie dazu mit einem Editor die Konfigurationsdatei

nano .config

und ergänzen Sie den bisherigen Namen hinter CONFIG_LOCALVERSION zum Beispiel zu

CONFIG_LOCALVERSION="-v71.satanas"

Danach speichern Sie die Datei und beenden den Editor. Es folgt die Schwerarbeit für den Raspberry: Mit dem Befehl

make -j4 zIMAGE modules dtbs

starten Sie den Kompilierungsvorgang (bei der 64-Bit-Version das z vor IMAGE weglassen). Nun können Sie entspannen, spazieren gehen oder sich sonst wie beschäftigen, denn das dauert sehr lange.

Anschließend geben Sie zeilenweise die Befehle aus dem Kasten *Installation* ein.

4 Nach den Änderungen das Speichern nicht vergessen.

5 Installation

```

sudo make modules_install
sudo cp arch/arm/boot/dts/*.dtb /boot/
sudo cp arch/arm/boot/dts/overlays/*.dtb* /boot/overlays/
sudo cp arch/arm/boot/dts/overlays/README /boot/overlays/
sudo cp arch/arm/boot/zImage /boot/$KERNEL.img
    
```

Festplatten partitionieren und formatieren

Nun trennen Sie den Raspi von der Stromversorgung, stecken den SATA-Controller ins IO-Board und verbinden die SSD-Festplatten mit dem Controller. Die Stromversorgung der Festplatten erfolgt mit +5V. Durch den geringen Strombedarf kann man die vom IO-Board beziehen. Falls Ihnen der fliegende Aufbau nicht zusagt, erhalten Sie am Ende des Artikels noch einen Vorschlag für ein passendes Gehäuse.

Starten Sie dann den Raspi wieder. Geben Sie im Konsolenfenster den Befehl `lsblk` ein. In der dann angezeigten Liste sollte(n) nun die Festplatte(n) auftauchen.

Jede Festplatte muss nun partitioniert und formatiert werden. Die Partitionierung starten Sie mit

sudo fdisk /dev/sda

Tippen Sie dann auf `n` und bestätigen Sie die dann folgenden Vorschläge bezüglich Partitionsnummer, -Anfang usw. jeweils mit der Eingabetaste. Danach geben Sie `w` ein, womit die Partitionen endgültig auf die Festplatte geschrieben wird.

Mit dem Befehl

mkfs -t ext4 /dev/sda1

formatieren Sie dann die Festplatte. Wiederholen Sie die Partitionierung und Formatierung dann gegebenenfalls mit den weiteren Festplatten (`sdb`, `sdc`...).

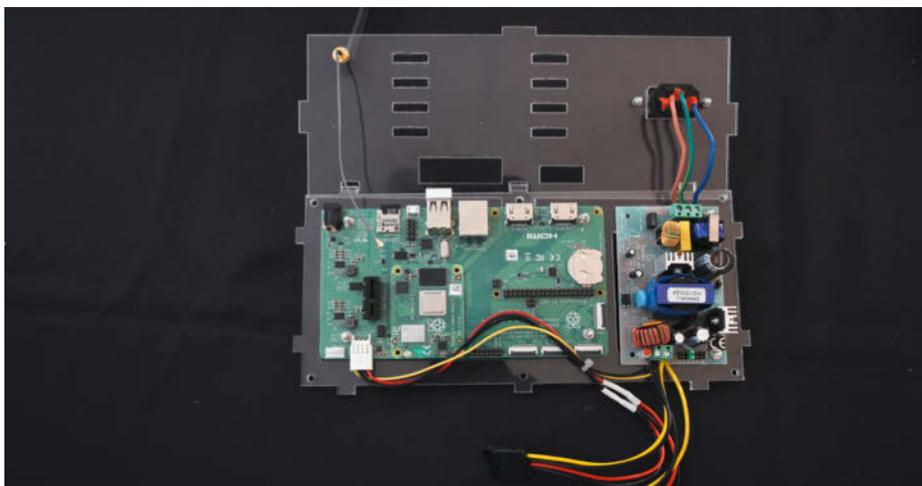
Jetzt brauchen Sie noch *Mountpunkte* für die Festplatten. Das sind die Namen der Verzeichnisse, unter denen die Festplatten im Verzeichnisbaum Ihres Raspberry eingebunden werden. In diesem Beispiel mit zwei Festplatten sollen die jeweils als *Disk1* be-

geänderten Konfiguration neu kompiliert werden. Im Kasten *Kernel kompilieren vorbereiten* finden Sie die Befehlszeilen, die Sie nacheinander in einem Konsolenfenster (am RasPi oder via SSH am PC) eingeben müssen.

Falls Sie die 64-Bit-Version des Betriebssystems verwenden, müssen Sie beim `export`-Befehl den Parameter `KERNEL=kerne18` verwenden.

Danach landen Sie im Konfigurationsmenü. Dort suchen Sie die Zeile *Device-Drivers*, wäh-

len danach *Serial ATA and Parallel ATA drivers (libata)* und anschließend setzen Sie vor *AHCI SATA support* und *Marvel SATA support* mit der Leertaste jeweils ein Sternchen. Wichtig: Anschließend müssen Sie die neue Konfiguration speichern. Setzen Sie dazu die Markierung in der untersten Zeile mithilfe der Cursortasten auf *Save*, drücken Sie die *Eingabetaste* und bestätigen Sie den vorgeschlagenen Dateinamen.



6 Die SATA-Stromanschlüsse beziehen 5V (rote Ader) vom IO-Board. Der Anschluss erfolgte hier mit einem Floppy-Disk-Stromkabel aus der Bastelkiste. Die nicht unbedingt benötigten 12V (gelb) kommen direkt vom Netzteil, das per Jumper auf 12V Ausgangsspannung eingestellt ist.

ziehungsweise *Disk2* im Verzeichnis */media* des Raspi auftauchen. Dazu müssen diese Mountpunkte dort zunächst als ganz normales Verzeichnis angelegt werden:

```
sudo mkdir /media/Disk1
sudo mkdir /media/Disk2
```

Schließlich muss man dem Raspi noch sagen, dass er die Festplatten beim Booten auch genau nach dort mounten soll. Das geschieht in der Datei */etc/fstab*. Zuvor jedoch sollte man den Platten unbedingt eindeutige Kennungen (UUID) geben, damit sie später auch immer an ihrem Mountpunkt landen. Das erledigt der Befehl *blkid*. Er gibt dann die *UUIDs* aus, die Sie sich notieren müssen **8**. Bei Ihren Festplatten werden die *UUIDs* natürlich anders lauten.

Danach ändern Sie die Datei *fstab*. Geben Sie dies ein:

```
sudo nano /etc/fstab
```

Setzen Sie ans Ende der Datei diese beiden Zeilen **9**. Verwenden Sie aber Ihre zuvor notierten *UUIDs*. Mit *F2* speichern Sie die Datei und verlassen den Editor.

Jetzt folgt noch der Befehl

```
sudo mount -a
```

und schon stehen die Festplatten unter den gewählten Mountpunkten zur Verfügung. Mit dem Befehl *df* können Sie das kontrollieren **10**.

Openmediavault

Damit haben wir nun die Grundlage, um das eigentliche NAS-System zu installieren. Das ist sehr einfach, denn es gibt online ein Installations-Skript, das alles erledigt. Geben Sie den Befehl aus dem Kasten *Openmediavault-Skript* **11** ein.

```
pi@raspberrypi:~/linux $ lsblk
NAME                MAJ:MIN RM   SIZE RO TYPE MOUNTPOINT
sda                  8:0    1 223.6G  0 disk
├─sda1               8:1    1 223.6G  0 part
sdb                  8:16    1 223.6G  0 disk
├─sdb1              8:17    1 223.6G  0 part
mmcblk0             179:0    0  29.1G  0 disk
├─mmcblk0p1         179:1    0   256M  0 part /boot
└─mmcblk0p2         179:2    0  28.9G  0 part /
```

7 Herzlichen Glückwunsch: Der Kernel erkennt nun die SATA-Festplatten.

```
pi@raspberrypi:~/linux $ blkid
/dev/mmcblk0p1: LABEL_FATBOOT="boot" LABEL="boot" UUID="7616-4FD8" TYPE="vfat" PARTUUID="dddc67a6-01"
/dev/mmcblk0p2: LABEL="rootfs" UUID="87b585d1-84c3-486a-8f3d-77cf16f84f30" TYPE="ext4" PARTUUID="dddc67a6-02"
/dev/sda1: UUID="04393cf9-cda9-47ea-b638-52e5d38440a1" TYPE="ext4" PARTUUID="273c23f9-01"
/dev/sdb1: UUID="4350ed42-4ec9-4b85-ab03-d2de9a133072" TYPE="ext4" PARTUUID="4ee32325-01"
pi@raspberrypi:~/linux $
```

8 Die *UUIDs* kennzeichnen die Festplatte(n) eindeutig.

```
GNU nano 3.2 /etc/fstab
proc /proc proc defaults 0 0
PARTUUID=dddc67a6-01 /boot vfat defaults 0 2
PARTUUID=dddc67a6-02 / ext4 noatime,nodiratime,defaults 0 1
# a swapfile is not a swap partition, no line here
# use dphys-swapfile swap(on|off) for that
UUID=04393cf9-cda9-47ea-b638-52e5d38440a1 /media/Disk1 ext4 defaults,noatime 0 1
UUID=4350ed42-4ec9-4b85-ab03-d2de9a133072 /media/Disk2 ext4 defaults,noatime 0 1
```

9 Die beiden letzten Zeilen sorgen dafür, dass die Festplatten beim Booten auch gemountet werden.

Danach steht Ihnen Ihr neues NAS aber bereits in Ihrem Netzwerk zur Verfügung. Sie müssen jedoch noch ein paar Kleinigkeiten mithilfe der Web-Oberfläche des NAS einstellen. Dazu brauchen Sie dessen IP-Adresse. Mit dem Befehl *ifconfig* können Sie sich die anzeigen lassen. Sie wird in der Zeile hinter *inet* gemeldet.

Geben Sie dann an einem PC in Ihrem Netz diese IP-Adresse ein. Im Anmeldefenster **12**

geben Sie als Namen *admin* und als Passwort *openmediavault* ein.

Unter *Allgemeine Einstellungen* und *Web Administrator Passwort* sollten Sie als Erstes ein neues Passwort vergeben und speichern.

Nun richten Sie die Netzwerk-Festplatten ein. Gehen Sie zu *Datenspeicher* und *Laufwerke*. Eine Liste mit den Speichermedien **13** wird angezeigt, darin auch die Festplatten

DIGITALES PRODUKTDESIGN

BACHELOR OF ARTS (B.A.)

7 Semester Regelstudienzeit | Studienstart zum Wintersemester

Du möchtest mit deinen Ideen innovative Produkte entwickeln, die Welt verändern und in Bewegung bringen? Dann bewirb dich an der HBK Essen!

Bewerbung jederzeit möglich!

**HBK
ES
SEN**

```

/dev/sdb1: UUID="4350ed42-4ec9-4b85-ab03-d2de9a133072" TYPE="ext4" PARTUUID="4ee3
pi@raspberrypi:~/linux $ nano /etc/fstab
pi@raspberrypi:~/linux $ sudo nano /etc/fstab
pi@raspberrypi:~/linux $ df
Filesystem      1K-blocks      Used Available Use% Mounted on
/dev/root        29732332 5984632 22486412 22% /
devtmpfs         1833392      0 1833392  0% /dev
tmpfs            1965488      0 1965488  0% /dev/shm
tmpfs            1965488 16912 1948576  1% /run
tmpfs             5120         0    5120  0% /run/lock
tmpfs            1965488      0 1965488  0% /sys/fs/cgroup
tmpfs            1965488      0 1965488  0% /tmp
/dev/mmcblk0p1  258095      49276 208820 20% /boot
folder2ram      1965488      3424 1962064  1% /var/log
folder2ram      1965488      0 1965488  0% /var/tmp
folder2ram      1965488      268 1965220  1% /var/lib/openmediavault/rrd
folder2ram      1965488      1968 1963520  1% /var/spool
folder2ram      1965488 11484 1954004  1% /var/lib/rrdcached
folder2ram      1965488      4 1965484  1% /var/lib/monit
folder2ram      1965488      1288 1964200  1% /var/cache/samba
tmpfs            393096      0 393096  0% /run/user/1000
/dev/sda1       229701540 1110048 21853608  1% /media/Disk1
/dev/sdb1       229701540 1110048 21853608  1% /media/Disk2
pi@raspberrypi:~/linux $
    
```

10 Die beiden unteren Zeilen zeigen, dass die Festplatten vom System gemountet wurden.

Gerät	Modell	Seriennum...	Hersteller	Kapazität
/dev/sda	SanDisk SS...	210801A00...	ATA	223.57 GiB
/dev/sdb	SanDisk SS...	210801A01...	ATA	223.57 GiB
/dev/mmc...	N/V	N/V	N/V	29.12 GiB

13 In Openmediavault müssen die Festplatten zunächst gelöscht werden.



14 Das Plexiglas-Gehäuse bietet vier SSDs Platz und der gesamten sonstigen Elektronik.

Anmelden

Sprache: Deutsch

Benutzername:

Passwort:

Anmelden

12 Das Vorgabe-Passwort sollte Sie nach der ersten Anmeldung ändern.

sda (sdb, ...). Klicken Sie auf die Zeile der ersten Festplatte und dann auf löschen. Bestätigen Sie und wählen dann schnell.

Danach geht es weiter mit *Datenspeicher / Dateisysteme* und *Erstellen*. Ext4 ist als Voreinstellung in Ordnung und kann übernommen werden. Nach kurzer Wartezeit folgen noch Klicks auf *Einbinden* und *Anwenden*.

Jetzt ist das NAS betriebsbereit und Sie können unter *Zugriffskontrolle/Benutzer* die Benutzernamen und dazugehörigen Passworte eintragen. Schließlich geben Sie unter dem Menüpunkt *Zugriffskontrolle/Freigegebene Ordner* Namen und Laufwerk für die von Ihnen gewünschten Ordner ein. Die *Zugriffskontrolle* legt fest, wer was in welchem Ordner machen darf (*Lesen und Schreiben*, *Nur lesen* oder *Kein Zugriff*). Vergessen Sie am Ende die Klicks auf *Speichern* und *Anwenden* nicht!

Wenn Sie mit Windows-PCs auf das NAS zugreifen möchten, aktivieren Sie unter *Dienste* noch *SMB/CIFS*.

Das Gehäuse

Damit ist das NAS einsatzbereit. Aber richtig schön wird es erst mit dem passenden Gehäuse (siehe Bild auf der ersten Seite des Artikels). Es besteht aus gelasertem Plexiglas und enthält Halterungen für vier Festplatten, das IO-Board sowie das Schaltnetzteil 14. Außerdem kann ein 50mm-Lüfter eingebaut werden, für den auf dem IO-Board bereits ein Steckanschluss vorhanden ist. Die Schnittdateien dafür sind über den Kurzinfo-Link erhältlich.

Aber das ist natürlich nur mein Gehäuse-Entwurf. Sie müssen auch kein eingebautes Schaltnetzteil verwenden. Insbesondere, wenn Sie nicht mit Netzspannung basteln wollen, sollten Sie zu einem Steckernetzteil greifen, das 12V und mindestens 1500mA liefern muss. Außerdem muss es einen zum IO-Board passenden Stecker haben (5mm Hohlstecker). —hgb

11 Openmediavault-Skript

```
wget -O - https://github.com/OpenMediaVault-Plugin-Developers/installScript/raw/master/install | sudo bash
```

betterCode()

WebAssembly 2021

Die Heise-Konferenz zu Wasm

31. August 2021 ONLINE

Jetzt
Tickets
sichern!

Game Changer auch jenseits des Web

- › Dein Einstieg in das sprach- und plattformübergreifende Ökosystem
- › Lerne den richtungsweisenden W3C-Standard kennen
- › Deep Dives in Blazor, Rust, C#, JavaScript, Container und Flutter
- › Tausche dich aus mit WebAssembly-Insidern

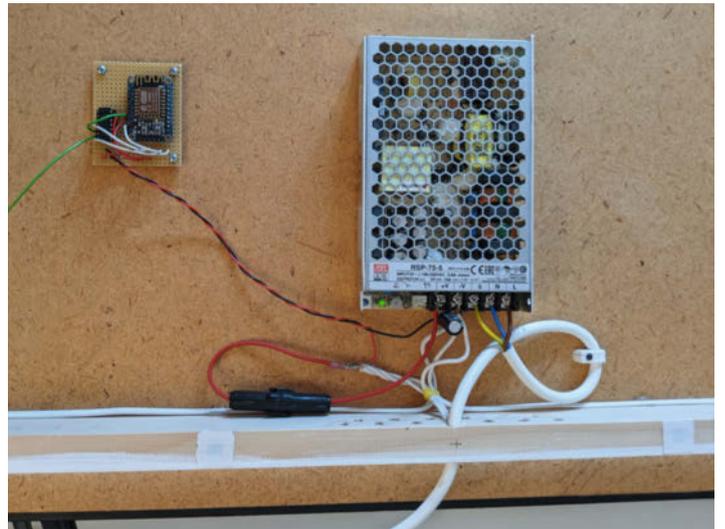
 heise Developer

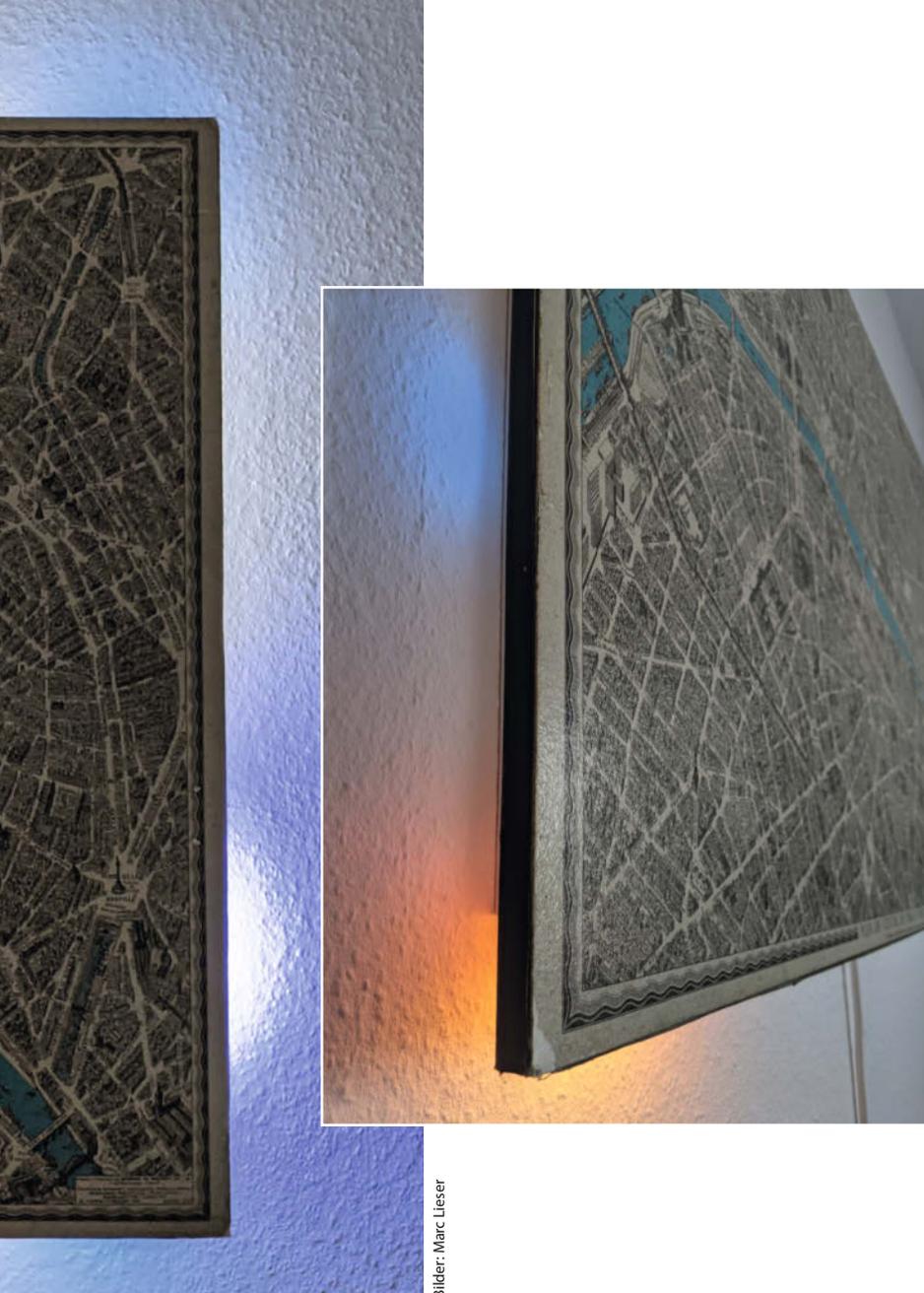
 dpunkt.verlag

wasm.bettercode.eu



Was uns inspiriert





Bilder: Marc Lieser

Sonne, Mond und Neopixel

Maker Marc Lieser, aka *markwingduck*, hat aus einer fast 50 Jahre alten Karte von Paris eine Visualisierung des aktuellen Sonnen- und Mondstands entwickelt. Zunächst wollte er der ansprechenden Karte nur eine Ambiente-Beleuchtung aus Neopixeln verpassen, das Projekt hat dann aber innerhalb von zwei Jahren ein Eigenleben entwickelt. Mittlerweile wandert das Licht von Sonne (gelb) und Mond (bläulich weiß) passend zur Tageszeit um die Karte.

Alle Berechnungen finden auf einem *ESP8266* statt, nachdem sich dieser mit dem WLAN verbunden und das Datum und die Uhrzeit abgerufen hat. Die geographischen Koordinaten, die physische Größe der Karte, die Anzahl der LEDs und weitere Parameter können im Quellcode angepasst werden. Das Projekt dokumentiert Marc auf GitHub. Dort kann man auch ein sehr atmosphärisches YouTube-Video ansehen, das im Zeitraffer die Bewegungen von Sonne und Mond rund um die Karte und weitere coole Lichtmodi zeigt. Man findet dort außerdem das *Bootstrap/jQuery*-Web-Interface, über das die Solar-Lunar-Map gesteuert wird. —rehu

► github.com/marcwingduck/solarlunarmap





Quelle: DasMia

Schmucke 3D-Drucke

Die deutsche Makerin *DasMia* veröffentlicht auf Plattformen wie *PrusaPrinters* und *My-MiniFactory* regelmäßig 3D-Modelle und ihre 3D-Druck-Experimente. Ihr Design der Handtasche *Bag-O-Ment* aus einer recycelten Filamentrolle – die aussieht wie eine Filamentrolle – hat in der internationalen Maker-Szene viel Anklang gefunden und ist für 3D-Druck-Fans eine wunderbare Möglichkeit, den vielen heimatlosen Filamentrollen neues Leben zu schenken.

Eines ihrer neuesten Projekte, die *scented gumdrop beads*, kann man beim Betrachten

förmlich schmecken – und in der Realität riechen. DasMia hat aromatisiertes TPU für sich entdeckt, dessen Geruch sie an Haribo-Beeren erinnert hat – also musste sie daraus prompt eben jene Beeren modellieren, drucken und in duftende Ohrringe verwandeln. Das inspiriert gleich dazu, sich selbst nach aromatisiertem TPU auf die Suche zu machen und zu experimentieren. DasMia ist auf Patreon aktiv, man findet sie ebenfalls auf diversen 3D-Modell-Plattformen und YouTube. —rehu

► patreon.com/DasMia





Quelle: DOTS RPG Project

Blindes Würfelglück

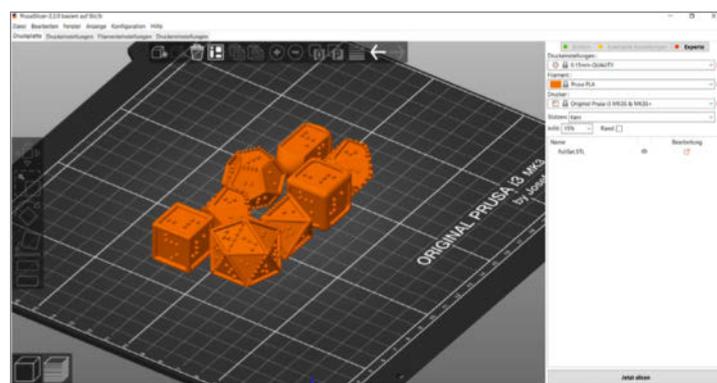
Das *DOTS RPG Project* hat sich zum Ziel gesetzt, *Pen&Paper*-Rollenspiele barrierefreier zu machen. Dazu haben sie ein kostenfreies Set von 3D-Modellen entwickelt, mit dem man Würfel für blinde und sehbehinderte Menschen 3D-drucken kann. Die Augenzahl wird durch erhabene Braille-Schriftzeichen kommuniziert und die gepunktete Umrandung zeigt der lesenden Person die Ausrichtung der Seite an. Die Auswahl reicht von vierseitigen bis zu zwanzigseitigen Würfeln.

Hier stellt sich schnell die Frage: „Sind die Würfel dann noch ausgewogen?“ Besonders die unterschiedlichen Punktzahlen könnten das Gewichtsverhältnis des Würfels beeinflussen – meint man. Doch *DOTS* klärt dazu auf: Viel wichtiger als das Gewicht auf den einzelnen Seiten ist bei einem Würfel, dass alle Kanten gleich sind. Über die Form der Kanten kann man einen Würfel viel einfacher zinken, als über die Seiten. Wir lernen also: Das Spiel bleibt auch mit selbst gemachten Würfeln einigermaßen fair.

Auf der Webseite der Gilde findet man die 3D-Modelle kostenlos zum Download. Das *DOTS*-Projekt ist als englischsprachige Gilde von Gildemeisterin Jess organisiert und freut sich über Unterstützer.

—rehu

► dotsrpg.org/3d-models



Was inspiriert Dich?

Wir freuen uns über Vorschläge an:

mail@make-magazin.de

Popcorn- Make:r

Nach dem Katzen-Futterautomat aus Make 2/20 kommt hier jetzt die logische Ergänzung in Form eines Popcorn-Automaten – die ideale Ergänzung zum Heimkino.

von Heinz Behling



So war einst die Szene, als ich einem Freund mein Wohnzimmer-Heimkino vorführte: Als der Beamer lief, der passende Film ausgesucht war und die Sound-Anlage nebst im Sofa verstecktem Bodyshaker Gehörgänge und Eingeweide durchpustete, kam die Bemerkung: „Jetzt fehlt nur noch Popcorn!“ Autsch, so perfekt wie gedacht war mein Filmtheater also doch (noch) nicht.

Das wollte ich natürlich nicht auf mir sitzen lassen. Nach einigen Überlegungen, bei denen der Katzen-Futterautomat aus der Make 2/20 Pate stand, war das Konzept fertig: Aus einer handelsüblichen Popcorn-Maschine im Jahrmarkt-Look ① und einem Müslispender ② sollte ein Gerät entstehen, das beim Aufsetzen einer Schüssel automatisch mit der Produktion einer Popcorn-Menge beginnt, die zur Größe der Schüssel passt. Welches Gefäß benutzt wird, sollte anhand von RFID-Tags, die unter dem Schüsselboden kleben, vom Automaten erkannt werden. Die Mais-Rationierung sollte ein Schrittmotor übernehmen. Anschließend würde dann über ein Relais die eigentliche Popcorn-Maschine gestartet und nach einer festgelegten Zeit wieder abgeschaltet.

Teileauswahl

Als Steuerung hatte ich zunächst ein ESP-Board (D1 mini) vorgesehen. Im Laufe der Prototyp-Entwicklung stellte sich aber heraus, dass die Ansteuerung der Schrittmotor-Elektronik vermutlich wegen der nur 3,3V betragenden Ausgangsspannung der GPIO-Anschlüsse nicht zuverlässig war. Deshalb kam ein *Arduino nano* zum Einsatz. Der Schrittmotor und die Elektronik waren in meiner Bastelkiste noch vorrätig: Ich hatte sie auch schon bei meinem automatischen Lasercutter-Arbeitstisch benutzt und wusste daher, dass diese Kombination genügend Kraft entfaltet, um auch mit den harten Maiskörnern im Portioniermechanismus zurechtzukommen.

Außerdem sollte mein Automat möglichst leicht nachzubauen sein, weshalb er auch ohne 3D-gedruckte oder gelaserte Teile nachbaubar sein sollte. Als Material für den tragenden Rahmen wählte ich daher nur leicht zu beschaffende Baumarkt-Teile, die mit einfachen Sägen und Bohrmaschine bearbeitet werden. Die entsprechenden Maß- und Bohrvorlagen stelle ich online zur Verfügung (siehe Link in der Kurzinfor). Achten Sie beim Drucken auf den richtigen Maßstab von 1:1. Lasern ist mit diesen Dateien natürlich auch möglich, aber nicht notwendig.

Schließlich sollte die verwendete Popcorn-Maschine auch noch ohne den Automaten wie bisher nutzbar bleiben. Daher ist kein fester Anschluss vorgesehen, sondern er erfolgt über eine Steckdose, die von der Steuerelektronik des Automaten geschaltet werden kann.

Kurzinfor

- » RFID-Technik zur Erkennung der Portionsgröße
- » Mais-Zufuhr per Schrittmotor
- » Steuerung per Arduino nano

Checkliste



Zeitaufwand:
4 bis 6 Stunden



Kosten:
ca. 100 Euro

Material

- » Popcorn-Maschine
- » Cerealien-Spender
- » Arduino nano oder kompatibles Board
- » Schrittmotor 17HS4401
- » Schrittmotor-Treiber TB6600
- » Wellenkupplung federnd, 5/8mm
- » Motorhalter Alu, 4mm stark, flach
- » Schaltnetzteil Conrad 190008
- » Spannungswandler LM2596
- » Relaiskarte 4fach
- » Netzschalter Wippenschalter, 250V, 10A, mit Kontrolleuchte
- » Netzanschlusskabel 3x1mm², mit Schukostecker
- » RFID-Sensor Joy-it sbc-rfid-rc522
- » RFID-Tags selbstklebend, 13,56MHz
- » 2 Massivholzkonsolen 190mm x 140mm x 30mm
- » 2 Metallkonsolen 190mm x 190mm

- » Leimholzplatte 1000mm x 200mm, 18mm stark, zerteilt in zwei Stücke zu 600mm/400mm
- » MDF-Plattenreste
- » Kabel, Lüsterklemmen, Holzleim
- » Universalschrauben 3 x 16mm, Gewindeschrauben M3 x 20 mit Muttern
- » Abstandshalter 3mm

Werkzeug

- » Bohrmaschine mit Holzbohrern und Stufenbohrer
- » Schraubendreher
- » Lötkolben mit Lötzinn

Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Katze füttern übers Web, Make 2/20, S. 68
- » Carsten Meyer, Motoren und Antriebe, Make 4/16, S. 102

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



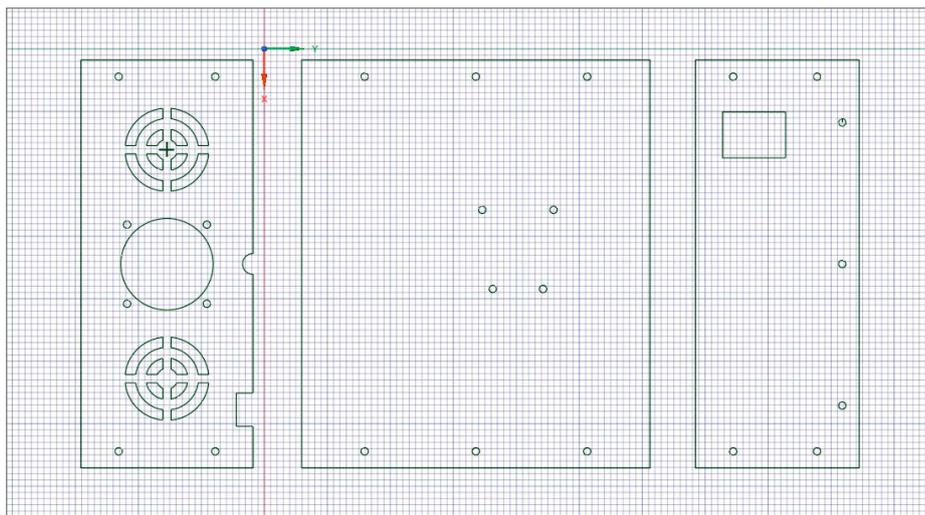
① Diese Popcorn-Maschine bildet das Kernstück des Menschen-Futterautomaten.



② Der Cerealien-Spender fasst gut zwei Kilo Mais. Das sollte für etliche Filmabende reichen.



3 Die Fichtenholz-Teile für den Rahmen kann man meist im Baumarkt zusägen lassen.



4 Die Schablone für die MDF-Teile des Elektronik-Gehäuses. Statt der Lüftungsschlitze im Rückteil (rechts) kann man auch Löcher bohren.

Rahmenbau

Die Grundlage für den Automaten bildet ein Fichten-Leimholzbrett mit 1000mm x 200mm und 18mm Stärke und zwei kleine Leisten-Reststücke (je 165mm x 80mm bei 20mm Dicke) 3.

Das Brett wurde in zwei Teile zu 600mm und 400mm Länge zersägt (das macht oft auch das Baumarkt-Personal am Holzzuschnitt, falls sie Zeit haben). Mit zwei Metallkonsolen (Bezugsquellen für alle Teile online über Kurzinfo erreichbar) wurden sie im rechten Winkel zusammengeschaubt. In die Naht kommt Holzleim. Das ergibt den Grundträger.

Zwei Konsolenträger aus Holz bilden die Halterung für den Mais-Vorratsbehälter. Sie werden 10cm unter dem oberen Rand des Grundträgers mit einem Abstand zueinander von 10cm angeschraubt (siehe Titelbild des Artikels). Dabei darauf achten, dass beide Teile gerade auf gleicher Höhe sitzen.

Die beiden Leisten bilden die Seitenwände für das Elektronik-Gehäuse, das später zugleich als Untersatz für die Schüsseln dient. Vorder- und Rückwand des Gehäuses sowie die Oberfläche bestehen aus MDF-Platte 4.

In der Rückwand sind Lüftungsöffnungen vorgesehen, entweder als Schlitze mit Laubsäge oder Laser ausschneiden oder einfach mehrere größere Löcher mit der Bohrmaschine hineinbohren. Vorn sitzt eine 30mm x 22mm große Öffnung für den Netzschalter 5.

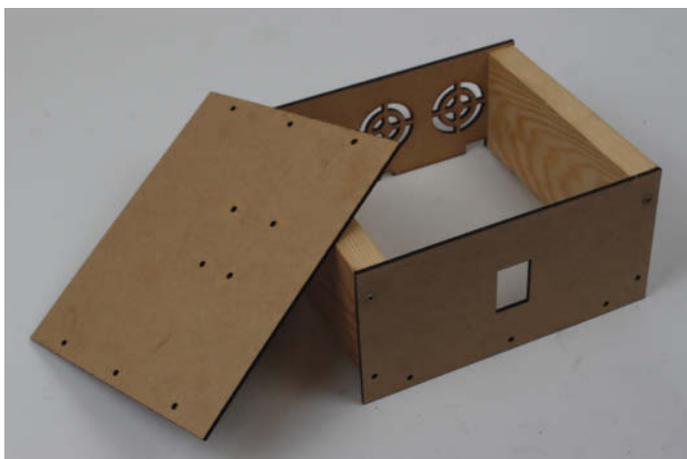
Die Bohrschablonen enthalten auch die Schraubenlöcher. Zusammengesetzt wird alles mit Universalschrauben (3mm x 16mm). Bitte keinen Leim verwenden, damit sich das Gehäuse bei Bedarf wieder öffnen lässt.

Beim Zusammenbau stellte es sich heraus, dass es am praktischsten ist, zunächst die beiden Seitenleisten auf dem Rahmen zu schrauben (mit 2mm-Bohrer vorbohren, sonst reißt das Holz). Dann schraubt man den RFID-

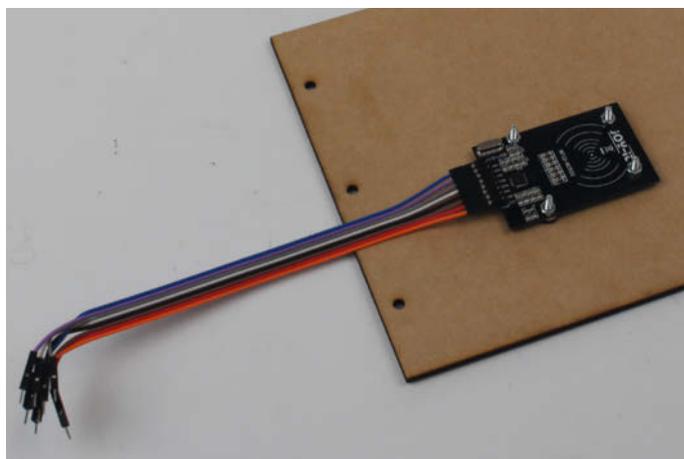
Sensor unter die große MDF-Platte. Zwischen Sensor und Platte sollte man etwa 3mm dicke Abstandhalter legen. Als Schrauben benutzte ich M3 x 20mm-Gewindeschrauben mit Senkkopf 6. Die Schraubenlöcher in der MDF-Platte kann man mit einem Versenkbohrer (notfalls geht auch ein größerer Kreuzschlitz-Schraubendreher) kegelförmig aufweiten, damit die Schraubenköpfe bündig mit der Oberfläche liegen.

Vorratsbehälter-Umbau

Zunächst wird der Spender von seinem Standfuß befreit. Der ist einfach nur am Oberteil eingerastet. Im Inneren des Müsli-Spenders sitzt ein kugelförmiges Schaufelrad, das durch Drehung eine kleine Körnerportion nach unten abgibt. Zum Drehen sitzt an der Vorderseite ein viereckiger Knopf, der im Folgenden durch einen Schrittmotor ersetzt wird. Der



5 Zusammen mit den Holzleisten ergibt sich das Elektronik-Gehäuse, das auch als Schüsselhalter dient.



6 Der RFID-Sensor liest später die Tags der Schüsseln aus.



7 Die Achse des Schaufelrads muss ohne Beschädigung vom Drehknopf befreit werden.



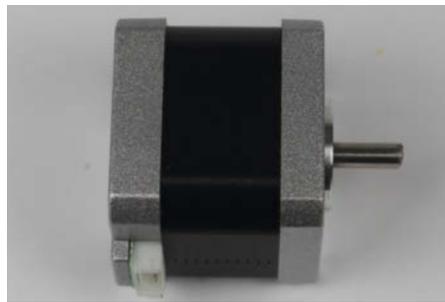
8 Diese drei Schrauben müssen raus. Dadurch kann man später den Mais-Vorratsbehälter zum Reinigen abnehmen.



9 Steckt die Achse zu tief in der Kupplung, kann diese später nicht mehr federn und so Ungenauigkeiten nicht mehr ausgleichen.



10 Achten Sie darauf, dass die Bohrung groß genug ist und die Kupplung nicht schleift.



11 Die Achse des Schrittmotors muss mit einer guten Metallsäge gekürzt werden.



12 Die Schrauben des Motorhalters nur leicht anziehen, sonst wird das Gewinde beschädigt.

Knopf lässt sich relativ leicht vom Behälter abziehen. Meist bleibt dabei die Achse des Schaufelrades im Knopf. Mit einer Zange zieht man in diesem Fall die Achse vorsichtig heraus, ohne sie zu beschädigen. Hier gilt: Besser den nicht mehr benötigten Knopf zerbrechen als die noch benötigte Achse **7**.

Ohne Achse kann man den transparenten Teil des Spenders vom weißen Teil trennen. Im Inneren sitzen drei Schrauben, die die untere Halterung (an der zuvor der Standfuß saß) halten. Die Schrauben müssen raus und die beiden weißen Teile getrennt werden **8**.

Auf die so befreite Achse kommt dann die Achskupplung, die mit den zwei Inbus-Schrauben festgezogen wird. Achtung: Die Achse darf nur etwa bis zur Hälfte (ca. 12mm) in die Kupplung ragen **9**.

Mit einem Stufenbohrer weitet man nun die Öffnung des Müslispenders, die hinter dem Knopf lag, soweit auf, dass die Achskupplung gerade reibungslos hineinpasst. Stecken Sie die Achse wieder durch die Wände des Behälters in das Schaufelrad. Wegen der Abflachung passt sie nur in einer Stellung ins Rad **10**!

Jetzt kommen wir zum Schrittmotor. Dessen Achse darf nicht länger als 17mm aus dem Motor herausragen, also gegebenenfalls mit einer Metallsäge kürzen **11**.

An den Motor wird der Motorhalter geschraubt (M3 × 6-Schrauben). Die Schrauben nur leicht anziehen, denn das Leichtmetall-Gehäuse des Motors verträgt keine Gewalt **12**.

Nun die Kupplung auf die Motorachse setzen und festschrauben. Dabei ist darauf zu achten, dass eine der beiden Schrauben auf der Flachstelle der Achse liegt. Den Motor dann in das Gehäuse des Müslispenders auf die Achse des Schaufelrades stecken. Anschließend durch die beiden Löcher des Motorhalters hindurch die Stellen auf dem Kunststoff markieren, in die bei nun wieder abgenommenem Motor 4,5mm-Löcher für die Befestigungsschrauben gebohrt werden **13**.

Von innen je eine M4 × 20-Gewindeschraube stecken und eine Mutter aufdrehen und vorsichtig festziehen. Die Muttern dienen als Abstandshalter. Den Motor wieder auf die Schaufelrad-Achse und den Halter auf die beiden Schrauben aufstecken. Mit zwei weiteren Muttern festschrauben **14**. Das Kabel des Motors muss so lang sein, dass es bis zum Elektronikgehäuse reicht. Gegebenenfalls muss es verlängert werden.

Jetzt kommt die erste Anprobe: Der Rahmen wird mit der langen Seite nach oben hingestellt und die Popcorn-Maschine darauf ganz nach hinten. Das zuvor abgeschraubte weiße Unterteil des Vorratsbehäl-

ters wird auf die beiden Holzträger gelegt und der Vorratsbehälter mit dem Motor nach hinten daraufgesetzt. Jetzt schiebt man den Behälter so, dass seine Auslassöffnung direkt über der Einfüllöffnung der Popcorn-Maschine liegt **15**.

In den Holzträgern sind Schraublöcher vorhanden. Durch sie hindurch muss man an der Unterseite der weißen Behälterhalterung die Bohrlöcher markieren, auf jeder Seite eins. Dann werden die Löcher gebohrt (3,5mm) und die Halterung auf den Holzträger geschraubt (SM3 × 20 mit Senkkopf) **16**.

Elektronik

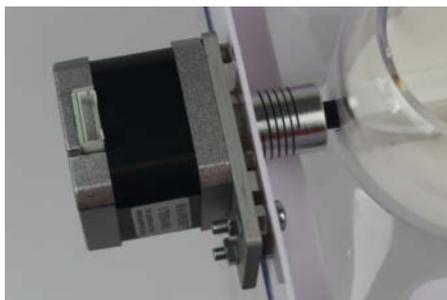
Die Verkabelung der Elektronik gemäß dem Schaltplan **17** wird einfacher, wenn man zunächst die Hauptkomponenten im Elektronikgehäuse befestigt. Der Schaltplan steht auf Github zum Download bereit.

Das geschieht mithilfe von Universal-schrauben (3 × 16mm) und gegebenenfalls isolierenden Unterlegscheiben von etwa 3mm Stärke. Lediglich den Arduino nano befestige ich noch nicht.

Weil die Netzspannungskabel relativ steif sind, sollten die zunächst verlegt werden. Die blauen und braunen Adern des fertig gekauften Stromkabels kommen an die oberen An-



13 Den Halter parallel zur Plastikante ausrichten und die Bohrlöcher anzeichnen.



14 Zwischen Motorhalter und Plastikwand sitzen Muttern als Abstandshalter.



16 So muss der Halter des Müslispenders schließlich sitzen.



15 Der Ausgang des Spenders muss genau über dem Einfüllloch liegen.

schlüsse des Hauptschalters. Das geschieht am besten mithilfe von KFZ-Steckverbindern und passender Crimpzange. Anlöten ist jedoch auch möglich. Von den mittleren Schalteranschlüssen führen beide Adern dann zum Eingang des Schaltnetzteils.

Danach empfehle ich die Verdrahtung der Steckdose über die Relaiskarte. Hierbei auf ausreichenden Kabelquerschnitt achten (1mm²), da die Heizung der Popcorn-Maschine immerhin 1000W (entspricht knapp 4,5A Strom) Leistung hat. Die Relais der Relaiskarte vertragen bis zu 10A. Und bitte auch den grünen Schutzleiter anschließen!

Warum verwende ich eigentlich eine 4fach-Relaiskarte? Zum einen möchte ich die Steckdose für die Popcorn-Maschine vorschriftsmäßig zweiphasig schalten, das braucht schonmal zwei Relais. Die beiden dann noch übrigen Relais sind für Erweiterungen vorgesehen.

Nach den 230V-Leitungen sind die Niederspannungskabel dran. Am Motortreiber sind entsprechende Stecker mit Schraubverbindungen, die den Anschluss recht komfortabel machen. Alle anderen Verbindungen, also am RFID-Sensor und am Arduino, habe ich mit selbst gecrimpten Dupont-Steckern versehen 18. Das kann man aber auch genauso gut löten. Die Versorgungsspannung des Arduino kommt von einem Spannungswandler, der wiederum vom Schaltnetzteil versorgt wird. Der Wandler ist notwendig, da für ein ausreichend hohes Drehmoment des Schrittmotors eine Spannung von 18V empfehlenswert ist (Jumper auf der Netzteil-Platine entsprechend setzen). Die Wandler gibt es als Festspannungswandler (dann ist einer mit 5V Ausgangsspannung nötig) oder wie hier verwendet mit einstellbarer Ausgangsspannung. Sie muss **vor dem ersten Anschluss** des Arduino auf 5V eingestellt werden!

Zum Schluss wird dann der Arduino nano befestigt. Da er aber über keinerlei Schraublöcher oder ähnliche Befestigungsmöglichkeiten verfügt, habe ich mir etwas Eigenes ausgedacht: Mit zwei 1mm dicken Schaltdrähten, die ich in die beiden äußeren Lötäugen des sechspoligen Programmieranschlusses gelötet habe, und einer Lüsterklemme nebst Universalschraube befestige ich ihn im Gehäuse 19.

Schüsseln mit RFID-Tags

Ich benutze zwei Arten von Schüsseln: Kleine Müslischalen für die Ein-Personen-Portion und mehr als doppelt so große Schüsseln als Familienpackung. Unter jede Schüssel klebe ich je einen der selbstklebenden RFID-Tags. Behandeln Sie die beim Aufkleben etwas vorsichtig, sie vertragen keine Knicke oder zu starkes Verbiegen. Leider sind die Gefäße dadurch nicht mehr Spülmaschinen-tauglich.

Bevor die eigentliche Automaten-Software auf den Arduino übertragen wird, müssen zunächst mit dem Programm *IDlesen* die einzigartigen Seriennummern der Tags ausgelesen und notiert werden. Dazu installieren Sie das Programm mit der Arduino-IDE. Es benötigt die Standard-Bibliotheken *SPI* und *MFRC522*, die über *Sketch/Bibliothek einbinden* und *Bibliotheken verwalten* installiert werden müssen. Als Board ist der *Arduino nano* zu wählen. Der *Prozessor* und *Bootloader* ist entsprechend Ihres Boards einzustellen.

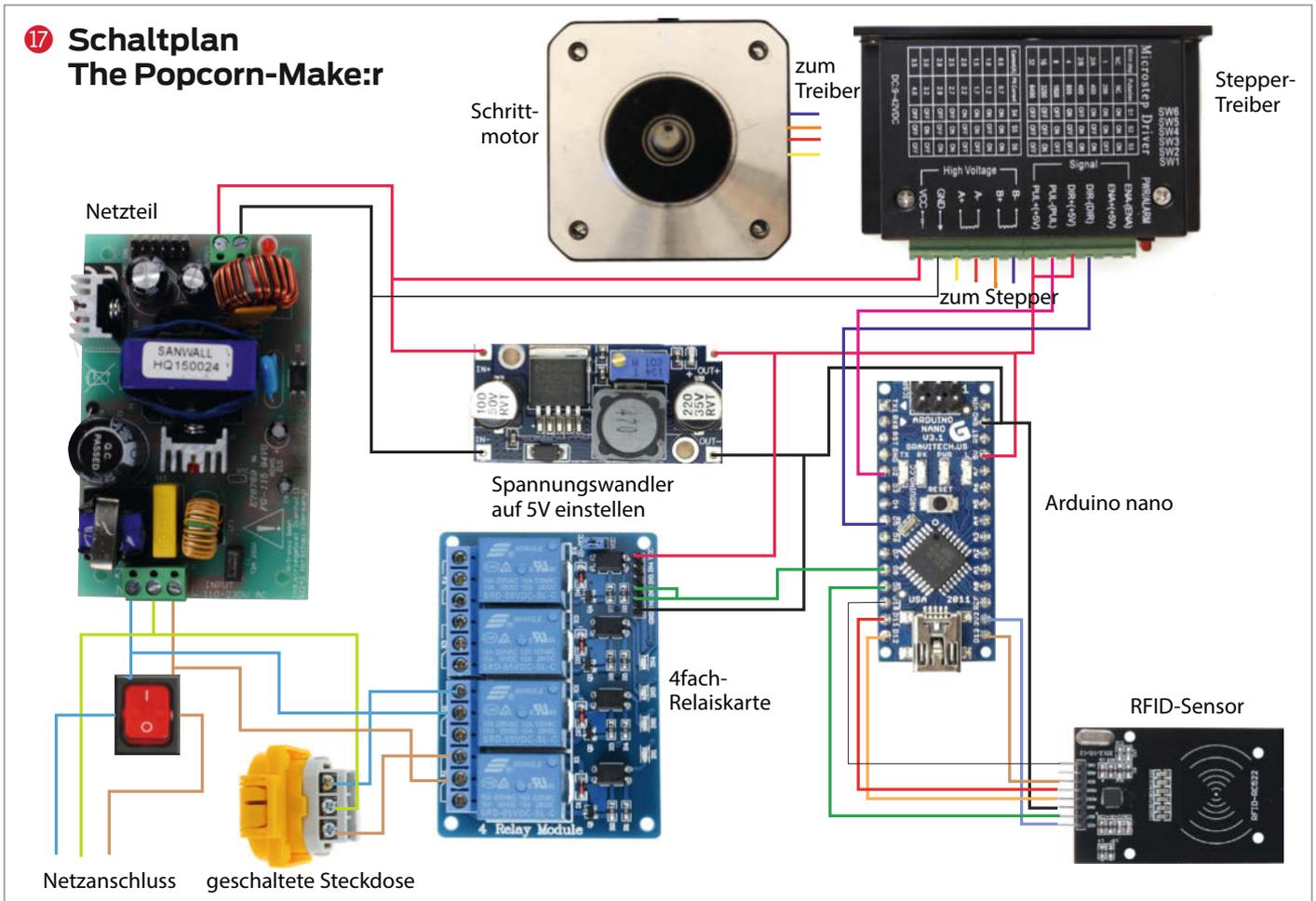
Ist das Programm installiert, starten Sie mit *Werkzeuge* und *Serieller Monitor* die Anzeige der vom Arduino ausgegebenen Meldungen. Stellen Sie nun nacheinander die RFID-markierten Schüsseln auf das Elektronik-Gehäuse und notieren Sie sich die angezeigten Kennungen und die Größe der Schüsseln.

Software

Das Programm *Popcorn_2.ino* (2, denn auch ich habe Fehlversuche) ist als Sketch für die Arduino-IDE auf *GitHub* zu haben. Laden Sie es und tragen Sie die zuvor ermittelten Werte ins Programm ein. Wichtig sind hier die Werte hinter `AnzahlGross` und `AnzahlKlein`. In diesen Konstanten muss die Anzahl der benutzten großen beziehungsweise kleinen Schüsseln stehen. Dann folgen zwei Zeilen, die die Arrays für die dazugehörigen RFID-Kennungen enthalten: Zwischen die geschweiften Klammern hinter `klein[AnzahlKlein] = { }` tragen Sie jeweils durch Komma getrennt die Kennungen der kleinen Schüsseln ein. Entsprechend verfährt man mit `gross[AnzahlGross] = { }`. Dann können Sie das Programm auf den Arduino hochladen.

Die Software hier im Einzelnen zu erklären ist leider nicht möglich. Ich habe das Listing aber mit zahlreichen Kommentarzeilen versehen, die eigentlich alles erklären.

**17 Schaltplan
The Popcorn-Make:r**



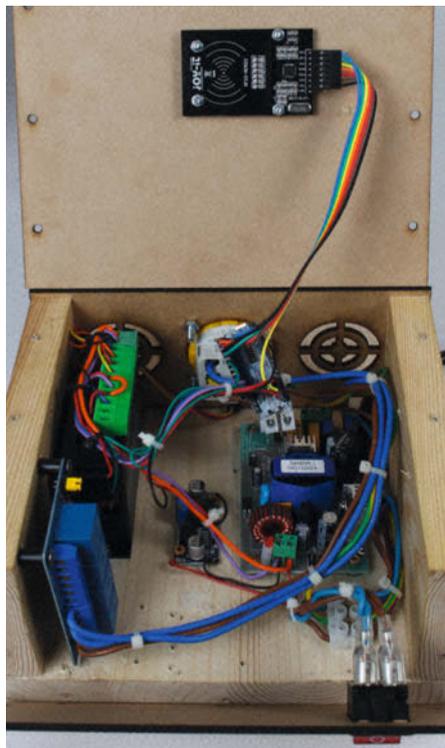
Bedienung

Die Benutzung des Popcorn-Automaten ist sehr einfach: Zunächst darauf achten, dass der Netzschalter an der Rückseite der Popcorn-Maschine eingeschaltet ist.

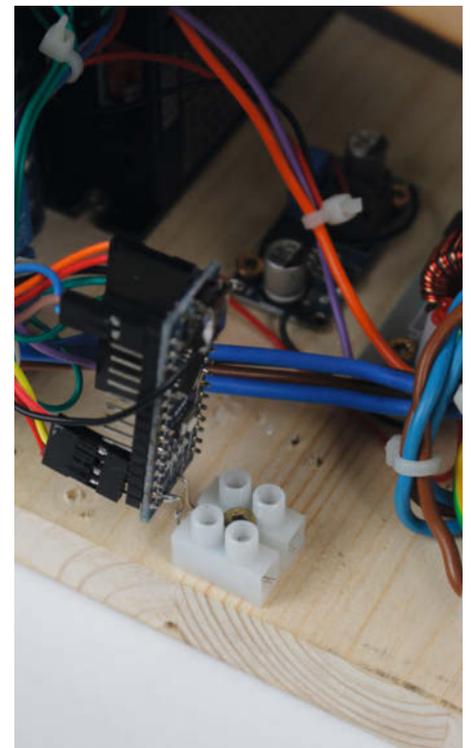
Dann schaltet man den Hauptschalter an der Frontseite an, kontrolliert, ob Mais im Vorratsbehälter ist, und stellt eine Schüssel geeigneter Größe auf den Deckel des Elektronik-Gehäuses. Im Inneren wird jetzt der RFID-Tag, der unter der Schüssel klebt, ausgelesen. Anhand der im Programm gespeicherten Daten bereitet der Automat dann eine kleine oder eine große Portion zu. Die Dauer, für die die Heizung eingeschaltet wird, ist im Programm in zwei Konstanten (Zeitgross beziehungsweise Zeitklein) am Programmbeginn festgelegt. Falls die Zeit deutlich zu lang oder zu kurz ist, können Sie diese Werte entsprechend ändern.

Wenn die Portion fertig ist, müssen Sie fünf Minuten bis zur nächsten Portion warten, um Überhitzung zu vermeiden. Daher habe ich diese Kühlphase eingebaut.

Damit ist dann alles bereit für den nächsten Heimkino-Abend. Hoffentlich ist der Film dann mindestens genauso gut wie Ihr selbstgemachtes Popcorn. —hgb



18 So wird alles im Elektronik-Gehäuse angeordnet.

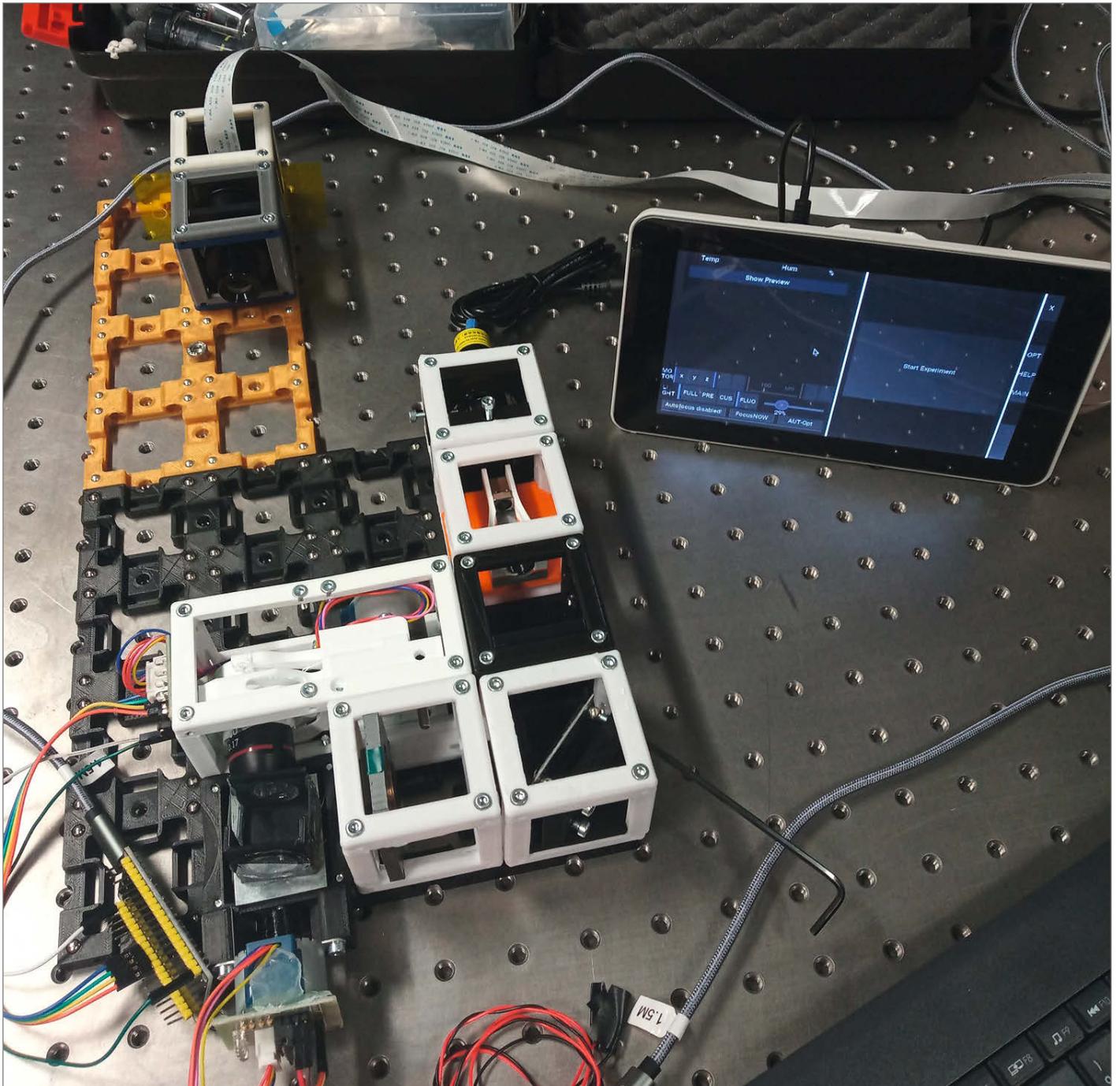


19 Die einfache Arduino-Halterung aus Schaltdraht und Lüsterklemme

Optik mit Klick: UC2-Modulbaukasten

UC2 ist ein freies Optik- und Mikroskopie-System, das modular aufgebaut ist, hochaufgelöste Ergebnisse liefert und dabei kostengünstig hergestellt werden kann. Wir wollen mit diesem Artikel die Einstiegshürden in das weite Feld der Optik abbauen.

von Benedict Diederich, Barbora Maršíková, Sabine Best und David Zakoth



Optik für alle ist unsere Vision hinter UC2 (kurz für: *You See Too*, auf Deutsch: Du siehst auch). Mit dem quelloffenen Baukasten wollen wir Optik für ein breites Publikum im wörtlichen Sinne begreifbar machen. Das modulare Würfelsystem ist 3D-gedruckt, kostengünstig und vielseitig im Bereich der Optik einsetzbar – in der Forschung, im Studium, in der Schule oder im Hobbykeller. Durch kleine Magnete können die unterschiedlichen Aufbauten ganz einfach „zusammengeklickt“ werden **1**.

Dazu haben wir einen offenen Optik-Standard geschaffen, der unterschiedliche Komponenten wie zum Beispiel die Raspberry Pi-Kamera und Mobiltelefone miteinander kompatibel macht. Er lässt sich einfach adaptieren und erweitern, ist schlicht im Design und kann sogar wissenschaftlichen Ansprüchen genügen. Im Zentrum stehen 3D-gedruckte Würfel mit einer Kantenlänge von 50 Millimetern **2**. Sie finden auf einer magnetischen Platte Platz, die Komponenten wie Linsen, Kameras oder sogar Laser hält. Eine Kombination von mehreren Würfeln, genannt Modulen, ergibt dann Funktionen wie die Vergrößerung in einem Mikroskop. Dieses System erlaubt auch die Integration von vorhandenen Elementen, wie Linsen aus ausgedienten Feldstechern, um komplexe optische Aufbauten zu realisieren. Zudem wird UC2 durch die wachsende UC2-Community stetig weiterentwickelt.

Hier zeigen wir, wie einfach es ist, ein einzelnes Modul zu bauen und mehrere Module zunächst zu einem klassischen Mikroskop zu kombinieren. Dann erweitern wir den Aufbau um ein paar Module, darunter ein Laserpointer, der eine Beleuchtung der Probe mittels *Lichtblatt* erlaubt (dazu später mehr). Das ermöglicht die Abbildung von fluoreszierenden Objekten und kann zu einer Verbesserung der dreidimensionalen Abbildung der Strukturen beitragen. Im Rahmen des Artikels können wir nur vermitteln, wie flexibel das System ist und keine komplette Anleitung geben. Diese und mehr Details gibt es in unseren Github-Repositories (siehe Link in der Kurzinfor). Dort freuen wir uns auch über Interessierte, die

Kurzinfor

- » Vorstellung des quelloffenen Optikbaukastens UC2
- » Vorstellung der Arbeitsweise an Beispielen
- » Hinweise zur Dokumentation und zu Erweiterungen

Checkliste



Zeitaufwand:
10 bis 20 Stunden (+ Druckzeit)



Kosten:
200 bis 400 Euro

Material

- » 3D-Druckteile je nach Projekt, Konfigurator vorhanden
- » **Elektronik und Mechanik** Stücklisten und Bezugsquellen je nach Projekt in den Links

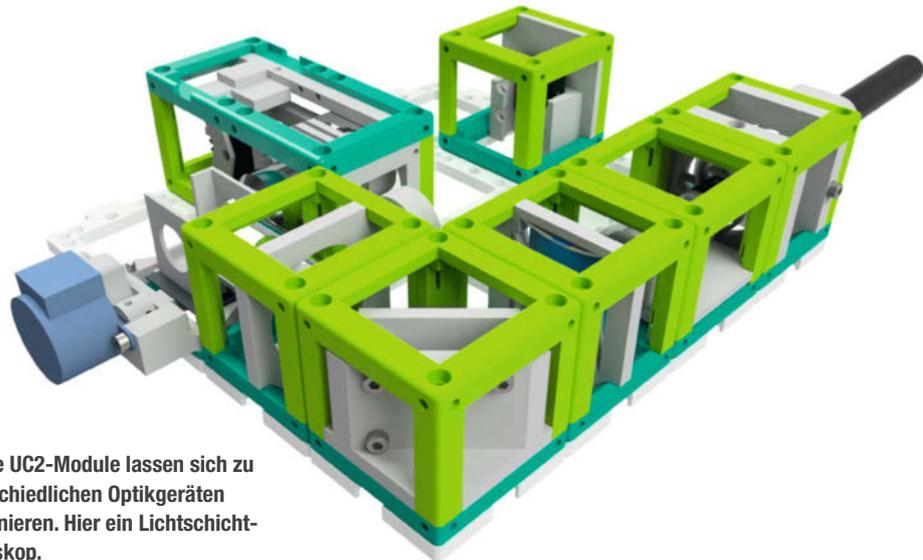
Werkzeug

- » 3D-Drucker oder Zugang zu Fablab oder Druckservice
- » **übliches Maker Werkzeug** Inbus-Schraubendreher, ggf. Lötgerät, ...

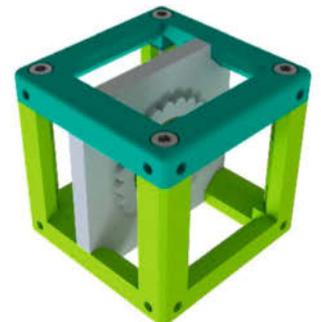
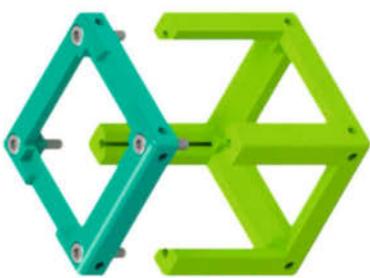
Mehr zum Thema

- » Tobias Beckmann, Holographie-Mikroskop mit Raspberry Pi, Make 2/20, S. 62
- » Helga Hansen, MicroscPy: das Lego-Mikroskop, Make 4/20, S. 86

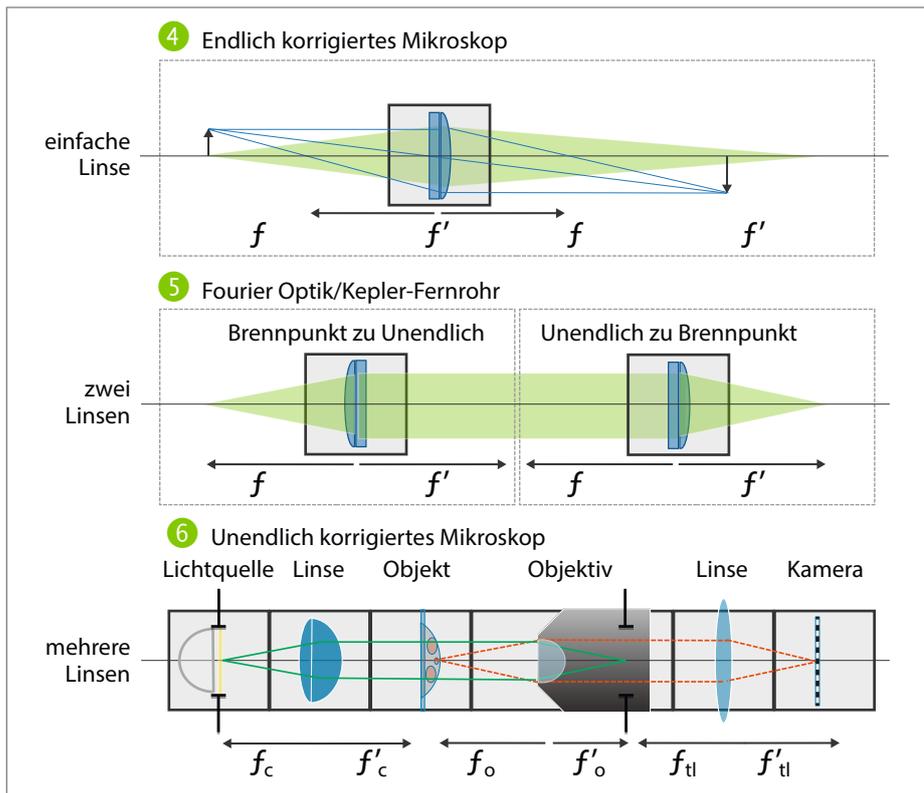
Alles zum Artikel
im Web unter
make-magazin.de/xaz9



1 Die UC2-Module lassen sich zu unterschiedlichen Optikgeräten kombinieren. Hier ein Lichtschichtmikroskop.



2 Die Komponenten wie Linsen, Spiegel oder Kameras finden jeweils in einem Modul Platz.



3 Von der einfachen Linse hin zum komplexen „Fourier“-optischen Aufbau

aktiv an der Entwicklung teilhaben wollen. Der einfachste Weg mitzumachen ist, das Projekt auf Github zu klonen und mit eigenen Ideen zu verbessern.

Wie funktioniert UC2?

Die Modularität des UC2-Systems leitet sich aus einem Grundprinzip der Optik ab. Ein Groß-

teil optischer Aufbauten lässt sich mit Linsen, Spiegeln, Filtern und Gittern umsetzen. Im Sinne des Baukastensystems bedeutet das für UC2, dass jedes Element in einem Würfel gehalten wird. Der einfachste Aufbau lässt sich mit dem Sammellinsenmodul realisieren, in dem eine Linse mit einer Brennweite von z. B. $f' = 50\text{mm}$ mithilfe eines Adapters im Würfel befestigt wird. Allein mit einer Linse ein

Bild zu vergrößern, kennt man von Lupen und älteren, endlich-korrigierten Mikroskop-Objektiven, bei denen ein Objekt kurz vor der Brennweite platziert und vergrößert hinter der Linse abgebildet wird.

Wenn ein optischer Aufbau aus mehreren Linsen besteht, hilft einem die sogenannte Fourier-Optik, bei der die Brennweiten von aufeinander folgenden Linsen zusammenfallen. Das hat zur Folge, dass das Licht abwechselnd fokussiert und kollimiert (also in einen parallelen Strahlengang gewandelt) wird. Das erleichtert die Bestimmung der Abbildungseigenschaften bereits vor dem Aufbau und ermöglicht, weitere optische Elemente in den Strahlengang einzubauen (z. B. Prismen wie in einem Fernglas).

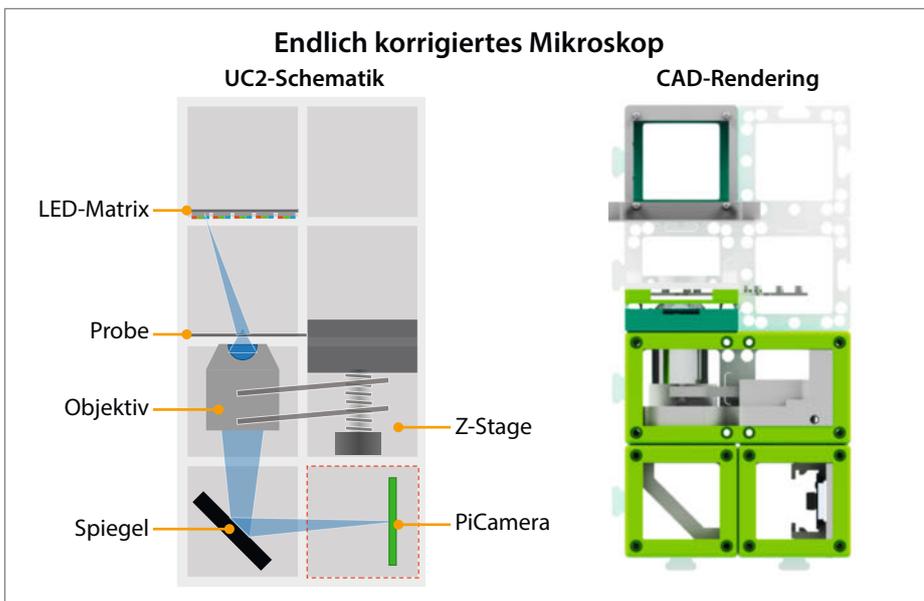
Als Beispiel dient das Kepler-Fernrohr, bei dem eine Linse mit kurzer ($f'_e = 50\text{mm}$) einer Linse mit langer Brennweite ($f'_s = 100$) folgt. Parallel einfallende Strahlenbündel werden so im Durchmesser verkleinert. Die dadurch entstehende Vergrößerung für den Beobachter hat zur Folge, dass uns Dinge größer erscheinen. Der UC2-Aufbau mit nur einer Linse ließe sich durch ein einfaches Hinzufügen eines zweiten Linsenmoduls ($f' = 100\text{mm}$) zum Teleskop umbauen. So lässt sich greifbar machen, was dieses Prinzip bedeutet, indem man den Abstand zwischen den Linsen ändert.

Das bei gezeigte unendlich korrigierte Mikroskop (weil man den Strahlengang im Tubus „unendlich“ verlängern kann) funktioniert ähnlich. Ein Objektiv (z. B. $f'_M = 5\text{mm}$) erzeugt ein paralleles Strahlenbündel, was von der darauf folgenden Tubuslinse ($f'_{TL} = 200\text{mm}$) auf einem Schirm oder die Raspberry-Pi-Kamera projiziert, eine vergrößerte Darstellung ergibt.

Außerdem lässt sich UC2 mit weiteren Anwendungsgebieten verbinden. Es gibt zum Beispiel ein spezielles Terrarium-Modul für Insekten, wobei Kameras und spezielle Prismen die Beobachtung von Insekten von allen Seiten ermöglichen. Mit einem Module Developer Kit (MDK) liefern wir die nötigen Werkzeuge, um eigene Einschübe für die Würfel zu designen. So lassen sich alte Linsen und weitere Bauelemente wie eine LED-Matrix in das System integrieren. Der magnetische Steckmechanismus, bestehend aus ferromagnetischen Zylinderkopfschrauben und in die Grundplatte gedrückten Kugelmagneten, liefert dabei eine flexible und stabile Möglichkeit, die optische Achse auch für komplizierte Aufbauten exakt zu definieren.

Aller Anfang ist einfach

Wir starten mit einem klassischen Lichtmikroskop, um uns dünne und transparente Proben im Durchlicht anzuschauen. Dazu kombinieren wir die folgenden Module: eine Raspberry-Pi-Kamera für die Bildaufnahme, einen Spiegel, um den Strahl zu „falten“ bzw.



7 Der Aufbau des klassischen, endlich korrigierten Durchlichtmikroskops

umzulenken, eine LED-Matrix für eine adaptive Beleuchtung und eine sogenannte *Z-Stage*, die das Probenobjekt fixiert und das Objektiv fokussiert. Für jedes Modul gibt es in unserem Github eine Stückliste der druckbaren Teile und jener, die man bei Online-Lieferanten wie eBay, Conrad oder Reichelt kaufen kann. Mit dem UC2-Online-Konfigurator (Links in Kurzinfo) können die für einen Aufbau benötigten STL-Dateien kostenlos zusammengestellt und heruntergeladen werden. Neben den Teilen für die Würfel ist noch eine Grundplatte nötig, die ebenfalls passend ausgedruckt werden muss (hier mit Platz für 2 x 4 Module).

Exemplarisch wird hier der Raspi-Kamera-Würfel **8** beschrieben. Der Aufbau des Kamera-Würfels beginnt mit dem Entfernen der Linse der Raspberry Pi-Kamera mithilfe des mitgelieferten Zubehörs – die Fokussierung in diesem Aufbau übernimmt das Objektiv. Anschließend wird die Kamera mit dem Raspberry Pi über ein Flachbandkabel verbunden und im Moduleinsatz festgeschraubt. Wenn der Kameraeinsatz im Würfel steckt, kann auch das Modul verschlossen und verschraubt werden. Dafür nutzen wir ferromagnetische M3-Zylinderschrauben (ISO912, M3 x 18). So können wir das Modul auf der Grundplatte festhalten, sobald diese mit 5mm-Neodym-Kugelmagneten bestückt ist.

Die Schritte für die verbleibenden Module sind sehr ähnlich und im Github-Repository detailliert beschrieben. Wenn alle Module fertiggestellt sind, folgt die Montage mittels der magnetischen Klickverbindung aus Kugelmagnet und Zylinderschraube. Dabei lässt sich nicht allzu viel falsch machen und die Module landen schnell auf der Platte. Wenn etwas wackelt, empfiehlt es sich zu prüfen, ob alle Schrauben gleich tief eingeschraubt wurden und ggf. noch eine zweite Grundplatte auf der anderen Seite zu befestigen. Das so entstandene „Sandwich“ sorgt dafür, dass nichts mehr wackelt.

Die Adafruit-Neopixel-LED-Matrix lässt sich schnell mit einem Arduino oder ESP32 ansteuern. Im einfachsten Fall reicht es aus, wenn man die LED-Matrix hell zum Leuchten bringt, z. B. mit der Adafruit-WS2812-NeoPixel-Library. Die komplette Firmware für die Steuerung von LED-Matrix und Motoren finden Sie im GitHub. Die gedruckte *Z-Stage* ermöglicht das Fokussieren der Probe mittels Drehrädchen, um ein scharfes Bild zu bekommen. Die Gesamtvergrößerung dieses Aufbaus bei Verwendung eines 10x-Objektivs ist etwa 1000fach, bei einer optischen Auflösung von gut 3µm.

Ein erstes Experiment

Es wird ein transparentes Objekt als Probe benötigt. Die Experimentierenden können z. B. einmal mit einem Löffel an der Innenwand der Mundhöhle entlangfahren, um Epithelzellen

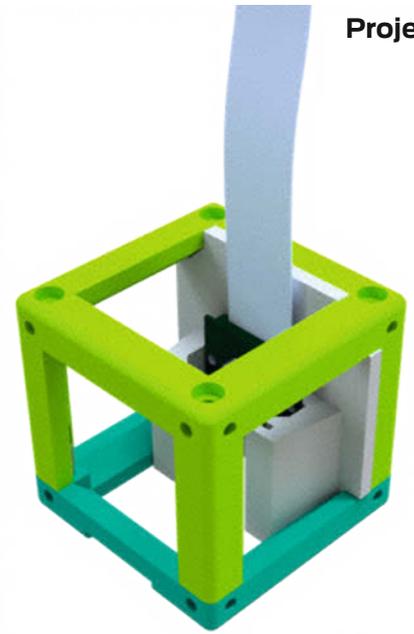
zu sammeln und diese dann auf einen Glas-Objekträger aufzubringen.

Den Objekträger in den Fokus des Objektivs legen und sich das Ergebnis mittels des Kommandos `raspistill -k` im Terminal anschauen. Für einfache Experimente reichen die Terminalkommandos des Raspi zur Kamerasteuerung, achten Sie aber darauf, dass die Vorschau von *raspistill* nur an einem direkt an den Raspi angeschlossenen Monitor (per HDMI) funktioniert, nicht per Netzwerk-Desktop (VNC).

Für professionelle biologische Experimente stellen wir eine Python-basierte Software zur Verfügung, die eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) für das Sieben-Zoll-Display des Raspberry Pi bereitstellt. Damit kann z. B. die Kamera mit der Beleuchtung synchronisiert werden, um automatisch Zeitrafferaufnahmen zu erstellen. Eine Motorisierung des Moduls lässt sich mit dem 28BYI-48 Stepper-Motor erzielen, der sich ähnlich wie die LED-Matrix entweder drahtlos per MQTT-Kommunikation (ESP32) oder per USB (Serial) steuern lässt. Alle Anleitungen dazu befinden sich ebenfalls online auf Github.

Wie das Lichtblatt die Abbildung verbessert

Aus der Fotografie kennt man das Phänomen der Tiefenschärfe. In der Fokusebene mit der größten Schärfe ist das Objekt scharf abgebildet, wird aber optisch von unscharfen Abbildungen von Objektteilen außerhalb der Fokusebene überlagert. Dieses Phänomen ist auch in der Mikroskopie zu beobachten und stört insbesondere die Biologen bei ihrer Arbeit, da z. B. dreidimensionale Strukturen einer Zelle entlang der optischen Achse nicht mehr voneinander zu unterscheiden sind. Die Fluoreszenzmikroskopie kann dieses Problem unter Verwendung bestimmter fluoreszierender Farbstoffe lösen. Diese Farbstoffe haben die Fähigkeit, Licht einer bestimmten Farbe – oder auch Wellenlänge – (z. B. Blau, 450nm, Anregungslicht) in eine Farbe mit geringerer



8 CAD Modell des Kamera-UC2-Moduls

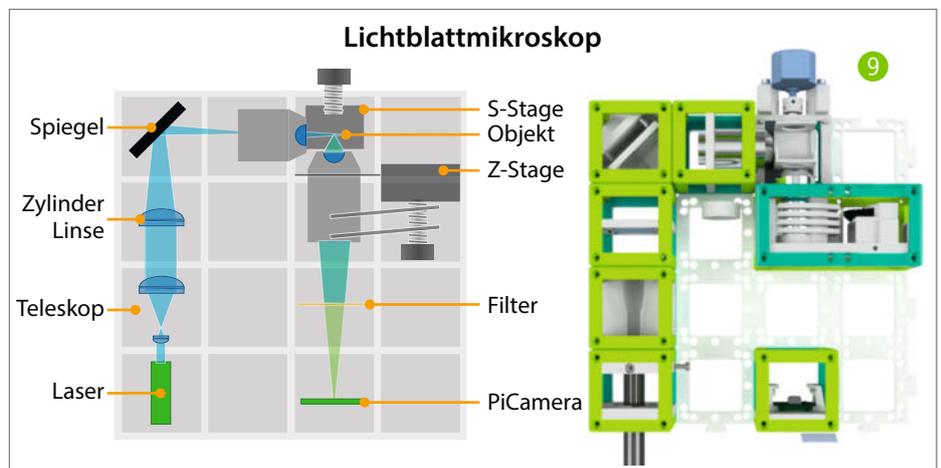


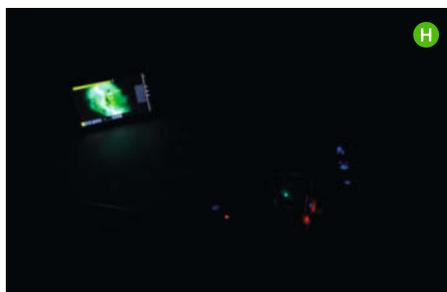
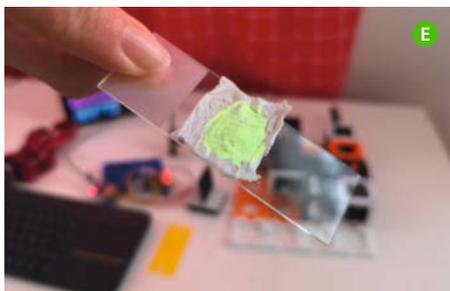
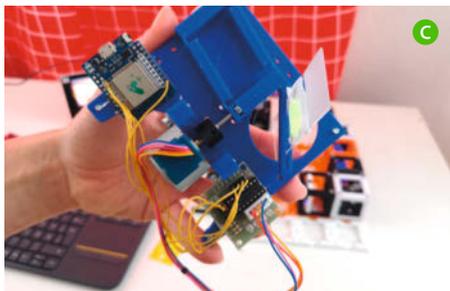
Warnhinweise

Laser können die Netzhaut unwiderruflich schädigen: Niemals in den Strahl schauen! Auch Reflexionen können das Licht unabsichtlich ins Auge leiten! Nicht geeignet für Kinder! Nur Laser der Klasse 1A benutzen! Laser aus dem Ausland können schädliche Lichtanteile emittieren oder entgegen ihrer Klassifizierung zu stark sein.

Spiegel können scharfe Kanten aufweisen. Achtung Schnittgefahr!

Energie zu wandeln (z. B. Grün, 530nm, Fluoreszenzlicht). Filtert man nun das Anregungslicht vor dem Bildaufnehmer aus, so kann man die fluoreszierenden Strukturen klar im Objekt erkennen. Durch spezifische Bindungen dieser Farbstoffmoleküle an bestimmte Zellbestandteile wie den Zellkern, lassen sich funktionale Zusammenhänge gut mikroskopieren, da tatsächlich nur diese Bestandteile aufleuchten.





10 Zusammenbau der Module des Lichtblattmikroskops und Kontrolle des Ergebnisses auf dem LC-Display des Raspberry Pi.

Nichtsdestotrotz reicht das in vielen Anwendungen noch nicht aus. Forschende, die versuchen, die Funktionsweise des Gehirns zu entschlüsseln, haben sich aus diesem Grund überlegt, die Ebene, in der die fluoreszierenden Marker von Neuronen eines Fruchtfliegenhirns angeregt werden, mithilfe eines Lichtblatts weiter einzuschränken. Man beleuchtet das Objekt dabei seitlich mit einer äußerst dünnen Schicht – dem sogenannten Lichtblatt – und schaut sich dann nur die Ebene an, die gerade beleuchtet wird. Andere Ebenen des ansonsten transparenten Objekts bleiben für die Detektion unsichtbar. Fokussiert man das Objekt nun durch das Lichtblatt und nimmt kontinuierlich Bilder auf, lässt sich so am

Rechner ein dreidimensionaler Bildstapel mit verbesserter dreidimensionaler Auflösung rekonstruieren. Diese Aufnahmetechnik verbessert die Tiefenschärfe erheblich. Diesen Aufbau nennt man *Lichtblattmikroskop* **9** oder auch *Lichtschichtmikroskop*.

Der hier verwendete Laserpointer erzeugt ein paralleles blaues (450nm) Strahlenbündel mit einem Durchmesser von ca. 3mm und befindet in einem speziellen UC2-Würfel. Diesen Strahl gilt es zunächst mit einem Strahlaufweiter (separater Würfel) auf den ca. dreifachen Durchmesser von etwa 10mm aufzuweiten, bevor eine sogenannte Zylinderlinse einen linienartigen Fokus formt. Hierzu verwenden wir eine plankonvexe Leiste aus Plexiglas, die

normalerweise das Bad verschönern soll. Der nun strichförmige Strahl ähnelt dem Profil eines Barcodescanners im Supermarkt und stellt schon das erste Lichtblatt dar. Ein in X/Y-kippbarer Spiegel sorgt für eine Justierung des Strahls, der von einem Objektiv in die Probe abgebildet wird **11**. Der Aufbau des klassischen Mikroskops aus dem vorherigen Abschnitt bleibt unverändert, wobei nun noch ein weiteres Modul dafür sorgt, dass das Objekt entlang der Detektionsebene bewegt und somit fokussiert werden kann **9**. Ein zusätzlicher Farbfilter (oranger Theaterfilter, siehe Links in Kurzinfor) vor der Kamera trennt das Fluoreszenzsignal vom Beleuchtungssignal, um das Hintergrundsignal zu unterdrücken. Der kritische Teil des Aufbaus ist nun das Übereinanderlegen der Beleuchtungs- und Detektionsebenen. Hierzu bieten wir sowohl ein Videotutorial als auch eine bebilderte Anleitung an.

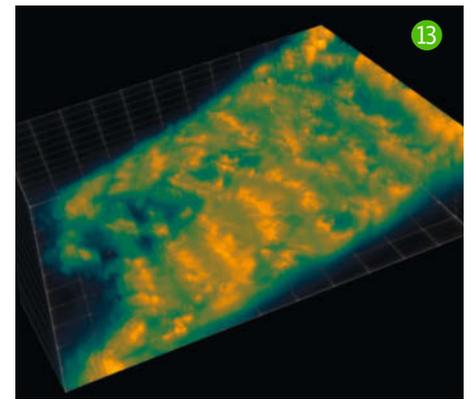
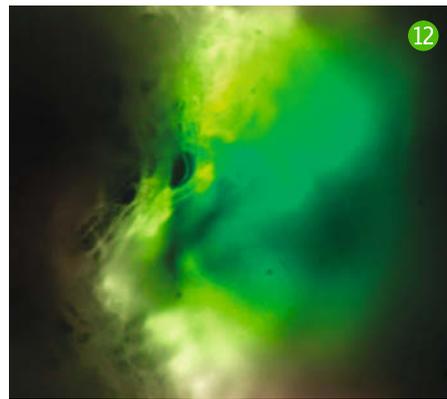
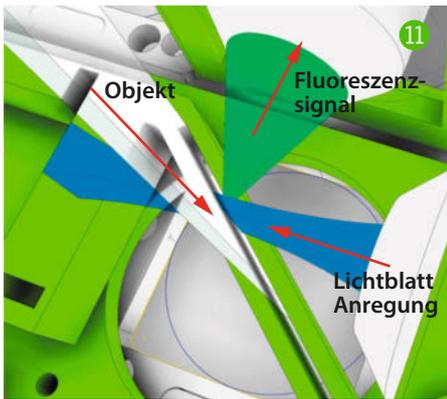
Als dreidimensionale fluoreszierende Proben können etwa Duschgels mit Mikroplastikkügelchen oder mit gelbem Fluoreszenzmarker bemaltes Papier dienen. Viele Pollen zeigen ebenfalls eine Fluoreszenz, besonders ist dabei das unter Artenschutz stehende Maiglöckchen hervorzuheben.

Legt man diese Proben unters Mikroskop, so zeigt sich beim Bewegen des Objekts durch den fixierten Fokus des Objektivs mithilfe des (motorisierten) Probentisches, wie der längliche Fokus der Lichtblattbeleuchtung einmal quer durch das Bild wandert. Während das Objekt kontinuierlich durch das Lichtblatt wandert, wird regelmäßig ein Bild **12** mit der Kamera aufgenommen. So entsteht eine Fokussreihe bzw. ein 3D Bildstapel (XYZ). Dieser lässt sich später am Rechner – z. B. mit der quelloffenen Software *Fiji* (Link siehe Kurzinfor) – zu einem dreidimensionalen Objekt zusammensetzen **13**. Dargestellt werden kann das Ergebnis auch in *Fiji* durch das Plugin *Clearvolume*.

So kam es zu UC2

Die Idee hinter UC2 entstand im Jahr 2017 am *Leibniz-Institut für Photonische Technologien* in Jena (*Leibniz-IPHT*), als unterschiedliche Forschungsgruppen immer wieder schnell umzusetzende Aufbauten für Optik-Experimente benötigten. Einen der ersten Einsatzzwecke gab es am Uniklinikum Jena, um lebende Makrophagen – die Fresszellen des Immunsystems – über einen längeren Zeitraum in einem Zellinkubator zu beobachten. Einen deutlichen Entwicklungssprung machte das UC2-System im Rahmen eines Hackathons mit der *Lichtwerkstatt*, einem auf Photonik spezialisierten Makerspace der Uni Jena. Seither arbeiten wir gemeinsam mit der Maker-Community an der Weiterentwicklung.

Während der Entwicklung wurde schnell das Potenzial für andere Einsatzbereiche



Schematischer Aufbau eines Lichtblatt-Mikroskops **11** und Ergebnisse eines klassischen Mikroskops **12** sowie der 3D-Rekonstruktion mittels *Clearvolume* **13**

deutlich, sodass wir das System auch im breiten Bildungskontext etablieren wollen. Dem Wunsch von Lehrkräften folgend haben wir zum Beispiel eine Box mit intuitivem Lehrmaterial entwickelt, von dem es mittlerweile mehrere Varianten gibt: *mini*, *simple*, *course* und *fullBOX*. Jede von ihnen ermöglicht projektorientiertes Arbeiten in den MINT-Fächern, ob in der Schule, der Universität oder in außerschulischen Bildungs-

einrichtungen. Durch passende Workshop-Angebote können Teilnehmende mit unterschiedlichen Vorkenntnissen lernen, Mikroskope nachzubauen und Grundlagenexperimente durchzuführen. Dabei wird das Physikwissen zum Thema Optik geschult, das technische Verständnis beim Konstruieren erweitert, die biologischen Fertigkeiten beim Anfertigen der Proben ausgebaut und das Know-how im Bereich Informatik durch

das Programmieren der Geräte entwickelt. Schülerinnen und Schüler aus Jena bauten beispielsweise mit den UC2-Boxen das vorgestellte Mikroskop so um, dass statt der Raspberry-Pi-Kamera die Verwendung einer Smartphone-Kamera möglich ist. Zusammen mit einer Fluoreszenzanregung und der passenden Färbung von Kunststoffproben konnten sie damit Mikroplastik in diversen Kosmetikproben nachweisen. —caw

WIR MACHEN KEINE WERBUNG. WIR MACHEN EUCH EIN ANGEBOT.

ct
ct.de/angebot

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

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

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

ct.de/angebot ☎ +49 541/80 009 120 ✉ leserservice@heise.de

Maker Festival
10. bis 11. September 2021

Tüfteln, selber machen und kreativ sein – darum geht es beim Maker Festival!

Trefft auf Maker*innen, diskutiert über die Schule der Zukunft und votet für euren Lieblingshack

Mit dabei:
Der Social Developers Club
The Real Life Guys
Christian Figge
Sandra Schön
... und viele mehr!

Make Your School
Eure Ideenwerkstatt

Livestream, Programm und weitere Infos:
www.makeyourschool.de/maker-festival

Türüberwachung mit LoRa

Sie suchen eine Möglichkeit, weit entfernte Türen und Tore netz-unabhängig zu überwachen? Sie möchten informiert werden, wenn die Tür zu einer bestimmten Zeit nicht den erwarteten Zustand hat? Dann könnte sie dieses kleine Projekt interessieren. Die Umsetzung wird am Beispiel eines Stalltür-Alarms gezeigt.

von Eike Müller



Bei meinen Schwiegereltern, die auf dem Lande leben, hat in diesem Jahr zweimal der Fuchs zugeschlagen und alle Hühner gerissen - weil vergessen wurde, die Hühner bei Einbruch der Dunkelheit in den etwa 100m entfernten Stall zu sperren. So kam ich auf die Idee, eine Art „Erinnere mich“ zu bauen. Dabei wird der Zustand der Hühnerstalltür an eine kleine Box im Wohnzimmer übertragen; wenn die Tür nicht bis spätestens eine halbe Stunde vor Sonnenuntergang geschlossen ist, erinnert sie daran, indem sie alle fünf Minuten eine kleine Melodie abspielt.

Abseits von Wohngebäuden hat man oft das Problem, dass kein Netzanschluss vorhanden ist. So ist es auch in der betreffenden Scheune. Die Lösung musste also netzunabhängig und stromsparend sein. Aufgrund der doch nicht unerheblichen Entfernung kam für mich hier nur eine Funklösung in Frage. Da zusätzlich noch mehrere Mauern zwischen Sender und Empfänger liegen, hatte ich die Idee, LoRa-Funk im Frequenzband von 433MHz für die Übertragung des Türzustandes zu verwenden. Ich bin mir sicher, dass meine Bastellei auch für ganz andere Überwachungsaufgaben taugt.

Zweigeteilt

Das System besteht aus zwei Komponenten: einer Erfassungseinheit zum Einlesen und Versenden des Türzustandes und einer Empfangseinheit zur Visualisierung und Verarbeitung

1. Die Erfassungseinheit liest den Zustand des Türkontaktes alle 10 Sekunden aus und überträgt diesen an die Empfangseinheit, daneben auch die aktuelle Temperatur und die Batteriespannung. Die zyklische (und nicht Event-basierte) Übertragung stellt sicher, dass durch Störungen verlorene Datenpakete kein Problem darstellen. Die Empfangseinheit visualisiert den Türzustand über zwei LEDs.

Nur wenn die grüne LED leuchtet, ist die Tür geschlossen. Leuchtet die rote LED, ist die

Kurzinfo

- » Sendemodul zur Türüberwachung aufbauen
- » Empfangsmodul zur Visualisierung der Türzustände
- » Konfiguration und Betrieb

Checkliste



Zeitaufwand:
10 bis 12 Stunden



Kosten:
100 bis 120 Euro



Löten:
Bestückung und Verdrahtung von Lochrasterplatinen

Material

- » STM32L031 Nucleo-32 Evaluation Board
- » 2 x AI-Thinker Modul2 Ra-02 mit SX1278
- » Reedschalter
- » 2 x Kunststoffgehäuse ggf. spritzwasserdicht
- » Batteriehalter für 2 AA-Zellen
- » ESP32-S WiFi Bluetooth Development Board mit 0,96" OLED
- » 2 x 433-MHz-Antennen mit Kabel
- » USB-Netzteil
- » Lochrasterplatinen und Kleinteile

Mehr zum Thema

- » Daniel Bachfeld, Funk für Maker, Make 14/16, S. 36
- » Tim Riemann, Daten übertragen mit LoRaWAN, Make 4/18, S. 46
- » Florian Schäffer, LoRaWAN Outdoor-Gateway, Make 3/19, S. 10

Werkzeug

- » Lötkolben und Lötzinn
- » Bohrmaschine/Akkuschrauber mit Bohrern 2,5 bis 3,5mm
- » Feile, Säge, Schleifpapier

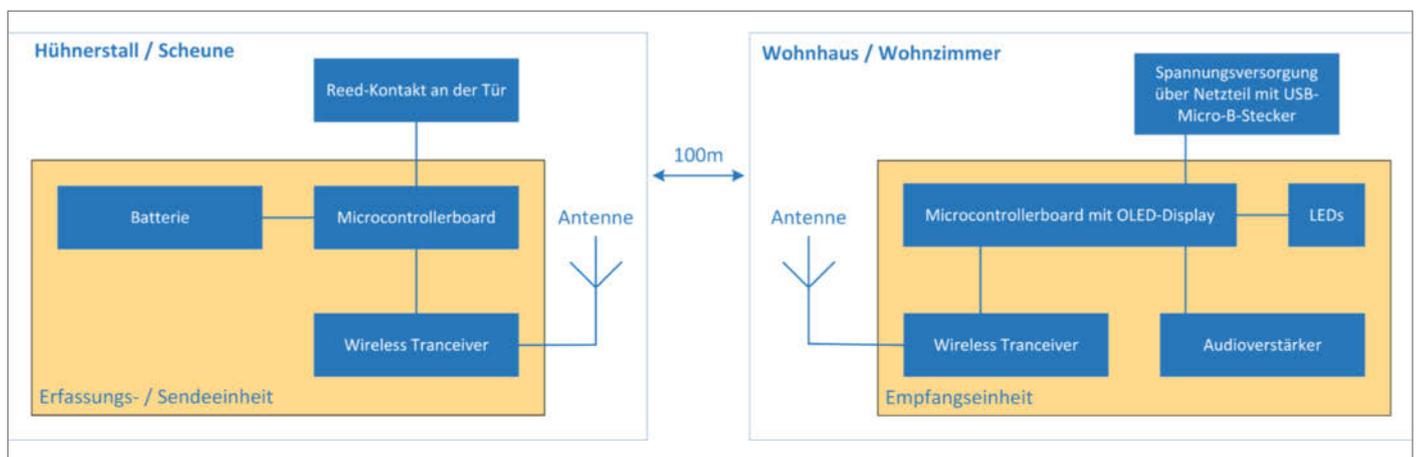
Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xd7q

Tür des Hühnerstalls entweder noch geöffnet oder der Funkkontakt zur Erfassungseinheit abgebrochen (mindestens 30 Sekunden wurde keine Nachricht von der Erfassungseinheit mehr empfangen). Neben den LEDs besitzt die Erfassungseinheit ein kleines OLED-Display, auf dem folgende Informationen zyklisch angezeigt werden:

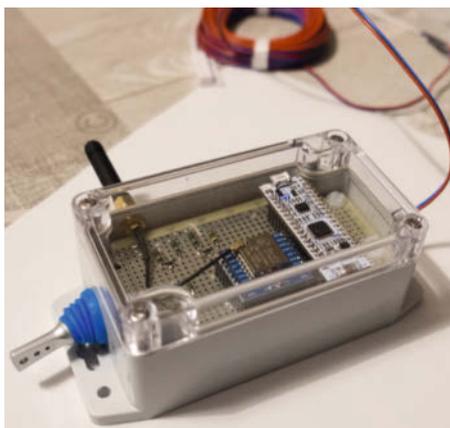
- Uhrzeit
- Sonnenaufgang

- Sonnenuntergang
- Batteriespannung des Senders
- Temperatur im Hühnerstall
- Alarm-Erklärung

In jeder Ansicht wird in der linken oberen Ecke der Füllstand der Sender-Batterie angezeigt. In der rechten oberen Ecke befindet sich die Anzeige der Signalstärke (RSSI-Wert) der letzten empfangenen Nachricht. Liegt eine halbe Stunde vor Sonnenuntergang eine Bedingung



1 Aufbau des Systems mit stromsparendem, batteriebetriebenen Sender (links) und Empfänger (rechts).



2 Batteriebetriebene Erfassungseinheit (Sender) zur Montage in Türnähe

für die rote LED vor, wird alle fünf Minuten das Lied „Fuchs Du hast die Gans gestohlen“ abgespielt. Dies geschieht solange, bis jemand die Tür schließt, längstens aber bis eine halbe Stunde nach Sonnenaufgang des nächsten Tages. Die Empfangseinheit ist so gestaltet, dass keine zusätzliche Bedienung erforderlich ist. Einfach Gerät in die Steckdose einstecken und nach maximal zehn Sekunden hat man den Status der Tür.

Stromsparend senden

Da die Erfassungseinheit (Sender) 2 von einer Batterie gespeist wird, dürfen die Komponenten in den Standby-Zeiten nur wenig Strom verbrauchen. Da lineare Spannungsregler und Step-Down-Konverter einen Ruhestrom von einigen mA aufweisen, habe ich Komponenten ausgewählt, die direkt an eine Batterie angeschlossen werden können und auch bis zur fast vollständigen Entladung der Batterie funktionieren. Die Versorgung der Erfassungseinheit erfolgt über zwei AA-

Batterien, deren Leerlaufspannung im vollen Zustand bei ca. 3,2V und im entladenen Zustand bei ca. 1,9V liegt.

Die Schaltung 3 besteht hauptsächlich aus einem Mikrocontroller und einem via SPI-Interface angeschlossenen Wireless-Transceiver SX1278. Dieser besitzt einen weiten Betriebsspannungsbereich von 1,8V bis 3,7V und im Sleep-Modus einen sehr niedrigen Stromverbrauch von 0,2µA. Die Steuerung der Erfassungseinheit erfolgt über einen Mikrocontroller STM32L031 mit einem Betriebsspannungsbereich von 1,65V bis 3,6V, so dass beide Komponenten ohne Probleme mit dem möglichen Batteriespannungsbereich zurechtkommen.

Der STM32L31 besitzt einen stromsparenden Cortex-M0+-Kern und verfügt über diverse Low-Power-Modes mit Stromaufnahmen weit unter 1µA. In diesen Modi werden verschiedene Komponenten des Mikrocontrollers abgeschaltet, um Strom zu sparen. Für unseren Zweck besonders interessant ist der STOP-Mode, in welchem nur noch ein Low-Power-Timer oder die RTC aktiv ist. Diese Komponenten können das System zyklisch aufwecken.

Da es sich nicht lohnt, für ein oder zwei Systeme eine Leiterplatte zu entflechten, wird hier auf im Handel erhältliche Breakout-Boards zurückgegriffen. Für den SX1278 wird ein Ra-02-Modul verwendet, welches zusätzlich eine IPEX-Buchse für den Antennenanschluss bereitstellt. Für den Mikrocontroller kommt das preisgünstige und kleine Eval-Board Nucleo L031K6 zum Einsatz; zusammen sind das etwa 15 Euro für die Hardware. Wer eine eigene Platine entwerfen möchte, findet in den Projektdaten (siehe Link im Kurzinfo-Kasten) auch eine Schaltung ohne Eval-Board.

Zur Erfassung des Türzustandes dient ein Reed-Kontakt, der im geschlossenen Zustand einen High-Pegel an Pin PA1 legt. Der Pull-

down-Widerstand wird über den Mikrocontroller konfiguriert. Er wird im Standby-Zustand softwaremäßig abgeschaltet.

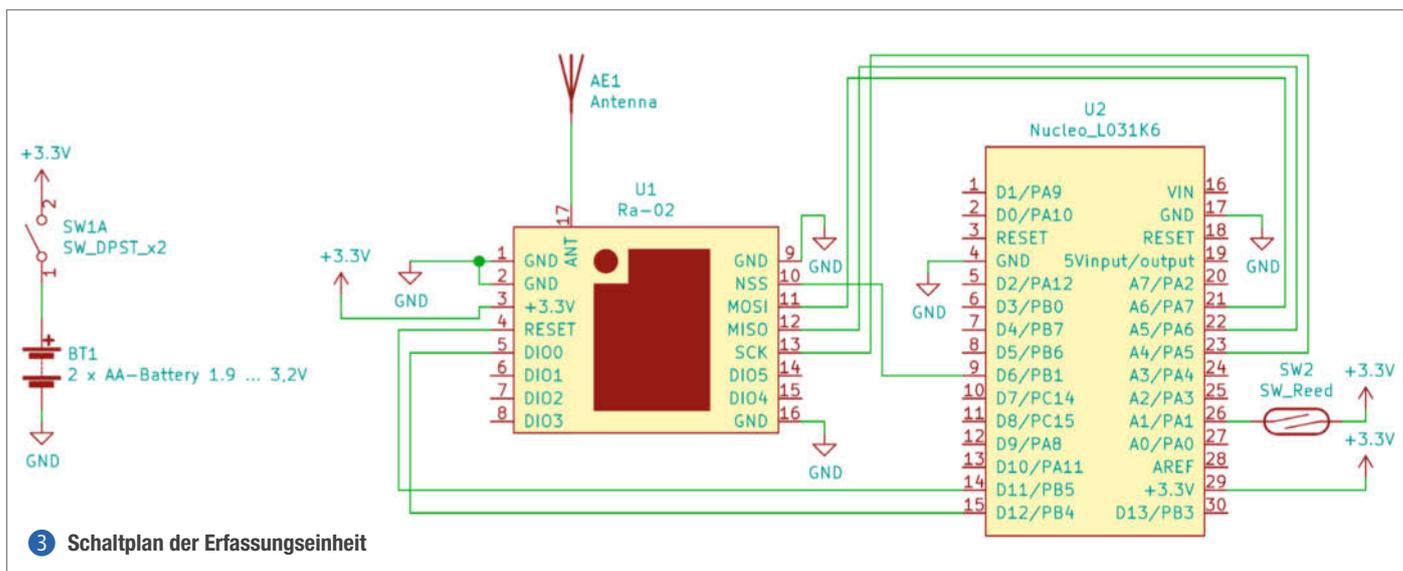
Wasserdicht

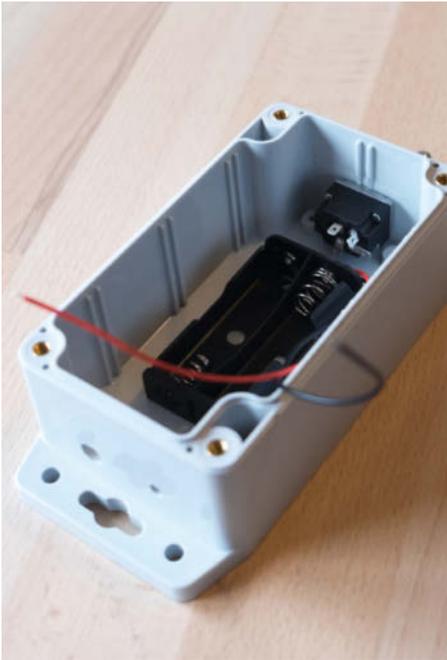
Da die Erfassungseinheit im Außenbereich arbeiten soll, ist es wichtig, dass das Gehäuse zumindest spritzwassergeschützt ist. Mein Gehäuse hat die Schutzklasse IP65 und ist damit sogar strahlwassergeschützt. Es besitzt zudem noch einen transparenten Deckel, so dass man sich separate Status-LEDs sparen kann. Der Aufbau des Gerätes erfolgt in zwei Ebenen. Am Gehäuseboden sitzt die Halterung für die beiden AA-Batterien, an den Kopfen der Ein-Aus-Schalter und die Durchführung für die Anschlüsse des Reed-Schalters 4.

Der Antennenanschluss sollte je nach Antennenbauart seitlich (abgewinkelte Antenne) oder oben (gerade Antenne) montiert werden. Zum Abdichten der Durchführungen eignet sich Silikon oder Zweikomponentenkleber, am besten mit einer kleinen Spritze oder einem Pinsel aufgetragen. Danach die Verschraubung für den Schalter und den SMA-Anschluss aufdrehen und aushärten lassen.

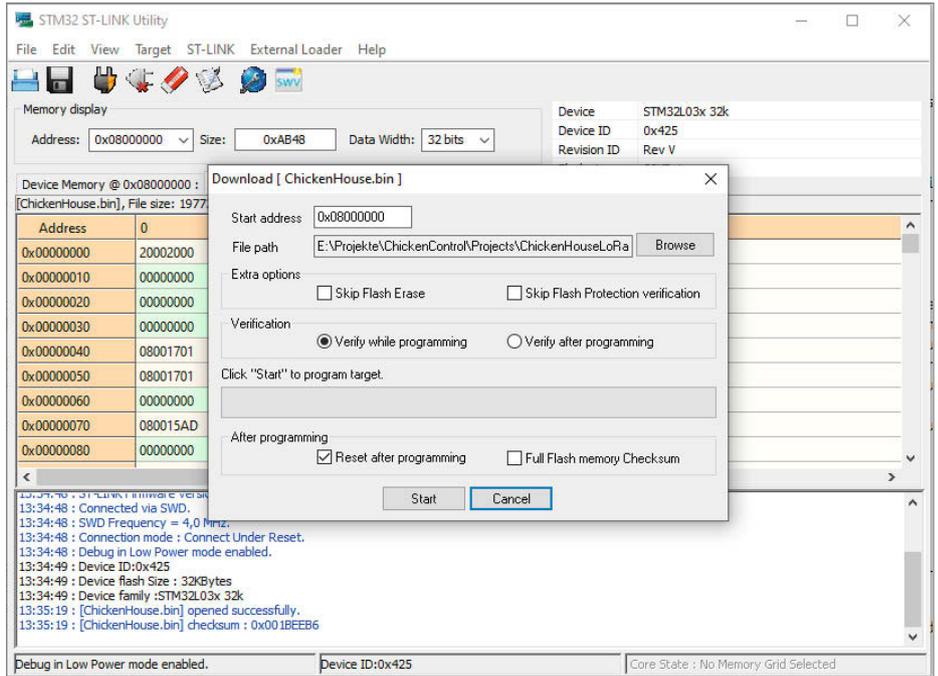
Die obere Ebene bildet die Lochrasterplatine mit den Modulen, die entsprechend der Innenmaße des Gehäuses bearbeitet werden muss. Die genaue Position kann aus dem Datenblatt des Gehäuses entnommen werden, das den Projektdaten beiliegt. Der Batteriehalter hat eine Höhe von rund 15mm, den Abstand der Lochrasterplatine von etwa 20 – 25mm wird über Distanzhülsen oder M3-Gewindebolzen erreicht.

Der Zwischenraum zum Gehäusedeckel lässt sogar den (empfehlenswerten) Einsatz von Buchsenleisten zu. Da die Schaltung vergleichsweise wenige Komponenten enthält, kann die Verdrahtung mit Lötackdraht einseitig auf der Unterseite erfolgen; Verdrahtung





4 In der unteren Ebene des Gehäuses findet der Batteriehalter Platz.



5 Programmieren des Nucleo-Boards mit dem STM32-Programmierool

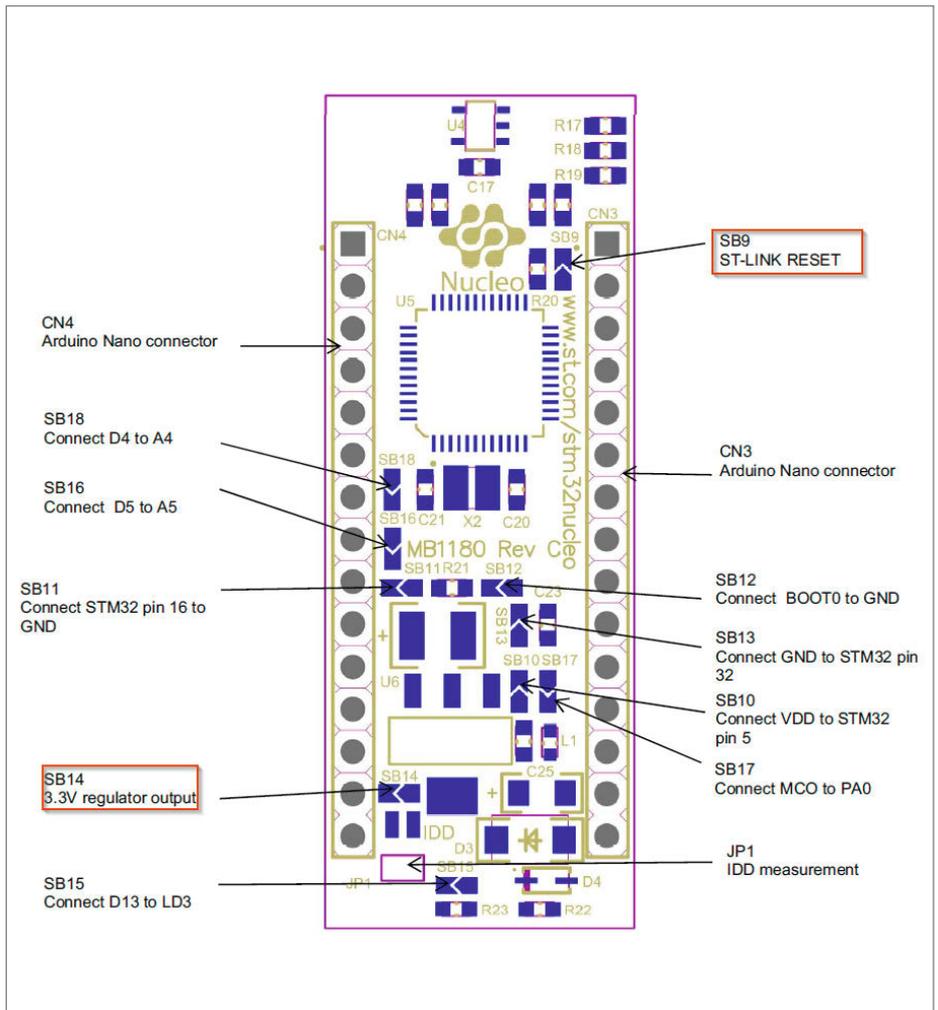
tungsvorschläge finden Sie in den Projektdaten. Die Batterie sollte erst nach der Programmierung angeschlossen werden.

Sender-Firmware

Die Firmware für die Erfassungseinheit benötigt keine weitere Konfiguration und muss nicht neu kompiliert werden. Sie finden eine fertige Binary in den Projektdaten, aber natürlich auch die zugehörigen Sourcen. Das Flashen der Firmware erfolgt über das Programm *STM32 ST-Link Utility*, welches kostenlos bei ST heruntergeladen werden kann.

Man muss dazu nur den PC per USB-Micro-B-Kabel mit dem Nucleo-Board verbinden. Zum Programmieren wird dann unter dem Menüpunkt *Target-Connect* die Verbindung zum Board hergestellt. Danach wählt man unter *Target Program & Verify* die zu programmierende Datei (siehe Projektdaten) aus. Alle anderen Parameter bleiben unverändert. Per Klick auf *Start* beginnt der Programmiervorgang 5. Danach kann die Schaltung vollständig getestet werden, auch wenn sie noch über den USB-Port des PC versorgt wird und nicht über die Batterie.

Nach dem Flashen der Firmware muss das Nucleo-Board für den Batteriebetrieb modifiziert werden. Auf der Unterseite der Platine befinden sich diverse Brücken in Form von Null-Ohm-Widerständen zur Board-Konfiguration 6. Für den Betrieb mit 3V müssen die Brücken SB9 und SB14 entfernt werden (rot markiert). Danach kann die Batterie an das System angeschlossen werden. Achtung: Eine Neuprogrammierung des Mikrocontrollers ist



6 Notwendige Jumper-Modifikation des Nucleo-Boards zum Batteriebetrieb mit 3V



7 Empfänger mit Display und Lautsprecher

danach nicht mehr möglich; soll das Programm geändert werden, müssen die Brücken wieder gesetzt werden.

Empfangeinheit

Das Herz der Empfangseinheit 7 bildet ein Mikrocontroller-Board mit einem ESP32-WROOM-Modul und einem 0,96"-OLED-Display, wie es bei AliExpress, eBay & Co. angeboten wird. Das ESP32-WROOM-32-Modul enthält neben dem ESP32-DualCore-Mikrocontroller auch noch 4MByte Flashspeicher und eine PCB-Antenne für WLAN und Bluetooth, die hier aber nicht benutzt wird. Als Wireless Transceiver kommt (wie auf der Senderseite) der SX1278 in einem Ra-02-Modul zum Einsatz, der über eine der (unbelegten) HSPI-Schnitt-

stellen des ESP32-Controllers angebunden ist (Pins 17 bis Pin 20 des ESP32-Boards).

Die I²C-Anschlüsse an den Pins 13 und 14 werden boardintern für den Anschluss des OLED-Displays benutzt. An den Pins 15 und 16 liegen die beiden LEDs. Der ESP32 verfügt über zwei Digital-Analog-Wandler (DAC), wovon einer hier für Audioausgaben genutzt wird. Am DAC-Ausgang P3 ist ein kleines Verstärkermodul mit Lautsprecher angeschlossen (Seeed Grove Speaker). Der 10:1-Spannungsteiler am DAC-Ausgang sorgt hier für die Pegelanpassung. Die Lautstärke kann man auf dem Verstärkermodul über ein Potentiometer einstellen. Das ESP32-Board besitzt praktischerweise einen von der USB-Buchse gespeisten 5V-Ausgang. Über diesen wird das Verstärkermodul mit Spannung versorgt.

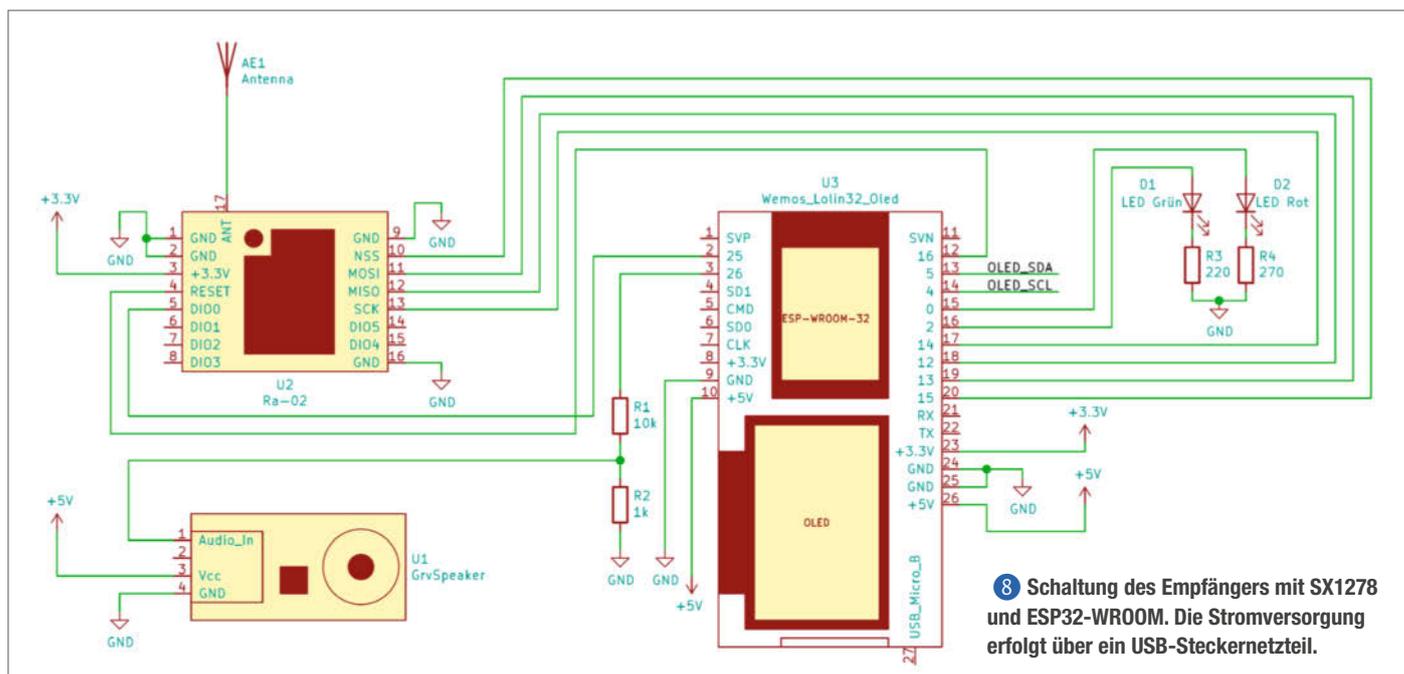
Schlicht und praktisch

Das Gehäuse der Empfangseinheit muss keine speziellen Anforderungen erfüllen, daher entschied ich mich für ein volltransparentes Kunststoffgehäuse. Als Träger für die Komponenten und natürlich für die Verdrahtung habe ich eine Lochrasterplatine mit 50mm x 80mm verwendet. Das Verstärkermodul wird mit M2,5-Schrauben befestigt (oder besser gesagt eingeklemmt). An dieser Stelle fragt man sich wieder einmal, warum die chinesischen Hersteller keine vernünftigen Befestigungsbohrungen bei ihren Platinchen vorsehen können.

Das ESP32-Board und die Platine für den SX1278 habe ich ähnlich wie bei der Erfassungseinheit auf Abstandshalter gesetzt. Zumindest für das ESP32-Board ist dies sehr zu empfehlen, da die Befestigung des Verstärkermoduls teilweise unter diesem Board sitzt. Außerdem kommt das Display dadurch etwas näher an den Gehäusedeckel und wird besser ablesbar. Die Verdrahtung der Schaltung 8 erfolgt auch hier wieder mit 0,15mm-Kupferlack- oder Fädeldraht 9.

Eines leider vorweg: Die Software muss vor dem Programmieren auf die Empfangseinheit zwingend konfiguriert und neu kompiliert werden, was etwas aufwendiger ist als bei der Erfassungseinheit. Zum Kompilieren der Software habe ich die Arduino-IDE Version 1.8.13 für Windows verwendet. Nach Installation der Arduino-IDE muss man zunächst die Unterstützung für das ESP32-Board ergänzen (siehe Link im Info-Kasten). Nach Abschluss der Installation findet sich im Menü *Werkzeuge/Board* der Eintrag *ESP Arduino*. Bitte hier *WEMOS LOLIN32* auswählen 10.

In den Projektdaten befindet sich das Projekt *ChickenControl*, die Software der Emp-



8 Schaltung des Empfängers mit SX1278 und ESP32-WROOM. Die Stromversorgung erfolgt über ein USB-Steckernetzteil.

fangseinheit. Damit die Software kompiliert werden kann, müssen noch die folgenden Bibliotheken über den Bibliotheksverwalter nachinstalliert werden:

- Dusk2Dawn (V1.0.1)
- ESP8266 and ESP32 OLED driver for SSD1306 displays (V4.1.0)
- Time (V1.5.0)

Nach Installation der Bibliotheken bleibt noch eine kleine Sache zu tun, denn *Dusk2Dawn.cpp* meldet beim Kompilieren einen Fehler. Um ihn zu beheben, muss man in dieser Datei bei den Methodendefinitionen von `min2str()` und `zeroPadTime()` das Schlüsselwort `static` entfernen.

Einstellungssache

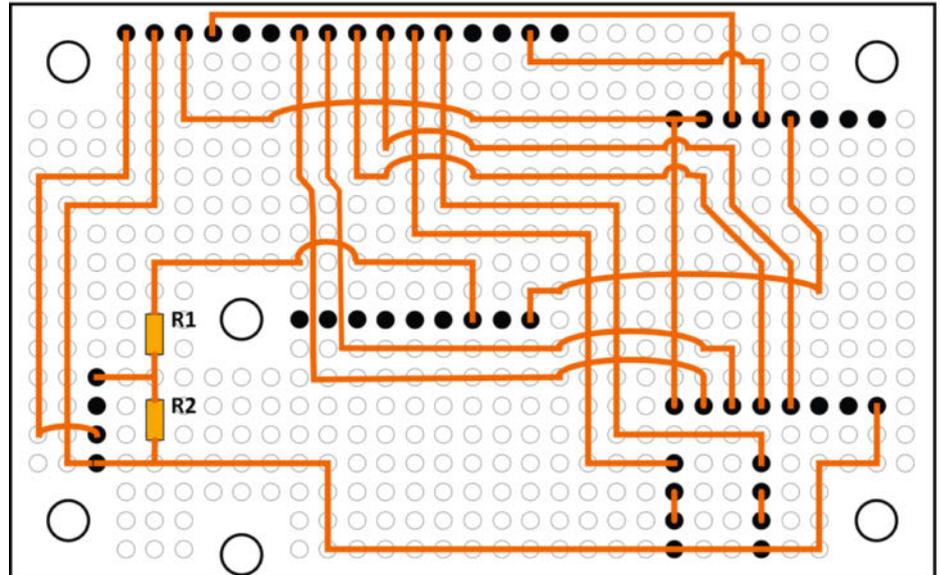
Zur Konfiguration des Programms öffnet man die Datei *ChickenControlConfig.h* im Root-Verzeichnis des Projektes. In dieser befinden sich verschiedene Definitionen. Mit `WLAN_SSID` und `WLAN_PW` legt man die SSID und das Passwort für das zu benutzende WLAN fest. Dieses wird dazu verwendet, um beim Programmstart einen Zeitserver abzufragen; danach wird das WLAN-Modul des ESP32 sofort wieder abgeschaltet. Weitere Parameter sind der Längen- und Breitengrad zur Berechnung von Sonnenaufgang und Sonnenuntergang sowie die Grenzen für die Berechnung des Batteriefüllstandes.

Zum Programmieren der Software verbindet man das ESP32-Board mit dem PC; dann das Menü *Sketch/Hochladen* aufrufen, das Programmierwerkzeug wartet dann auf eine Betätigung des Boot/Reset-Buttons am ESP32-Board. Anschließend sollten auf dem seriellen Monitor der Arduino-IDE Ausgaben vom Start des Programmes zu sehen sein 11.

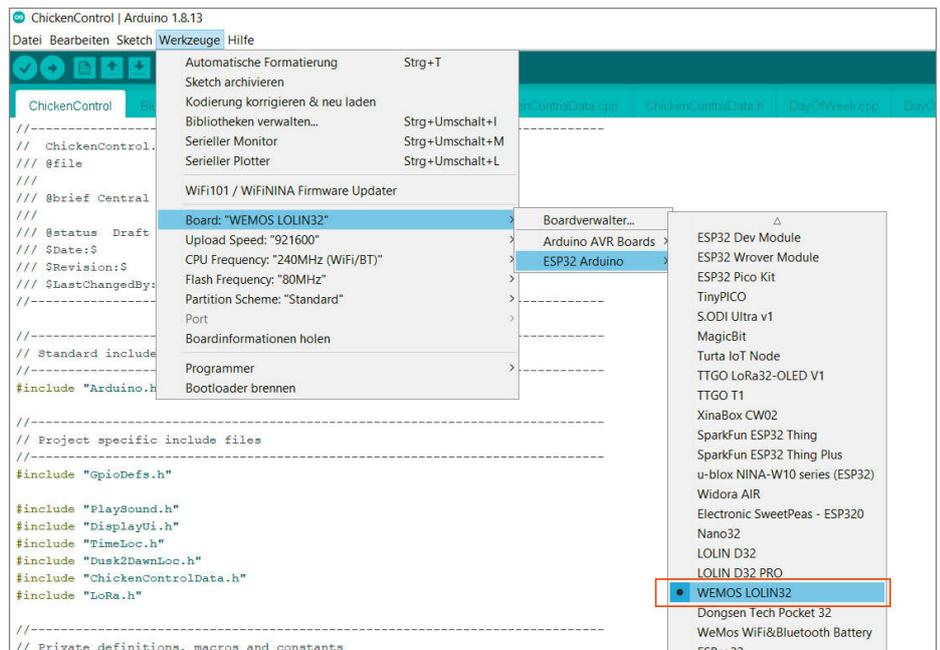
Erweiterungen

Mit der hier gezeigten Lösung lassen sich digital Zustände sowie aus Sensoren gewonnene Parameter über größere Entfernungen netzunabhängig übertragen. Die Batterielaufzeit des Senders kann je nach Konfiguration mehrere Jahre betragen. Die maximale Entfernung zwischen Sender und Empfänger ist natürlich abhängig von der eingestellten Sendeleistung, sie kann auf Kosten der Batterielebensdauer erhöht werden. Mit den hier gewählten Werten betrug die maximale Entfernung rund 200m.

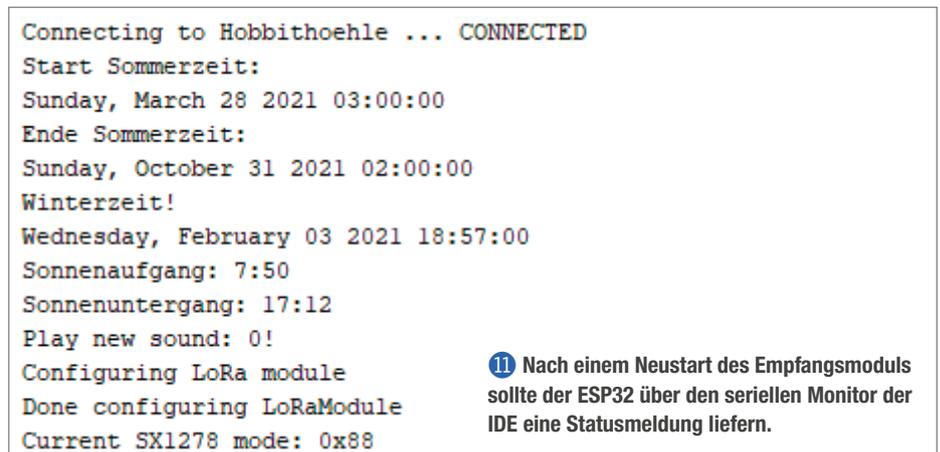
Um die Software der Empfangsbox nicht für jede Umgebung neu anpassen zu müssen, könnte man eine Konfigurationsmöglichkeit zur Laufzeit schaffen. Anbieten würde sich dazu die im ESP32 enthaltene BLE-Schnittstelle, die man über eine kleine Android-App ansprechen könnte. Und natürlich wäre es ebenso möglich, die bisher nur für den Time-Server genutzte WLAN-Verbindung für ein Web-Interface zu nutzen. —cm



9 Verdrahtungsvorschlag für die Empfängereinheit, von der Lötseite gesehen



10 Auswahl des nachträglich installierten ESP-Boards in der Arduino-IDE

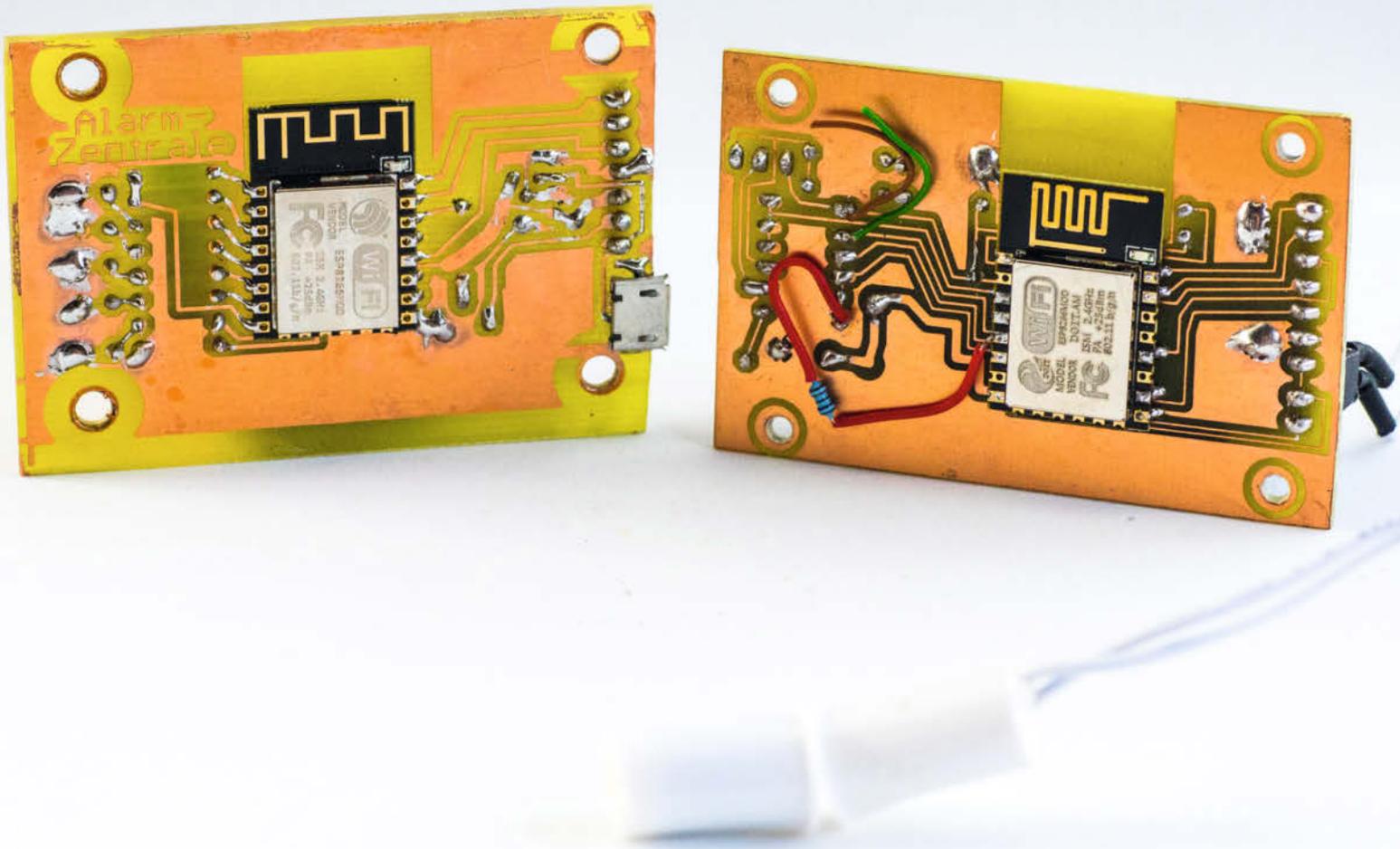


11 Nach einem Neustart des Empfangsmoduls sollte der ESP32 über den seriellen Monitor der IDE eine Statusmeldung liefern.

WLAN-Alarmkontakt mit Batteriebetrieb

Heißt es nicht immer, WLAN und Batterie seien zwei Welten, die wegen des hohen Stromverbrauchs nicht sinnvoll zusammen passen? In diesem Artikel zeigen wir auf, dass dies sehr wohl geht. Und zwar mit einer Schaltung, die noch stromsparender als die Sleep-Modi moderner ESP-Mikrocontroller ist.

von Uwe Rohne



Unsere Alarmmelderschaltung reagiert auf äußere Ereignisse: Sie registriert sowohl das Öffnen eines Fensterkontakts oder eines Tasters als auch das Schließen. In beiden Fällen sendet sie auf Wunsch per MQTT ein Datenpaket, das sich mit eigenen Anwendungen auswerten lässt. Eine optionale, vom PC unabhängige Alarmzentrale visualisiert die eingehenden Signale unterschiedlicher Alarmsender per LED ①.

Die Hardware-Umsetzung der Alarmschaltung beruht auf drei Komponenten:

- einer Lithium-Batterie vom Typ CR123A mit 3V und einer Kapazität von 1,6 Ah
- einem Analogteil
- einem ESP8266-12E/F

Beim ESP8266 nutzen wir den Pin *CH_PD* (Chip power-down), um massiv Strom zu sparen. Im normalen Betrieb ist der Pin HIGH, zieht man ihn auf 0V (LOW), so schaltet sich der ESP ab und verbraucht nur noch wenige Mikroampere. Die analoge Elektronik und der Mikrocontroller werden durch eine einfache Software gesteuert. Die Software ist zudem für die WLAN-Verbindung und die MQTT-Kommunikation zuständig.

Damit der ESP8266 aus seinem erzwungenen Standby-Mode aufwacht, muss am Pin *CH_PD* des hier verwendeten ESP-12F-Moduls (bzw. Pin *CHIP_EN* des internen Prozessors) ein HIGH-Signal anliegen. Dies lässt sich in unserer Schaltung über drei Wege erreichen:

1. Über den Pfostenstecker setzt man das Signal auf HIGH, was beim Aufspielen neuer Software notwendig ist.
2. Der GPIO14 des Moduls kann das Signal auf HIGH setzen, jedoch nur, wenn der Prozessor bereits läuft.
3. Ein externes Signal erzeugt über die analoge Elektronik ein HIGH.

Alle drei Signale werden über jeweils eine Diode an den Pin *CH_PD* geführt. Da dies einer logischen ODER-Schaltung entspricht, nennt man dies *Wired OR*.

Wenn mindestens eines der drei Signale auf HIGH ist, liegt folglich auch an *CH_PD* HIGH an und der Prozessor läuft. Die analoge Schaltung ② arbeitet folgendermaßen: Bei einem für längere Zeit geöffneten Kontakt liegt am Kollektor des Transistors Q1 nur ein schwaches GND-Signal über R6 an, da der Emitter von Q1 quasi in der Luft hängt. Dies ändert sich beim Schließen des Kontaktes. Kondensator C4 ist anfangs leer und wirkt zunächst wie ein Kurzschluss ③. Daher kann das Pluspotential über den Kontakt, D7, R4, C4 und D8 den Pin *CH_PD* des ESP-Moduls erreichen und der Prozessor startet ④.

Die startende Software schaltet als erste Aktion den Pin GPIO14 als Ausgang und auf HIGH-Potential. Von jetzt an hat es die Software also selbst unter Kontrolle, ob der Prozessor weiterläuft, also auch dann, wenn der Kondensator C4 nach rund 200 Millisekunden

Kurzinfo

- » Powerdown-Pin des ESP8266 zum Stromsparen nutzen
- » Analog-Elektronik weckt ESP8266 auf
- » Alarmzentrale zeigt Status der Alarmmelder an

Checkliste



Zeitaufwand:
2 Stunden



Kosten:
40 Euro

Material

- » Materialliste siehe Link

Werkzeug

- » Lötkolben optional
- » Bohrer

Mehr zum Thema

- » Kostenlos online: Thomas Euler, Krabbelroboter sendet Telemetrie, Make-Sonderheft Robotik 2019, S. 112
- » Kostenlos online: Uwe Rohne, Smarter Dimmer fürs DIY-IoT, Make 1/20, S. 56
- » Luca Zimmermann und Helga Hansen, ESP-Boards mit der Arduino-IDE programmieren, Online

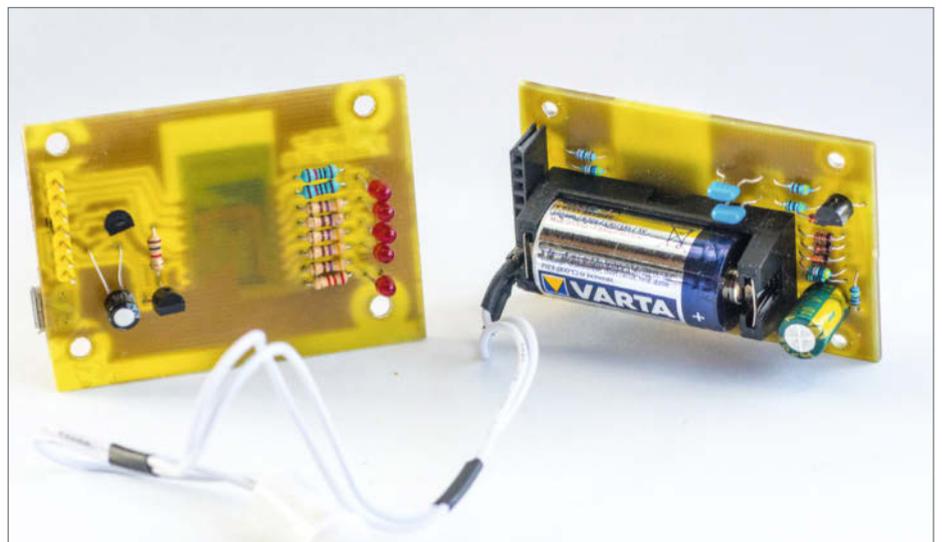
Alles zum Artikel
im Web unter
make-magazin.de/xpf2

aufgeladen ist und somit das HIGH-Potential gemäß der Ladekurve des Kondensators C4 weggefallen ist.

Das erste Ziel ist erreicht: Unser Prozessor läuft und wird in den nächsten (Milli-) Sekunden seinen Job machen, bevor er sich dann selber abschaltet, indem die Software den Ausgang GPIO14 auf LOW setzt. Der Widerstand R3 verhindert, dass Q1 dauerhaft durchschaltet. Somit bleibt das HIGH-Potential nur für eine kurze Zeit (ca. 200ms, bis C4 aufgeladen ist). Ganz nebenbei hat sich auch der Kondensator C5 (über R5) aufgeladen. Solange der Kontakt geschlossen ist, ändert sich dies nicht.

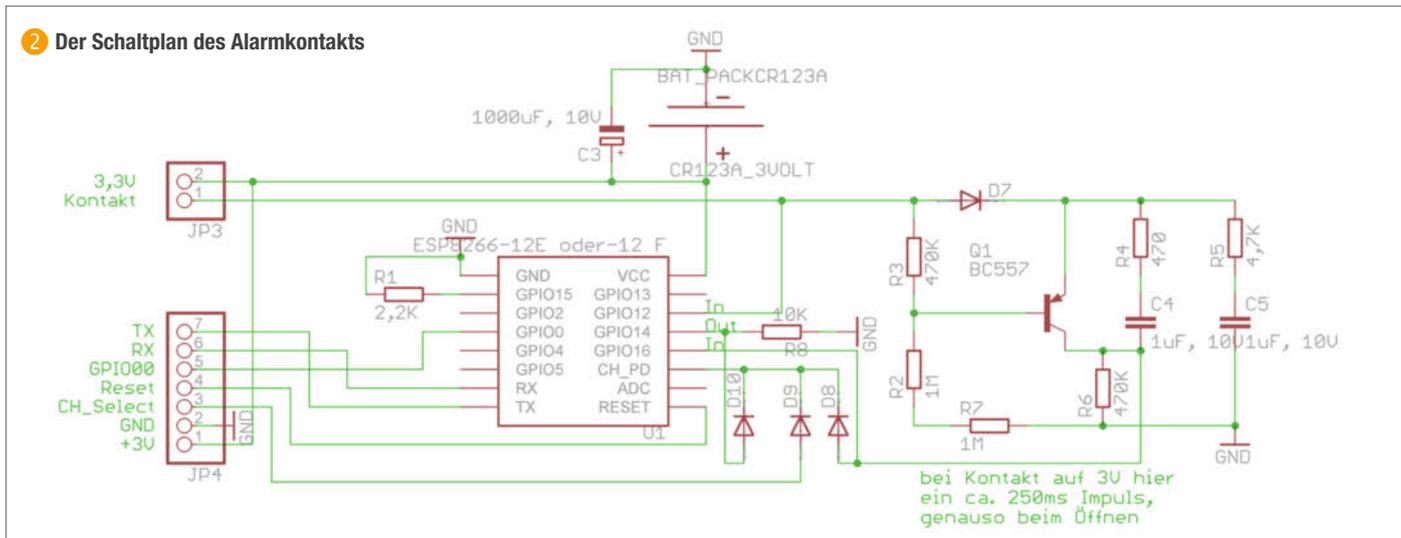
Jetzt öffnen wir den Kontakt. Der voll aufgeladene Kondensator C5 wirkt im ersten Moment wie eine Batterie ⑤. Die Diode D7 ist jetzt allerdings in Sperrrichtung, sodass Q1 leitend wird und zum einen die RC-Kombination R4-C4 kurzschließt und somit C4 entlädt und zum anderen das Pluspotential von C5 über R5, Emitter-Kollektor von Q1 und D8 zum *CH_PD* des ESP geleitet wird und diesen einschaltet.

Über den Pin GPIO12 wird übrigens abgefragt, ob der Kontakt offen oder geschlossen ist, somit lässt sich quasi die Ursache des Statuswechsels feststellen. Über den als Eingang



① Alarmzentrale und -kontakt

2 Der Schaltplan des Alarmkontakts



bei Kontakt auf 3V hier ein ca. 250ms Impuls, genauso beim Öffnen

geschalteten GPIO16 kann per Software zudem abgefragt werden, wie lange das HIGH-Potential vom Analogteil anliegt.

Im Ruhezustand verbraucht die Schaltung lediglich 3,5µA Strom (egal, ob der Kontakt offen oder geschlossen ist). Bei einer Kapazität der Batterie von 1,6Ah kommt man auf eine rechnerische Laufzeit von weit mehr als 20 Jahren. Wenn der Prozessor läuft, werden allerdings im Mittel rund 100mA Strom benötigt. Ziel ist es also, die aktive Phase zeitlich so kurz wie möglich zu halten.

Aufbau

Die Schaltungen lassen sich anhand der Schaltpläne auf Breadboards aufbauen oder auf Lochrasterplatinen fest zusammenlöten. Alternativ haben wir Platinen-Layouts erstellt.

Diese finden Sie zum Download, wie übrigens auch die Software und weitere Informationen, im Link unter der Kurzinfor.

Das ESP-Modul wird auf die Platinen wie ein SMD-Bauelement aufgelötet (6). Damit zwischen den Leiterbahnen der Platine und dem Modul nicht nur die Lackschicht des ESP8266 trennt, ist vor dem Festlöten ein kleines Stück Isolierband auf die Unterseite des ESP8266-Moduls zu kleben.

Bei Nutzung als Alarmkontakt kann in das empfohlene Gehäuse an geeigneter Stelle ein Loch für den Reedkontakt gebohrt werden (7). Das Gehäuse kann dann beispielsweise mit Klettband am jeweiligen Objekt (Fenster- oder Türrahmen) befestigt werden. Das Gegenstück des Reedkontaktes, der Dauermagnet, wird im Fensterflügel in ein Sackloch gesteckt und mit etwas Silikon festgeklebt.

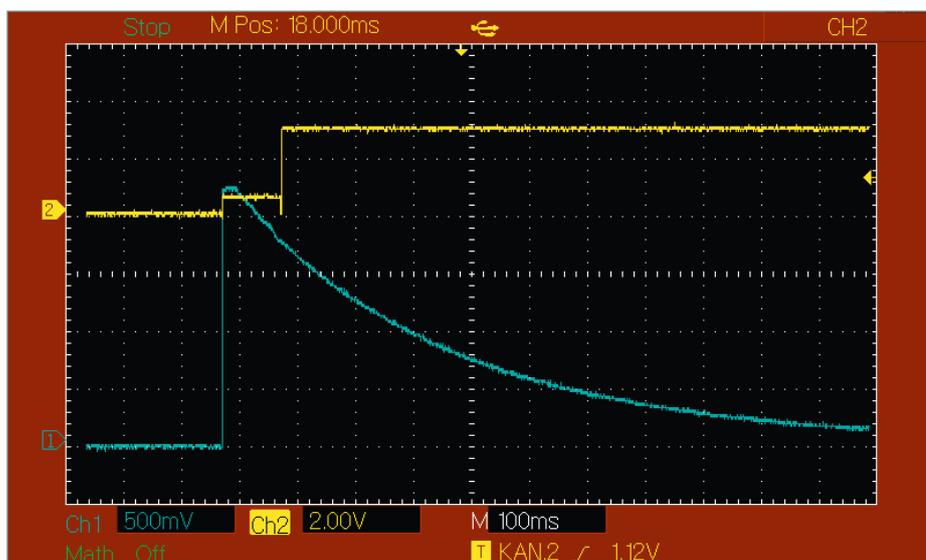
Software

Die Software ist bewusst sehr einfach und damit übersichtlich gehalten worden. Wir haben auf eine softwarebasierte Parametrierung zur Laufzeit verzichtet. Dies bedeutet, dass der Name des WLANs, das Passwort und die laufende Nummer des Kontaktes am Anfang des Sourcecodes mit #define-Anweisungen festgelegt werden und sich nicht über eine Weboberfläche ändern lassen.

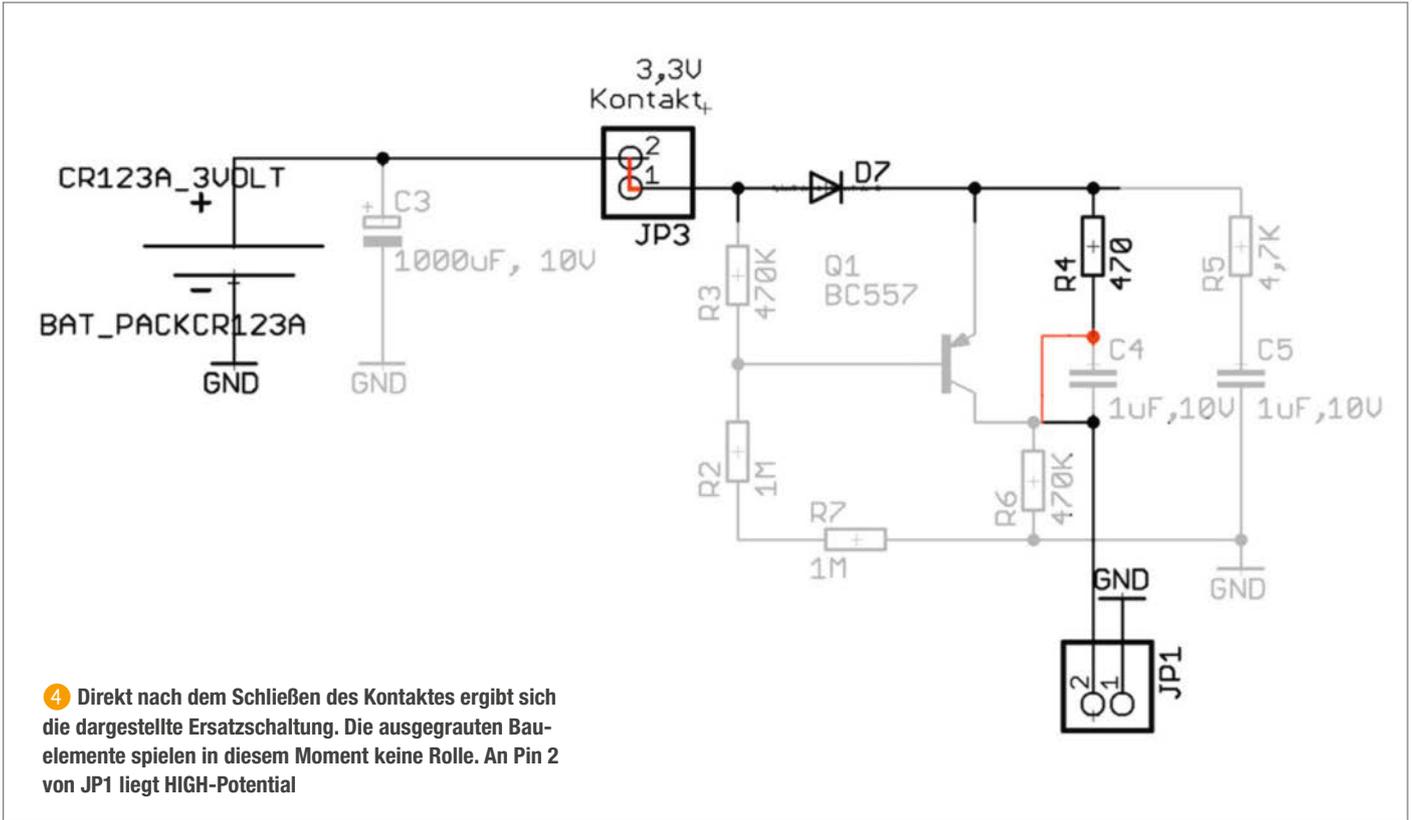
Zudem müssen Sie die IP-Adresse des heimischen MQTT-Broker anpassen, an den später die Daten gesendet werden sollen. Das Kompilieren der Software mit Hilfe der Arduino-IDE und der entsprechenden ESP8266-Erweiterung haben wir in Online-Artikeln beschrieben, die Sie unter den Links finden. Wie man einen MQTT-Broker installiert und nutzt, haben wir in den Artikeln *Smarter Dimmer fürs DIY-IoT* in Make 1/20, S. 56 sowie *Krabbelroboter sendet Telemetrie* im Make-Sonderheft Robotik 2019, S. 112 beschrieben (Links siehe Kurzinfor). Über die Bibliotheksverwaltung der Arduino-IDE müssen Sie zudem die Bibliothek *PubSubClient* (by Nick O'Leary) installieren.

Zum Programmieren schließen Sie an die Pfostenleiste der Platinen (oder die zu Ihrem Aufbau passenden Anschlüsse) einen USB2-Serial-Adapter an: GND an GND, 3V an 3V3, TX an RX und RX an TX. Um das ESP-Modul in den Programmiermodus zu versetzen, muss der Pin GPIO0 zudem an GND (0V) angeschlossen sein.

Nun können sie das fertig übersetzte Programm auf das Modul hochladen. Anschließend trennen Sie GPIO0 von GND wieder und starten neu. Sobald sich ein angeschlossener Kontakt öffnet oder schließt, wacht das Modul auf und baut eine WLAN-Verbindung auf. Anschließend liest es die Anzahl der bisherigen Öffnungen und Schließungen aus seinem internen EEPROM, erhöht den jeweiligen Wert



3 Die Spannungsverläufe in der Elektronik: Die blaue Kurve stellt die Spannung am Kollektor des Transistors dar, die gelbe Kurve ist die Spannung am Pin GPIO14.

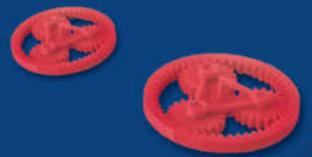


ab 25,99 €
Print | E-Book | Bundle
ISBN 978-3-86490-752-4



ab 29,99 €
Print | E-Book | Bundle
ISBN 978-3-86490-545-2

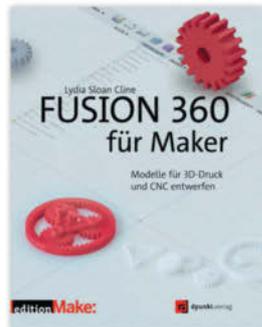
Für Heimwerker
und Bastler



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



ab 27,99 € · Print | E-Book | Bundle
ISBN 978-3-86490-800-2

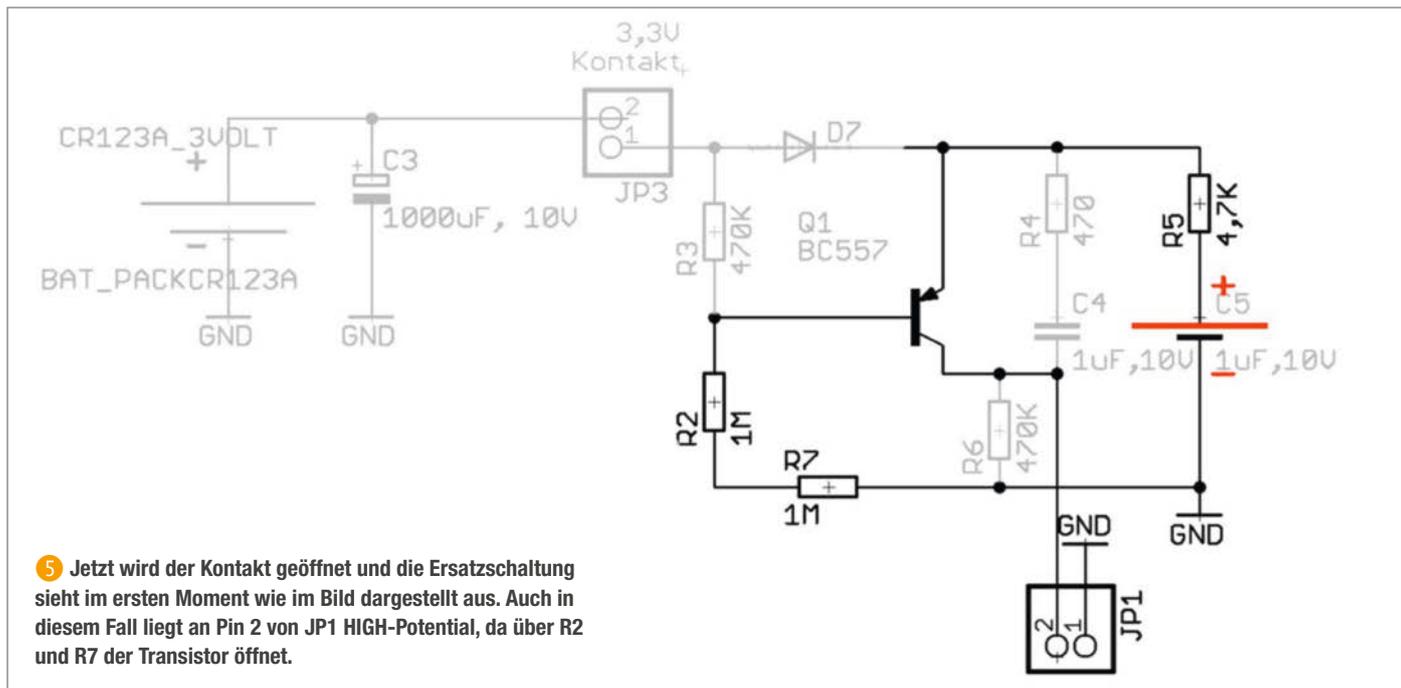


ab 25,99 € · Print | E-Book | Bundle
ISBN 978-3-86490-621-3



ab 27,99 € · Print | E-Book | Bundle
ISBN 978-3-86490-640-4

dpunkt.verlag
www.dpunkt.de



5 Jetzt wird der Kontakt geöffnet und die Ersatzschaltung sieht im ersten Moment wie im Bild dargestellt aus. Auch in diesem Fall liegt an Pin 2 von JP1 HIGH-Potential, da über R2 und R7 der Transistor öffnet.

um 1 und speichert beide Werte wieder im EEPROM. Auf dieser Weise bleiben auch Werte über das Ausschalten hinweg erhalten. Die Daten sendet das Programm zusammen mit der aktuellen Betriebsspannung an den MQTT-Server. Dann schaltet sich das Modul per Deep-Sleep-Befehl wieder aus.

Die per MQTT übertragenen Daten lassen sich mit einem MQTT-Client wie *MQTT.fx* oder dem Terminal-Client *Mosquitto* anzeigen 8.

Alarmzentrale

Auch für die Zentrale verwenden wir ein ESP-12-Modul mit ESP8266 9. Die Strom-

versorgung erfolgt über ein USB-Netzteil mit dahinter geschaltetem Spannungsregler HT7833.

Des Weiteren haben wir einen Einschaltkontakt, der auf GPIO0 liegt, eine Status-LED auf GPIO4 und einen Alarmausgang, der über einen Widerstand auf der Basis eines Open-Collector-Transistors hängt. Hier kann direkt ein geeigneter Piezo-Alarmgeber oder ein 5-Volt-Relais angeschlossen werden. Sollte der Piezo-Summer nicht mit Gleichstrom funktionieren, sondern einen Wechselstrom benötigen, kann die gewünschte Resonanzfrequenz (dann ist der Piezo am lautesten) in der Software eingestellt werden. Der zweite Anschluss

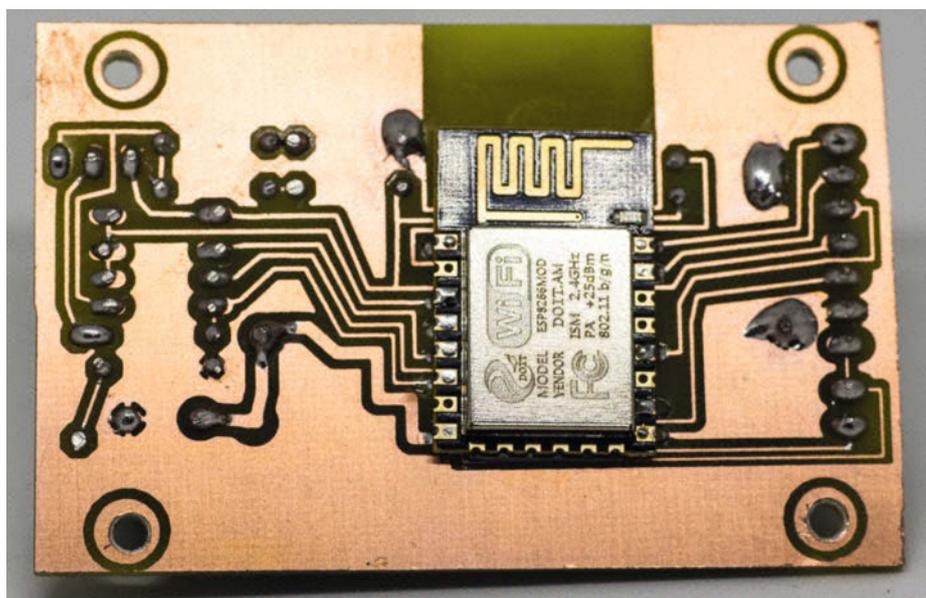
des Piezos/Relais erfolgt dann an den 5-Volt-Anschluss.

Um den Status der Alarmkontakte zu sehen, gibt es weitere vier LEDs. Diese zeigen jeweils den geöffneten Kontakt mit der kleinsten Nummer an. Nach dem Schließen des Kontaktes wird der nächst höhere, offene Kontakt angezeigt, bis alle Kontakte geschlossen sind. Bild 10 zeigt die vier LEDs mit der Zuordnung zum Alarmkontakt.

Blinken die Alarmkontakt-LEDs, liegt die Betriebsspannung des angezeigten Alarmkontaktes unter 2,8 Volt und die Batterie muss getauscht werden. Bei ausgeschalteter Alarmanlage leuchtet keine LED. Nach Drücken der Einschalttaste blinkt die Status-LED langsam für eine in der Software einstellbare Zeit.

Eventuell offene Alarmkontakte werden gemäß Bild 10 angezeigt. Nach Ablauf des Timers zeigt die Status-LED ein Dauerlicht. Die Anlage ist nun scharf. Wird ein Alarm ausgelöst, also ein Kontakt geöffnet oder geschlossen, schaltet der Open-Collector-Ausgang durch und ein dort angeschlossener Piezo-Summer ertönt. Die Alarmzeit ist, wie die zuvor beschriebene Verzögerungszeit, einstellbar. Bei Alarm blinkt die Status-LED ungleichmäßig und der auslösende Alarmkreis wird angezeigt. Um die Alarmanlage auszuschalten, wird die Taste ein weiteres Mal gedrückt. Die Status-LED erlischt.

Um beim Ausschalten keinen Alarm auszulösen, können ausgewählte Alarmkreise auf eine Verzögerung eingestellt werden, so dass beim Ausschalten innerhalb der Verzögerungszeit kein Alarm ausgelöst wird. Das Listing *Parameter Alarmzentrale* zeigt alle konfigurierbaren Parameter in der Software der Alarmzentrale an. Beim Zusammenlöten emp-



6 Die Platine des Alarmkontakts von unten

fehlen wir nur wirklich löterfährenen Makern die Bestückung des Micro-USB Kontaktes **11**. Eine Stromzufuhr ist ja auch über den Pfostenstecker möglich.

Batterien

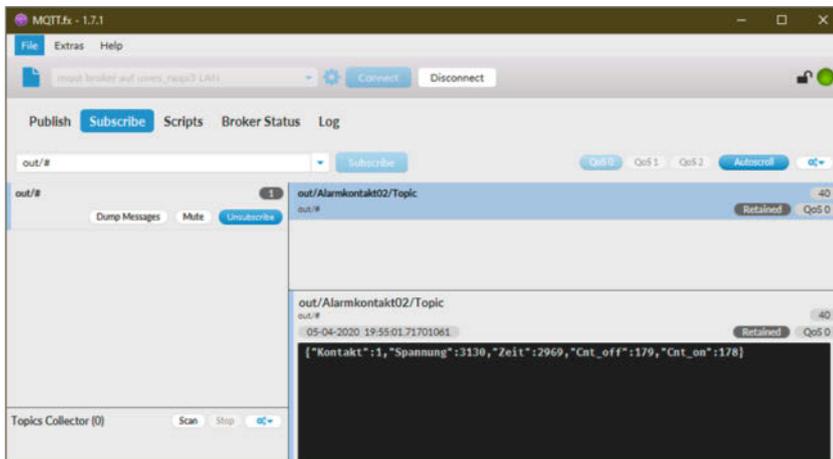
Die Lithiumbatterie CR123A hat gegenüber zwei in Reihe geschalteten AA-Batterien mehrere Vorteile: Sie ist sehr kompakt und sie hat für ihre Größe eine sehr hohe Kapazität. Am wichtigsten für unseren Einsatz ist jedoch ihr sehr kleiner Innenwiderstand R_i . Dieser bleibt auch bis zur fast vollständigen Entladung im Unterschied zu AA-Batterien konstant sehr klein, so dass der ESP über den gesamten Lebenszyklus der Batterie sicher startet.

AA-Zellen würden schon bei der Hälfte Ihrer Kapazität schlapp machen. Eine andere Möglichkeit der Spannungsversorgung wäre eine wiederaufladbare Lithiumzelle. Diese hat allerdings voll aufgeladen eine Spannung von 4,2 Volt, welches einen Spannungsregler erfordert. Dieser allein benötigt beim sehr sparsamen HT7833 zusätzlich 6 Mikroampere Dauerstrom. Hinzu kommt die größere Bauform des wiederaufladbaren Lithiumakkus.

—dab



7 Die Platine im empfohlenen Gehäuse



Parameter Alarmzentrale

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <ArduinoJson.h>
#define TASTER 0
#define PIEZO 5
#define LED_STATUS 4
#define ALARMDAUER 120000
#define VERZOEGERUNG 15000
#define MINDESTSPANNUNG 2800
#define FREQ_PIEZO 2000
#define EINSCHALTVERZOEGERUNG 180000
const char* ssid = "xxxxxxxxx";
const char* password = "xxxxxxxxxxxx";
const char* mqtt_server = "192.168.178.42"
```

8 Mit dem MQTT-Client MQTT.fx lassen sich die verschickten Pakete überwachen.

neu. innovativ. professionell.

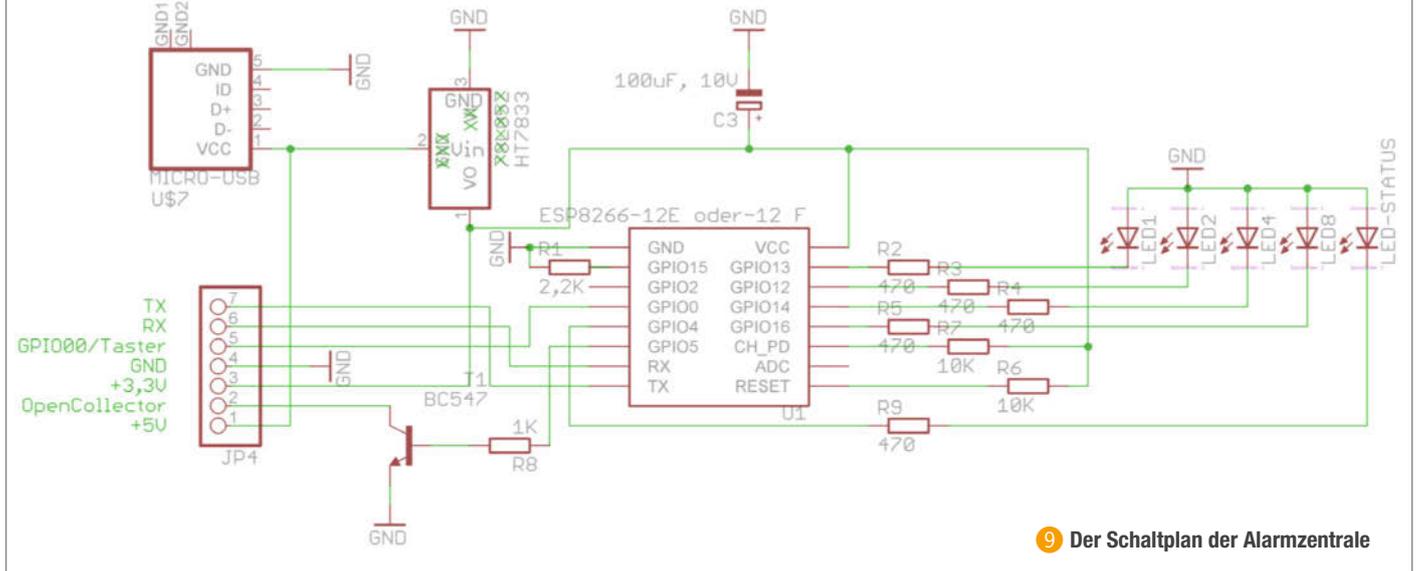
Mobile CNC-Fräse SMARTBENCH

- ✓ Vielseitiges Multitool für Fräsen, Schneiden, Plotten und Zeichnen
- ✓ Großformatige Bearbeitung bis 2500 x 1250 mm
- ✓ Intuitive Bedienung über Touch-Pad
- ✓ Kreuzlinienlaser für X/Y-Nullpunkt
- ✓ **NEU:** CNC Stylus für Schleppmesser, Filzstifte und mehr...

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

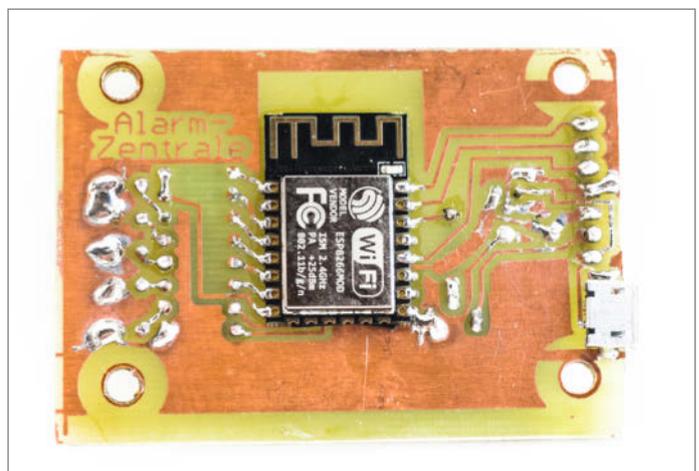
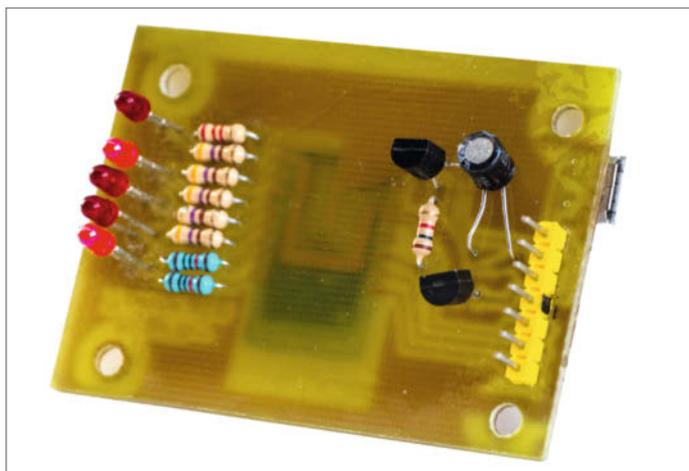
Alarmzentrale

06.04.2020



LED-Nr	alle Kontakte geschlossen	Alarmkontakt01	Alarmkontakt02	Alarmkontakt03	Alarmkontakt04	Alarmkontakt05	Alarmkontakt06	Alarmkontakt07	Alarmkontakt08	Alarmkontakt09	Alarmkontakt10	Alarmkontakt11	Alarmkontakt12	Alarmkontakt13	Alarmkontakt14	Alarmkontakt15
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
4	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

10 Zuordnung der LEDs zum Alarmkontakt. Tipp: einfach die Nummern der aktiven LEDs addieren = Nummer des Alarmkontaktes



11 Die fertige Alarmzentrale (Vorder- und Rückseite), kaum größer als eine Streichholzschachtel. Hier wird beispielhaft Alarmkreis neun als offen angezeigt.



ALLES AUF ANFANG

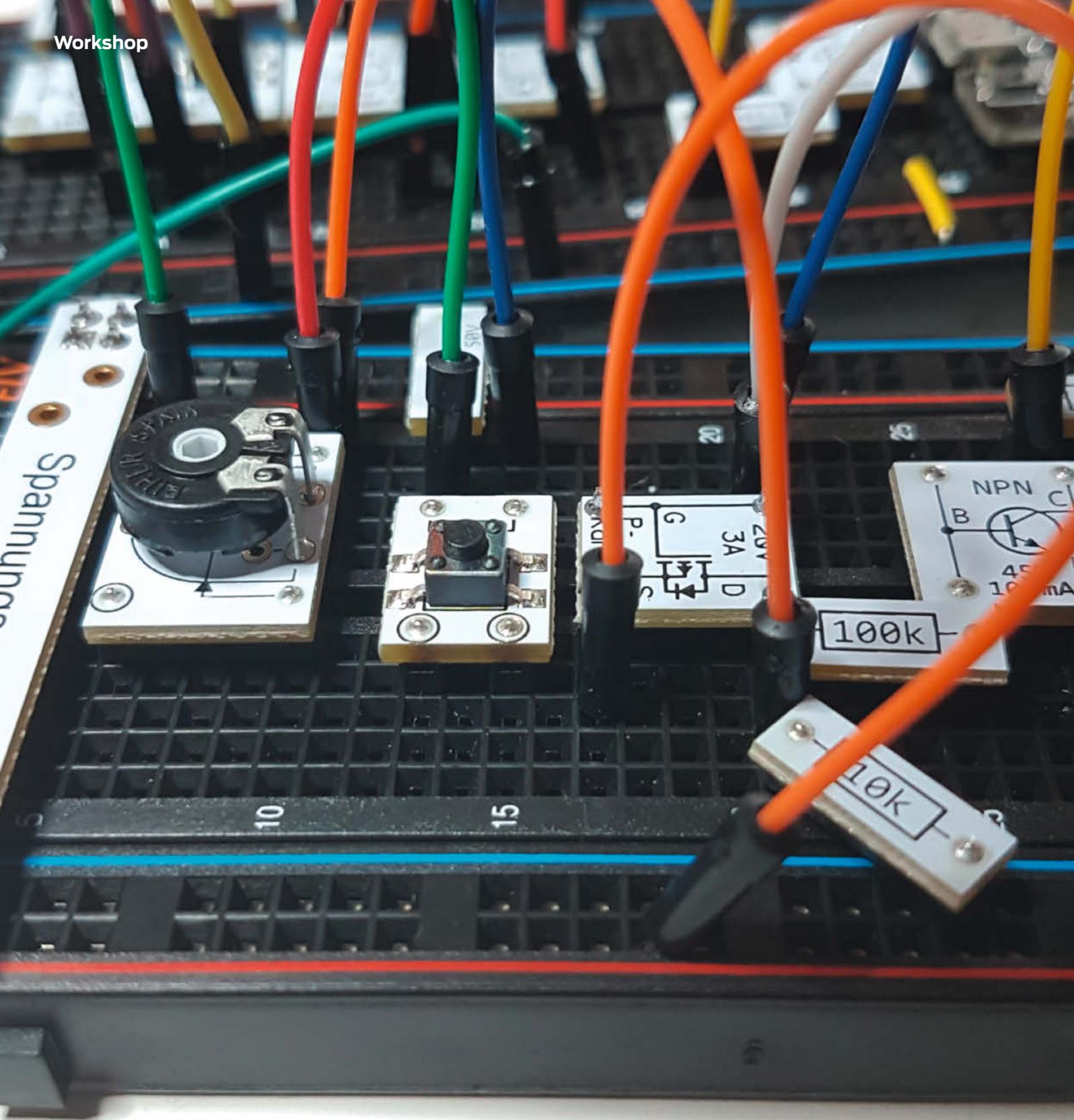
Neustart der IT-Weiterbildung

Kennst du schon die neue interaktive Lernplattform für IT-Professionals?

Bei uns findest du das Wissen zu den angesagten IT-Themen - von Experten für Professionals.

Jetzt testen! Hier geht's zu den ersten Gratis-Videos:





Ein- und Ausschalten per Softswitch

Alle elektrischen Geräte im Haushalt haben einen Ein- und Ausschalter, nur Ihre Mikrocontroller-Schaltungen trennen Sie noch durch Ziehen des Steckers vom Strom? Zeit das zu ändern! Wir zeigen, wie.

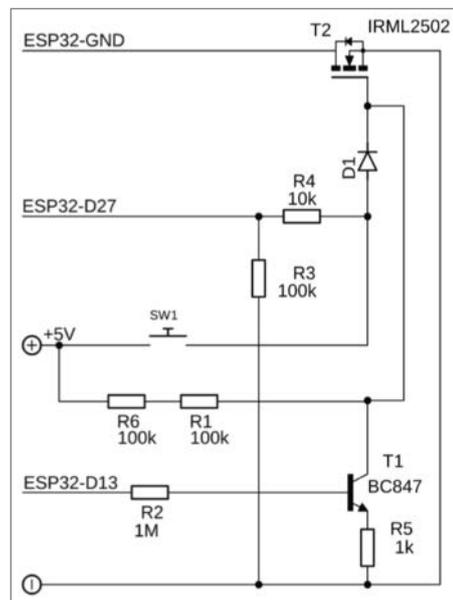
von Daniel Bachfeld

Die meisten Mikrocontroller kommen heutzutage mit einem USB-Anschluss zur Programmierung und zur Stromversorgung, meist Micro-USB oder USB-C. Um das Bastelprojekt abzuschalten, zieht man entweder den USB-Stecker aus der Buchse oder das Netzteil aus der Steckdose. Umgekehrt muss man den USB-Stecker zum Betrieb wieder einstecken, wobei in der Regel der erste Versuch wegen eines verdrehten Steckers scheitert. Praktischer wäre zwar, einfach einen Schalter in die Versorgungsleitung einzubauen. Echte Wipp-Schalter wirken aber etwas aus der Zeit gefallen. Ein schicker Taster macht da viel mehr her als der biedere Schalter aus dem Baumarkt.

Prinzipbedingt hält der Taster seine Einschaltposition jedoch nur solange, wie man ihn drückt. Lässt man ihn los, öffnet er den Stromkreis leider wieder. Mit ein wenig zusätzlicher Elektronik kann man den Stromkreis aber auch nach dem Loslassen des Tasters geschlossen halten. Und mit einem zweiten Druck sogar wieder öffnen.

Derartige Schaltungen nennt man *Latching Power Circuit*, wobei das *Latching* für selbsthaltend steht. Jeder begegnet ihnen regelmäßig, etwa an der Stereoanlage, dem TV und anderen Geräten. Ein Druck auf einen Taster schaltet den Strom an, ein weiterer Druck schaltet ihn ab. Wir erweitern das Prinzip ein wenig und überlassen einem ESP32-Mikrocontroller nach dem Anschalten das geregelte Abschalten, etwa um noch Aufgaben zu Ende zu führen, wenn er einen weiteren Druck auf einen Taster registriert. Sie können unsere Vorschläge aber leicht für anderen Mikrocontroller anpassen.

Bild 1 zeigt eine Schaltung, die wir mit den Teilen aus dem Experimentierkit unseres



1 +5V und 0V werden an die 5V-Spannungsversorgung angeschlossen, alle anderen Anschlüsse an die Pins eines ESP32 (Devkit 1.0 o. Ä.)

Kurzinfo

- » Ein- und Ausschalten per Taster
- » MOSFETs als Schalter
- » *Latching Power Circuits* im Detail

Checkliste



Zeitaufwand:
2 Stunden



Kosten:
10 bis 45 Euro

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

Material

- » Experimentierset-Prototypenadapter
- » 5V-Netzteil
- » ESP32 DevKit
- » P-Channel-MOSFET z.B. IRF7413 oder IRML2502

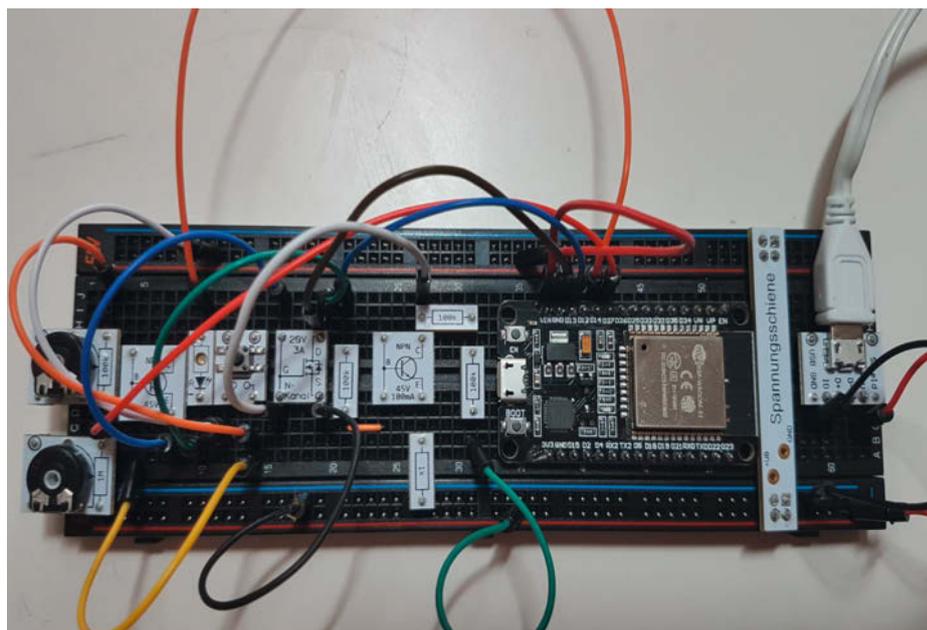
Mehr zum Thema

- » Daniel Bachfeld, Voll FET, Make 6/15, S. 60
- » Carsten Meyer, Kleine Helfer mit drei Beinen, Make 2/14, S. 32

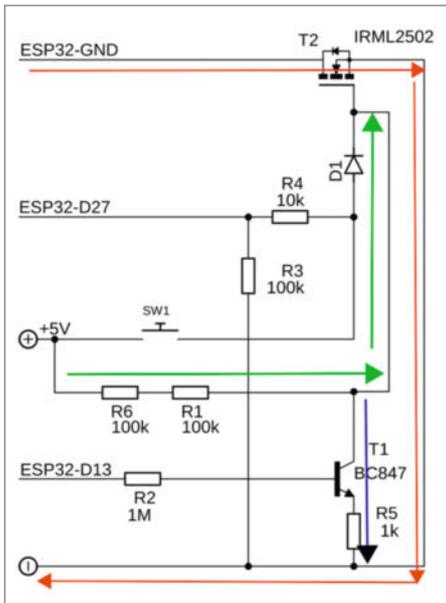
Make Elektronik Special aufgebaut haben 2. Kern der Schaltung ist der MOSFET T2, der hier als Schalter in der Minus-Verbindung der Stromversorgung arbeitet. Allerdings versorgen wir den ESP32 nun nicht mehr über seine USB-Buchse. Vielmehr speisen wir die Spannung über seinen Pin V_{in} ein, vulgo: Wir schließen ihn an +5V an. Den GND-Pin des ESP32 schließt man jedoch **nicht** an die 0V respektive GND der Stromversorgung, sondern an den Drain-Anschluss des MOSFETs. Der MOSFET leitet (vollständig), wenn an seinem Gate eine positive Spannung von über 2,5V anliegt. Aber fangen wir von vorne an.

Einschalten

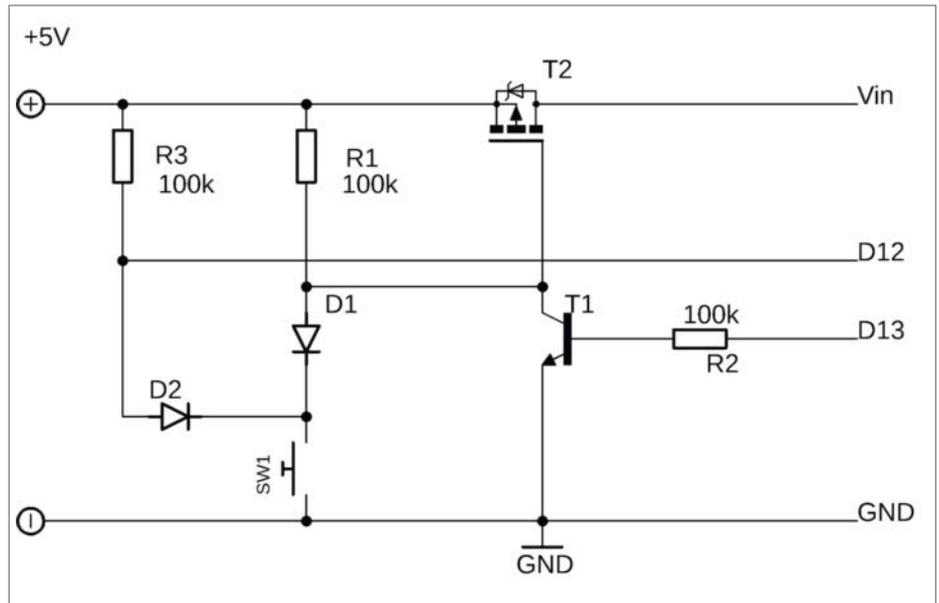
Im zunächst ausgeschalteten Zustand liegt das Gate von T2 über den Kollektor des NPN-Transistors T1 an fast 0V an (blauer Pfeil) 3. Die Kollektor-Emitter-Strecke von T1 leitet, weil an seiner Basis eine Spannung über den GPIO-Pin D13 des ESP32 anliegt. Der ESP32 ist zwar eigentlich ausgeschaltet, weil sein GND-Pin noch nicht über den MOSFET mit 0V verbunden ist. Da aber an V_{in} bereits 5V hängen, hat der Ausgang D13 bereits ein gegen 0V messbares Potenzial von 5V. Das ist aber nicht bei allen digitalen Schaltkreisen so.



2 Der Aufbau mit N-Channel-MOSFET: Der Pin V_{in} des ESP32 kommt an die 5V-Versorgung. Sein GND-Pin hingegen an den Drain-Anschluss des MOSFETs.



3 So sehen die Strom- respektive Spannungsverläufe in der Schaltung aus.



4 Mit einem P-Channel-MOSFET können wir die Plus-Leitung schalten und sorgen so für definierte Potentiale in der Schaltung und beim ESP32.

Das nutzen wir hier aber, um das Gate des MOSFET auf 0V zu bringen und T2 zu sperren. Die Lösung ist genau genommen ein bisschen waghalsig und in Industrieschaltungen würde man sich nie auf ein solches Verhalten eines (floatenden) Ausgangs eines Mikrocontrollers verlassen. In unseren Kleinprojekten dient es aber unserem Zweck.

Drückt man nun den Taster, so liegen am Gate 5V an, der MOSFET schaltet durch und der ESP32 startet. Unser kleiner Sketch im Listing *Softswitch N-MOS* hilft nun, die Sache am Laufen zu halten. Dazu wird der Ausgang D13 auf LOW geschaltet, womit der Transistor T1 sperrt. Lässt man nun den Taster los, liegen über R1 und R6 weiterhin 5V

am Gate und der MOSFET bleibt leitend (grüner Pfeil 3).

Im Sketch steuern wir noch Pin D14 an, der eine LED mit Vorwiderstand einschaltet (im Schaltplan nicht zu sehen). Zu beachten ist, dass die LED zwar an den GPIO angeschlossen wird, der abfließende Strom jedoch nicht an 0V oder GND der Versorgungsspannung angeschlossen

Einstieg in die Elektronik

Wer schon immer wissen wollte, wie Transistoren arbeiten und wie Schaltungen damit funktionieren, findet im *Make Elektronik Special Grundlagen, Aufbauanleitungen* sowie Tipps und Tricks. Zusammen mit Redakteuren und Entwicklern von ELV haben wir das Heft konzipiert und produziert. Das Heft ist im Bundle mit dem praktischen Experimentierset für 44,95 Euro inkl. Versandkosten im heise shop zu kaufen (siehe Link).

Es führt Schritt für Schritt in die Grundlagen ein und erklärt beispielsweise, warum eine LED einen Vorwiderstand braucht und wie man ihn berechnet. Ein Großteil der Artikel im Heft ist aber dem Transistor gewidmet, wie man ihn als Schalter einsetzt oder in Kombination mit Mikrocontrollern größere Lasten wie Motoren oder Power-LEDs schaltet. Wir zeigen zudem, wie man mit Transistoren Signale verstärkt und Blink-, Tongenerator- und Intervallschaltungen baut.

Alle Schaltungen lassen sich mit dem Experimentierset nachbauen. Jede Schaltung ist als Schaltplan abgedruckt und als Breadboard-Aufbau abgebildet. Die Prototypen-Adapter (PAD) für das Breadboard machen den Aufbau von Schaltungen zum Kinderspiel, denn man muss weder in Datenblättern nach der Belegung von Pins und Beinchen der elektronischen Bauteile suchen, noch muss man den Aufdruck mit einer Lupe entziffern, um den Wert des Elements herauszubekommen. Die PADs vereinen praktische Verkabelung und Übersichtlichkeit in einem.

Insgesamt 44 PADs für Widerstände, Kondensatoren, NPN-Transisto-

ren, Doppelklemmen, Micro-USB-Buche, LEDs, Potentiometer, einem N-Channel-MOSFET, einem Relais, einem Piezosummer sowie einem ICM7555 liegen dem Set nebst Kabelbrücken und Breadboard bei. Zur Stromversorgung dient ein 5V-Ladeteil, wie es für Smartphones in jedem Haushalt verfügbar ist.



werden darf, sondern wie der GND-Pin des ESP32 an den Drain-Anschluss des MOSFET. Schließlich sollen ja auch alle vom ESP32 angesteuerten Elemente mit dem MOSFET ebenfalls von der Versorgung getrennt werden.

Ausschalten

Zum Ausschalten nutzen wir denselben Taster: Drückt man ihn, während der ESP32 in Betrieb ist, so steigt die Spannung am Mittelabgriff des Spannungsteilers R3/R4 von 0V auf rund 3,6V. Lässt man den Taster wieder los, so fällt die Spannung an Pin D27 wieder von 3,6V auf 0V ab und triggert damit den auf fallende Flanken (HIGH -> LOW = FALLING) programmierten Interrupt (siehe Listing). Der Interrupt schaltet den Ausgang D13 auf HIGH, womit der Transistor T1 wieder leitet und am Gate des MOSFETs 0V anliegen und dieser sperrt. In der Folge wird der ESP32 abgeschaltet.

Den Interrupt nutzen wir, um in der loop()-Funktion nicht ständig den Zustand des Tasters abfragen zu müssen. Prinzipiell kann man über den Interrupt und eine (volatile) Variable mehrere Tastendrucke zählen oder die Dauer eines Tastendrucks ermitteln und so den Taster zur Steuerung weiterer

Softswitch N-MOS

```
const int powerLatch = 13; const int INTpin = 27;
const int LED = 14;

void IRAM_ATTR ISR() {
    digitalWrite(powerLatch, HIGH);
}

void setup() {
    //Nach Start alle Pins definieren
    pinMode(powerLatch, OUTPUT);
    pinMode(LED, OUTPUT);
    pinMode(INTpin, INPUT); //T1 sperren, externe LED an
    digitalWrite(powerLatch, LOW);
    digitalWrite(LED, HIGH);

    //Interrupt konfigurieren
    delay(5000);
    attachInterrupt(INTpin, ISR, FALLING);
}

void loop(){ //Platz für eigene Funktionen}
```

Funktionen nutzen. Das sprengt jedoch den Rahmen dieses Artikels. Vielleicht schicken Sie uns ja Ihre Lösung zur Veröffentlichung für andere Leser.

Unsere Schaltung schaltet zwar den ESP32 ab, nimmt selbst aber noch mit der Beschaltung wie in Bild 1 rund 300µA Ruhestrom auf. Das ist nicht viel, lässt sich aber auf unter

9 JAHRE BASTLER-KNOW-HOW KOMPAKT

NEU
+ portofrei



Das komplette Make-Archiv auf 32 GByte USB-Stick

Auf dem USB-Stick finden Sie 54 Ausgaben c't Hacks (2011 bis 2014) und Make (2015 bis 2020) mit Evergreens wie den Teehasen, die Fräse MaXYposi, die Low-Cost-Wärmebildkamera, Tetris, den DIY-LötKolben, die Peltiereselampe, die Plotclock, Lixie-Anzeigen, die Reißzweckenorgel und viele weitere zeitlose Projekte zum Nachbauen.

shop.heise.de/make-archiv20

99,90 € >

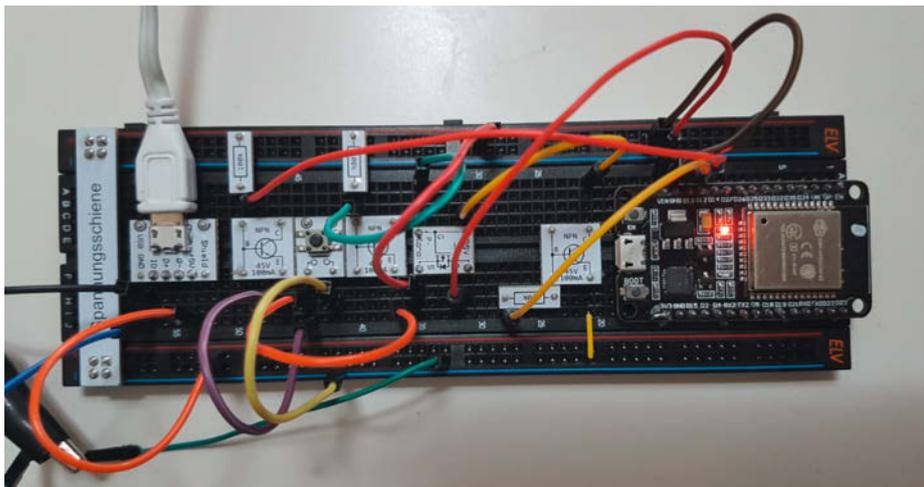
 heise shop

shop.heise.de/make-archiv20 >

> 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.





5 Der Aufbau der Schaltung mit P-MOSFET

Softswitch P-MOS

```
const int powerLatch = 13;
const int INTpin = 12;

void IRAM_ATTR ISR() {
  pinMode(INTpin, OUTPUT);
  digitalWrite(INTpin, HIGH);
  digitalWrite(powerLatch, LOW);
}

void setup() {
  pinMode(powerLatch, OUTPUT);
  pinMode(INTpin, INPUT);

  digitalWrite(powerLatch, HIGH);

  delay(5000);
  attachInterrupt(INTpin, ISR,
    FALLING);
}

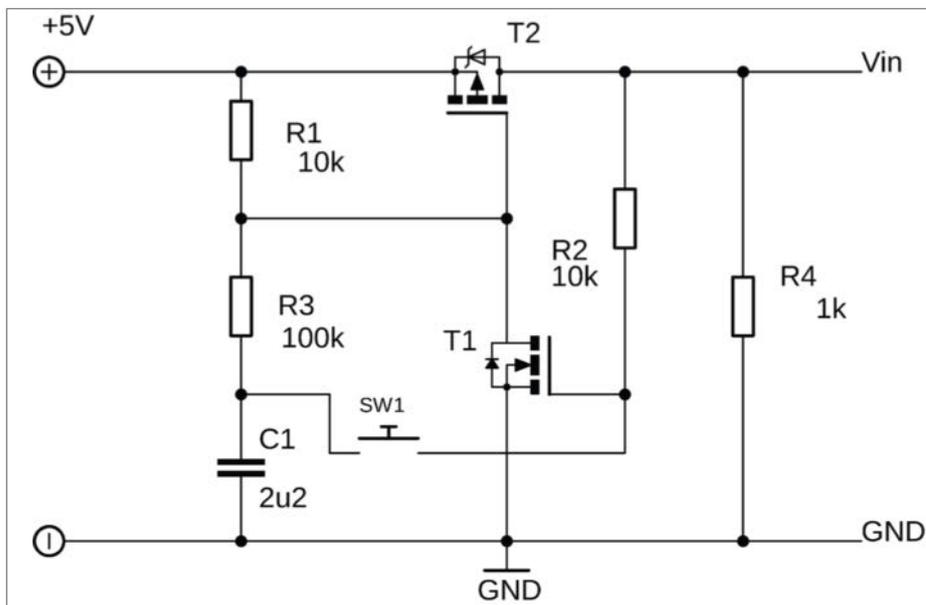
void loop() {}
```

80µA drücken, wenn man wie in Bild 2 die Widerstände R3 auf 1M und R4 auf 100k setzt.

In unserer ersten Schaltung war das Ziel, allein mit den Komponenten aus unserem Make-ELV-Experimentierset auszukommen. In Bild 2 haben wir statt normaler Widerstände deshalb Potentiometer benutzt. Als Diode diente die Basis-Emitter-Diode eines NPN-Transistors.

Alternative

Unsere vorherige Schaltung hat zwei Nachteile: Sie verlässt sich auf floatende GPIO-Pins des ESP32 und sie nimmt im Standby noch 80µA auf. Das erste Problem lässt sich lösen, indem man nicht den Minus-Pfad der Stromversorgung, sondern den Plus-Pfad ein- und ausschaltet. Dann hätte man eindeutig definierte Potentiale an den GPIOs. Leider funktioniert das mit dem zuvor benutzten MOSFET



7 Die Schaltung ist universell und eignet sich auch für andere Spannungen als 5V.



6 Ein SMD-MOSFET auf einer Adapterplatine für Breadboards

nicht, weil der nämlich ein sogenannter N-Channel-MOSFET ist. Damit der leitet, muss die Spannung zwischen seinem Gate und seinem Source-Anschluss mindestens (plus) 2,5V sein. Wenn die Drain-Source jedoch die Plus-Strecke schalten soll (dann lägen 5V an Source an), müsste das Gate mit einer Spannung von 7,5V angesteuert werden. Eine Spannung, die wir nicht mit einfachen Mitteln aufbringen können.

Nimmt man jedoch einen P-Channel-MOSFET, löst sich das Problem in Wohlgefallen auf. Im Unterschied zum N-Channel-MOSFET erwartet der nämlich bezogen auf seinen Source-Anschluss eine negative Spannung, um zu leiten. Schaltet man seinen Source-Anschluss an + 5V 4, kann man ihn mit einer Spannung von 0V am Gate voll leitend machen. Am Drain-Anschluss liegen dann ebenfalls 5V an, die wir zum Pin V_{in} des ESP32 führen. Einen P-Channel MOSFET auf einem Prototypen-Adapter (PAD) wie in Bild 5 finden Sie im Experimentierkit PAD 2 von ELV oder Sie nehmen einen Typen im SO-8-Gehäuse und löten ihn auf eine Adapterplatine wie in 6.

Im Ausgangszustand ist T2 gesperrt, weil über R1 5V am Gate anliegen. Drückt man den Taster, so verbindet man das Gate über Diode D1 mit 0V und T2 leitet. Sobald der ESP32 läuft, schaltet der seinen Ausgang D13 auf LOW, so dass T1 leitet und am Kollektor ebenfalls 0V anliegen (Listing *Softswitch P-MOS*). Aus diesem Grund bleibt das Gate auf 0V, auch wenn man den Taster loslässt. Übrigens: Die Dioden im Schaltplan sind im Aufbau wieder über Basis-Emitter-Dioden der NPN-Transistoren realisiert.

Ein zweiter Druck auf den Taster (nach frühestens 5 Sekunden) zieht den Pin D12 von HIGH auf LOW und triggert die schon bekannte Interrupt-Routine. Die schaltet D13 auf LOW, womit T1 sperrt und das Gate erneut über R1 an 5V hängt. T2 sperrt und schaltet den ESP32 ab.

Vor dem Ausschalten definieren wir allerdings noch den Interrupt-Pin D13 in einen Ausgang um und setzen ihn auf HIGH. Der Grund: Im ausgeschalteten Zustand fließt über R13 ein Ruhestrom in den Pin D13, wenn dieser zuletzt als Eingang definiert war. Warum das so ist, haben wir noch nicht herausgefunden. Wenn man ihn zuletzt als Ausgang definiert

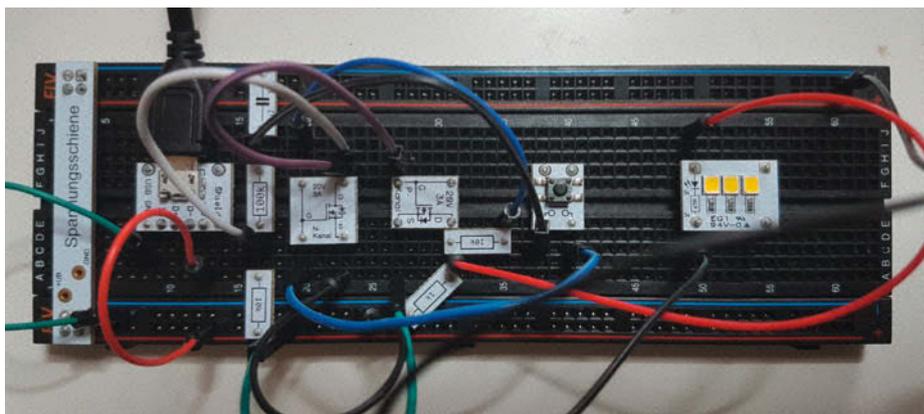
hat, fließt kein Strom. Insgesamt kommen wir mit der Schaltung 4 auf einen Standby-Strom von 35µA.

Von Hand

Nicht immer soll aber der Mikrocontroller sich selbst wieder ausschalten müssen. Mitunter hat eine Schaltung auch gar keinen Mikrocontroller und man möchte sie trotzdem mit einem Taster ein- und ausschalten können. Für solche Fälle dient die Schaltung in 7. Mit ihr lassen sich Schaltungen mit Spannung respektive Strom ohne weitere Steuerleitungen versorgen.

Beim Verbinden der Schaltung mit der Stromversorgung sperrt T2 (P-MOS) initial, da sein Gate über R1 an 5V hängt. Der Kondensator lädt sich auf. Das Gate von T1 (N-MOS) hängt über R2 und R4 an GND, weshalb T1 ebenfalls sperrt. Ein Druck auf den Taster verbindet das Gate von T1 mit dem aufgeladenen Kondensator, wodurch T1 leitet und das Gate von T2 mit GND verbindet. T2 leitet nun ebenfalls und V_{IN} steigt auf 5V. Nach dem Loslassen des Tasters bleibt T1 leitend, da sein Gate über R2 mit 5V (V_{IN}) verbunden ist.

Der Kondensator hat sich nun allerdings über R3 und T1 entladen, so dass an seinem



8 Der Aufbau zur Steuerung der MOSFETs ohne ESP32. Hier wird ein LED-Cluster mit einem Taster ein- und ausgeschaltet.

oberen Anschluss nur noch etwas mehr als 0V anliegen. Ein weiterer Druck auf den Taster legt das Gate von T1 nun auf 0V, wodurch dieser sperrt und in der Folge T2 ebenfalls wieder sperrt. Und so weiter.

Als MOSFETs haben wir das PAD aus dem Make-ELV-Experimentierset sowie einen zusätzlichen P-MOSFET eingesetzt. Statt einen ESP32 mit Spannung zu versorgen, schaltet unser Aufbau 8 ein LED-Cluster. Sie können

aber beliebige Verbraucher damit ein- und ausschalten, jedoch sollten diese nicht mehr als 3A Strom ziehen. Die Spannung von 5V ist in dieser Schaltung auch nur beispielhaft. Sie können auch 9 oder 12V damit schalten und gegebenenfalls einen oder mehrere Spannungsregler an V_{IN} anschließen, um die für ihr Projekt erforderlichen Spannungen zu erzeugen. Die Schaltung selbst benötigt unter 1µA. —*dab*



ab 23,99 €
Print | E-Book | Bundle
ISBN 978-3-86490-741-8

Jetzt vormerken!

ab 23,99 €
Print | E-Book | Bundle
ISBN 978-3-86490-856-9



Für Tüftler und Erfinder



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



ab 21,99 € · Print | E-Book | Bundle
ISBN 978-3-86490-644-2



ab 21,99 € · Print | E-Book | Bundle
ISBN 978-3-86490-799-9



ab 19,99 € · Print | E-Book | Bundle
ISBN 978-3-86490-637-4

Das Grannophone ein Videotelefon mit RasPi

Mit dem Grannophone entsteht ein Videotelefon für ältere oder demente Menschen. Für das Gehäusedesign wird allerdings noch Unterstützung gesucht.

von Stefan Baur



Seit dem Beginn der COVID-19-Pandemie ist der Zugang zu Alters- und Pflegeheimen nur noch eingeschränkt möglich und vom Besuch bei älteren Menschen wird abgeraten. Aber nur weniger als die Hälfte der Generation Ü65 und nur knapp ein Viertel der Generation Ü80 nutzt das Internet.

Wer seiner alternden Verwandtschaft mittels Videotelefonie etwas Gutes tun will, sieht sich vielen Problemen gegenüber: Smartphones und Tablets eignen sich nur für Leute, die keine Technik-Berührungsängste und keine körperlichen oder geistigen Einschränkungen haben.

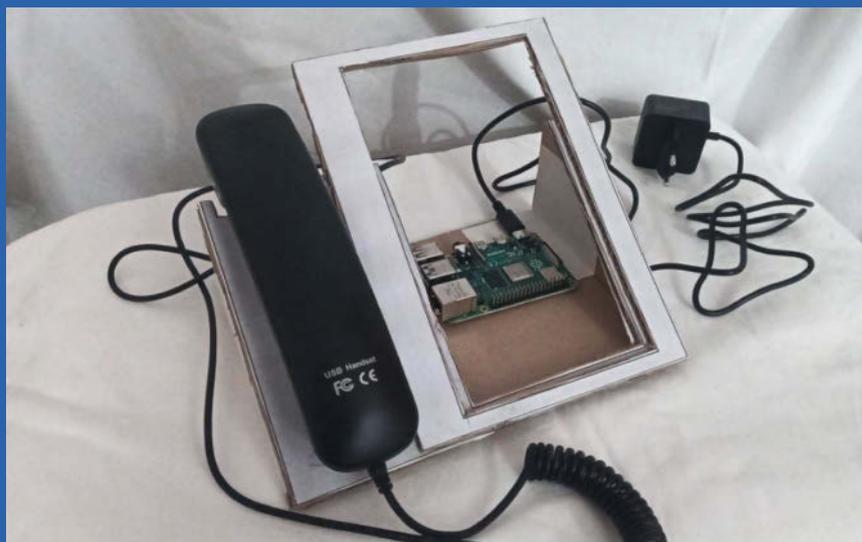
Meine Idee ist daher, das Konzept „Senioren-telefon“ (nur wenige, dafür große Tasten) auf das Videotelefon zu übertragen: Ein Telefonhörer an einem Kasten, aus dem ein Klingelgeräusch ertönt. Das wird auch bei älteren Leuten dazu führen, dass sie zum Hörer greifen – so meine Theorie. Und die Hemmschwelle, selbst ein Videotelefonat zu beginnen, wird geringer sein, wenn es ausreicht, den Hörer abzunehmen (Automatikwahl) oder vielleicht noch eine Taste zu drücken. Wenn die Person noch etwas „fitter“ ist, kann man auch mehrere Zielwahltasten vorsehen – entweder auf dem Touch-Bildschirm oder als Hardware-Tasten. Letzteres ist bei der angestrebten Zielgruppe vermutlich sinnvoller, da die Finger älterer Personen nicht mehr so gut von Touch-Sensoren erkannt werden.

Dieses Videotelefon soll keine oder nur sehr wenige, dafür bekannte Bedienelemente haben, von der Gegenstelle aus fernbedienbar/fernwartbar sein und nur Komponenten verwenden, die auch während einer Pandemie verfügbar sind. So soll die Basisversion am Küchentisch ohne Spezialwerkzeug und ohne Löten gebaut werden können. Als Plattform dient mir ein Raspberry Pi – unter anderem wegen seiner großen Verbreitung, wegen der lötfrei zugänglichen GPIOs, der Bluetooth-Unterstützung und der leichten Erweiterbarkeit per USB. Ein weiteres Argument ist die gute Verfügbarkeit der Komponenten – sowohl der Pi selbst als auch die Pi-Kameras hatten in der ganzen Pandemie nie Lieferschwierigkeiten.

Das Gehäuse besteht aus Sperrholz-, MDF- oder PETG-Platten. Dadurch soll der Nachbau auch ungeübten Bastlern möglich sein. Für meine ersten Prototypen habe ich Wellpappe verwendet. Dabei habe ich schnell bemerkt, dass das Hochformat-Bild für das Grannophone ungünstig ist. Ich hoffe, dass ich in Kürze das erste Gehäuse im Querformat aus Sperrholz fertig haben werde.

Die erste (unvollständige) Version der Pläne steht schon auf Github. Allerdings ist die Entwicklung des Grannophones im Alleingang sehr zeitfressend – deswegen würde ich mich über Unterstützung freuen. Den aktuellen Entwicklungsstand dokumentiere ich im Wiki der LUG Ulm.
—rehu

► heise.de/-6129781



Der erste Prototyp im Hochformat



Im Herzen des Grannophone sitzt ein Raspi.



Mit Raspi und Pi-Kamera kann Videotelefonie für ältere Menschen barrierefrei werden.

DIY-Fledermaus-Scanner

Mit der tragbaren Variante des in der Make 6/20 vorgestellten Fledermausscanners kann man auch unterwegs im Wald oder in der Nähe von Höhlen die oft schlecht zu entdeckenden Tiere aufspüren.

von Ralf Stoffels



Rudmer Zwerger/Shutterstock.com

Die in der Make-Ausgabe 6/20 ab Seite 72 beschriebene stationäre Variante des Fledermausscanners horcht das gesamte Frequenzband von wenigen Hertz bis 125kHz mit einem breitbandigen MEMS-Mikrofon ab, verstärkt die Signale und digitalisiert sie mit einem Mikrocontroller-Board *Feather M0+*. Per FFT entsteht daraus ein Frequenzspektrum der Fledermauslaute, das per USB auf einen Laptop zur grafischen Darstellung übertragen wird.

Durch einen Artikel in der lokalen Presse, unseren stationären Scanner und den Artikel in der Make wurde der Umweltbeauftragte unserer Stadt auf das Projekt aufmerksam. Er ist sehr interessiert am Vorkommen der verschiedenen Fledermausarten im Stadtgebiet, besonders in Bezug auf die Umsiedlung von Fledermäusen im Rahmen der Reaktivierung der Herrmann-Hesse-Bahn zwischen Weil der Stadt und Calw. Einen Laptop-Computer herumzuschleppen erschien mir für diesen Zweck aber zu umständlich. Die Handheld-Version musste her.

Um eine ausreichende Auflösung der Frequenz zu erhalten, habe ich mich für ein 3,5"-Display mit 480 × 320 Pixeln entschieden, das preisgünstig als Arduino-Shield im Versandhandel erhältlich ist. Leider ist es mir nicht gelungen, die Arduino-Firmware des Displays auf dem

Feather M0+-Board ans Laufen zu bekommen. Daher entschied ich mich, die Schaltung aus Make 6/20 unverändert zu übernehmen und einfach nur den Arduino Uno und das LCD als

Anzeige zu verwenden. Die Daten werden dabei vom *Feather*-Board per serieller Schnittstelle an den Arduino übertragen. Ein passendes Gehäuse fand sich auch im Elektronikversandhandel. Natürlich könnte man hier auch zum 3D-Drucker greifen.

Bei etwa 80mA Stromaufnahme des ganzen Aufbaus eignet sich eine 9V-Blockbatterie als Versorgung. Die ist am Arduino Uno angeschlossen, der den Rest der Schaltung mit 5V versorgt. Auf meiner Homepage ist der Aufbau noch etwas detaillierter beschrieben. Dort findet sich auch die Software für die PC-Version und den mobilen Fledermausscanner zum Download.

Die Bedienung des fertigen Scanners ist einfach: Sie reduziert sich darauf, den Einschalter zu betätigen und auf Fledermäuse zu warten. Alle empfangenen Signale werden aufaddiert. Möchte man das Display zurücksetzen, so schaltet man kurz aus und wieder ein.

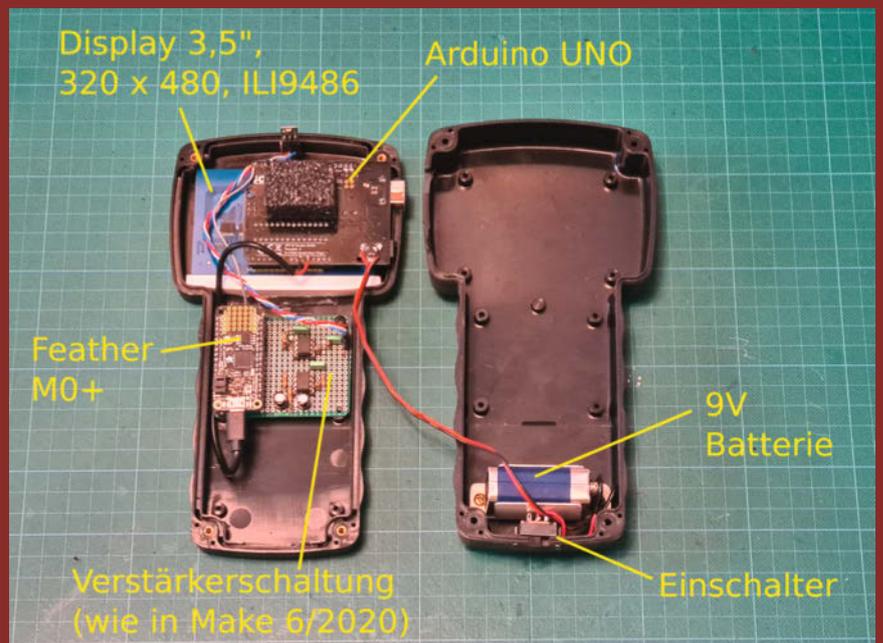
Nach einem sehr kalten Frühjahr sind die Fledermäuse jetzt endlich wieder – etwas verspätet – unterwegs. Häufig trifft man bei uns die Zwergfledermaus an, die Ortungssignale von etwa 46kHz aussendet (im Foto vom Display als Peak zu erkennen). Viel Spaß beim Nachbau und beim Aufspüren der Fledermäuse! —*rehu*

Nach einem sehr kalten Frühjahr sind die Fledermäuse jetzt endlich wieder – etwas verspätet – unterwegs. Häufig trifft man bei uns die Zwergfledermaus an, die Ortungssignale von etwa 46kHz aussendet (im Foto vom Display als Peak zu erkennen). Viel Spaß beim Nachbau und beim Aufspüren der Fledermäuse! —*rehu*

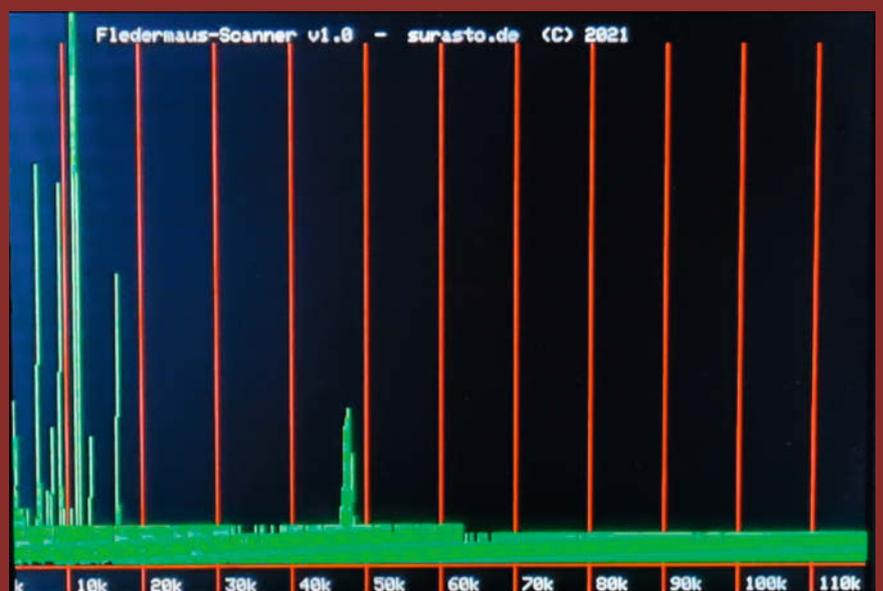
► surasto.de



Der Fledermaus-Scanner im praktischen Handheld-Format



Im Gehäuse finden ein *Feather M0+* und der Arduino UNO Platz.



Hier kann man die Laute einer Zwergfledermaus (46kHz) erkennen.

Lightshow für Gitarristen

Musiker benutzen Pedalboards, um ihre Effektgeräte zu ordnen und nicht vor jedem Auftritt neu verkabeln zu müssen. Dieses hier veranstaltet auch noch eine Lightshow auf der Bühne.

von Timo Thiele



Pedalboards sind meistens flache Platten aus einem beliebigen Material, an denen mehrere Effektpedale von Musikern mit Klettband oder Kabelbindern befestigt sind. Solch ein Pedalboard wollte ich selbst bauen. Doch was wäre ein Maker, wenn er dies ohne eine eingebaute technische Spielerei bauen würde?

Geplant und konstruiert wurde das Board dann um die gewünschten Effektgeräte herum im CAD-System. Es entstand ein Gehäuse aus Acrylglas und ein paar 3D-gedruckte Teile. Da keine Kabelbinder oder Klettverschlüsse zur Befestigung der Pedale verwendet werden sollten, hat das Pedalboard zwei Deckel. Einer hat Aussparungen für die Pedale, der andere hat diese nicht. Der Deckel mit den Aussparungen wird auf dem ohne befestigt. So entstehen Vertiefungen, in denen die Pedale fest stehen. Die Wandteile sind so wie die Deckel aus durchsichtigem Acrylglas und wurden im Fablab Neuenstadt ausgelasert. Da man Acryl nicht wirklich schrauben kann, da es unter Spannung sehr schnell springt, wurden 3D-gedruckte Eckstützen entworfen. In diese Stützen gehen alle Schrauben, die die Seitenwände, den Boden und den Deckel befestigen. Um ein Durchbiegen des Deckels und der Seitenwände bei Kraftausübung zu vermeiden, wurden Stützen an Deckel und Boden eingeplant. Diese sind mit Schrauben an den Seitenwänden befestigt und zusätzlich am Deckel bzw. am Boden festgeklebt.

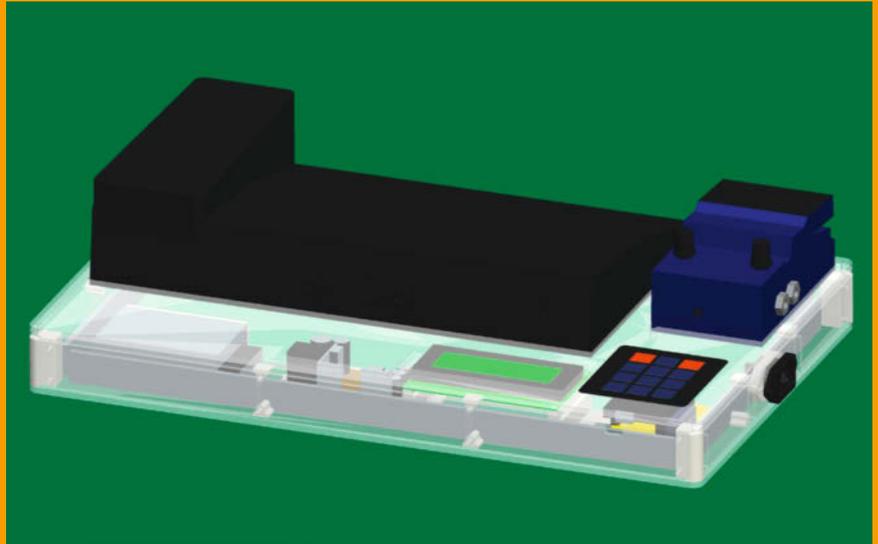
Für die Beleuchtung wurden Neopixel (WS2812) verwendet. Die Besonderheit an diesen RGB-LED-Stripes ist, dass jede LED einzeln und komplett unabhängig von den anderen angesprochen werden kann. Als Gehirn wird ein *Arduino Mega 2560 PRO MINI* verwendet. Das war hier erforderlich, da man den Speicherplatz des Mega aufgrund der vielen Lichteffekte benötigt. Zur Steuerung wurde eine Folientastatur mit 4×3 Ziffern und ein LC-Display mit 4×20 Zeichen verbaut.

Der Arduino und die LEDs werden von einem 5V Netzteil und die Effektgeräte von einem 9V Netzteil versorgt. Beide Netzteile werden über eine Kaltgeräte-Buchse versorgt.

Der Code des Pedalboards ist in C++ in der Arduino IDE geschrieben und komplett objektorientiert implementiert. Es können jederzeit ohne große Probleme zusätzliche Menüpunkte in Form von Effekten, Parametereinstellungen etc. hinzugefügt werden. Die Bedienoberfläche ist so aufgebaut, dass man beim Auswählen eines Effekts automatisch die dafür verwendeten Parameter einstellt oder die bereits eingestellten Parameter beibehält. Die *-Taste der Folientastatur wird als ESC-Taste benutzt, während die #-Taste als Enter-Taste fungiert. Mit den Tasten 4 und 6 wird in den Menüs nach rechts oder links gescrollt.

—caw

► <https://heise.de/s/ZdEz>



Sorgfältige Planung in CAD



Alle Teile vor der Montage

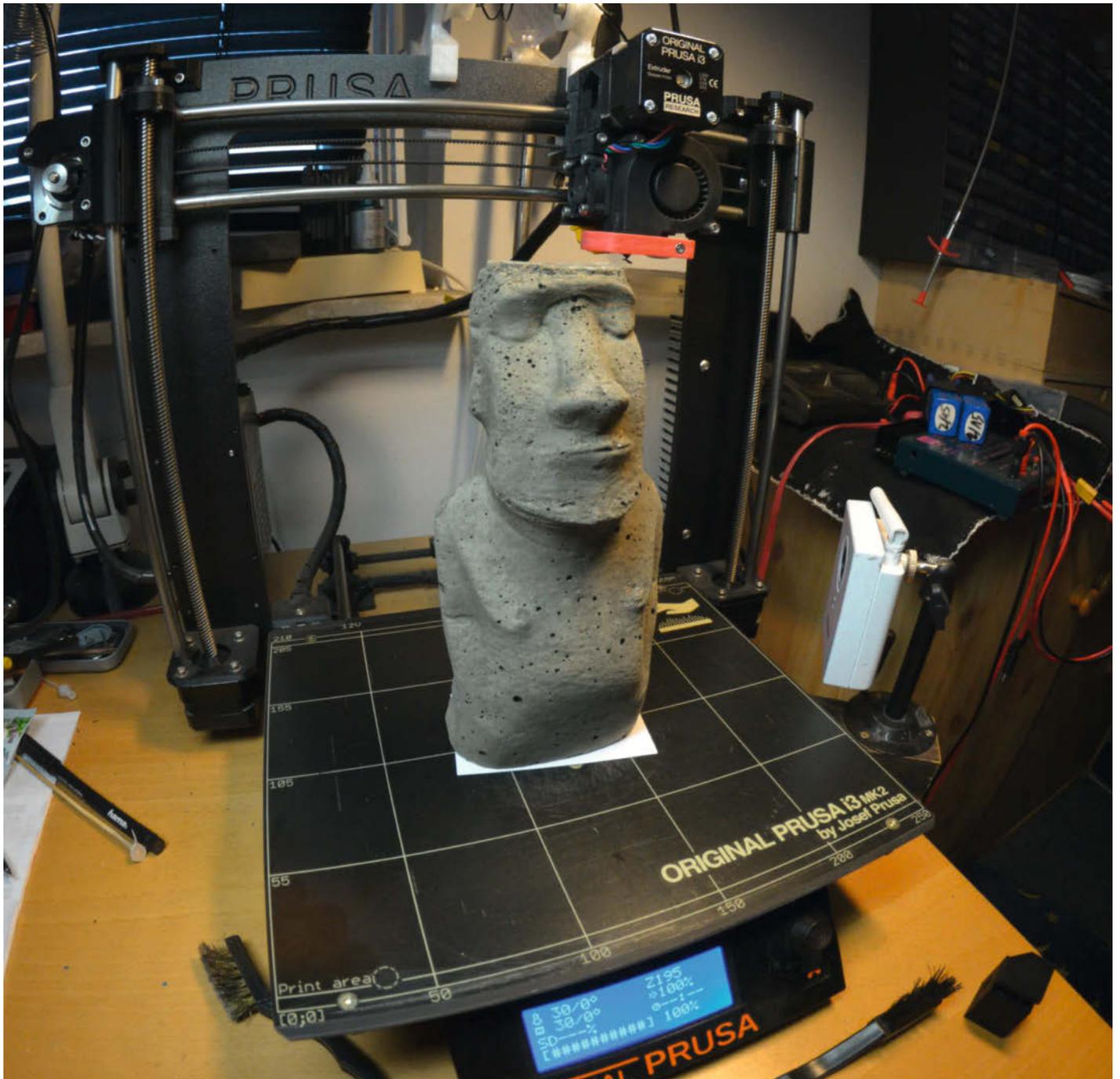


Lightshow für Bühne und Proberaum

Betonfiguren aus der 3D-Druckform

Es gibt tausende Ideen, was man mit Beton machen kann. Beton ist billig und leicht verfügbar. Die damit erstellten Objekte sind langlebig und perfekt für den Außenbereich geeignet. Ich zeige Ihnen, wie Sie ohne großen Aufwand kleine dekorative Objekte herstellen.

von Carsten Wartmann



Beton wird in unserer Zeit sehr vielfältig als Baustoff benutzt. Aber auch Dekoratives wie Kunstwerke und Skulpturen aus Beton sind beliebt. Maker haben Beton schon früh entdeckt und damit viel geschaffen, von der Vase bis zum Lautsprechergehäuse. Als meine Familie dekorative Schalen mittels Abformung von echten Blättern herstellte, fiel mein Blick auf die hohlen 3D-Testdrucke einer kleinen Statue. Da sollte man doch auch Beton hineinbekommen? Der erste Test war gleich erfolgreich und so nahm dieses Projekt seinen Lauf.

Gussform aus dem 3D-Drucker

Beton muss beim Aushärten, was durchaus Tage dauern kann, in Form gehalten werden. Im Baubereich benutzt man dazu Schalungen und zur Herstellung von Kantensteinen und Ähnlichem wiederverwendbare, teilbare Formen. Solche Formen lassen sich natürlich auch mit dem 3D-Drucker herstellen, allerdings erfordert das eine Menge Know-how und viel Filament. Der *Vase-Mode* (siehe Kasten) schien mir daher ideal geeignet und erwies sich dann auch, mit ein paar Einschränkungen, als brauchbar. Ja, man zerstört die Form beim Ausformen und verschwendet dadurch auch etwas Kunststoff. Aber da das geschaffene Objekt sehr lange haltbar ist, schien mir das verantwortlich. Weil man üblicherweise keine größere Serie produziert, lohnt sich die aufwändige und auch Filament-intensive Herstellung einer teil- und wiederverwendbaren Form kaum. Nötig wird dieser Aufwand aber, wenn das gewünschte Objekt nicht im *Vase-Mode* druckbar ist.

Also druckte ich ein paar Tage lang Formen. Mein aus Daten des Britischen Museums ver-

Kurzinfo

- » Herstellung von dekorativen Betonelementen
- » 3D-Druck zur Gussformherstellung
- » Nachbehandlung von Beton

Checkliste



Zeitaufwand:

1 Stunde + Druckzeit für die Formen



Kosten:

ab ca. 5 Euro

Material

- » Zement *Portland* oder ähnlich
- » Sand Korngröße je nach gewünschter Betontextur
- » Formen 3D-Druck, Blätter

Werkzeug

- » Arbeitsschutz Handschuhe, alte Klamotten, Schutzbrille
- » Rührgefäß Eimer, Schüssel
- » Rührwerkzeug Kellen, Spatel, Schippe
- » Messbecher Tasse, Becher, kleine Giesskanne

Mehr zum Thema

- » Elke Schick, Lautsprecher mit Betongehäuse, *Make* 2/14, S. 108
- » Elke Schick, Aus einem Guss, *Make* 2/14, S. 102
- » Elke Schick, Zementlampe mit LEDs, *Make* 2/14, S. 112
- » Griffig: Selbst gegossener Betonklotz zur Lautstärkeregelung (online)
- » Aus dem Hobbykeller: Strahltriebwerk aus Zement (online)

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

feinerter Moai *Hoa Hakananai'a* (siehe Link in der Kurzinfo) scheint ideal für diese Methode, aber auch hier gab es ein paar Überhänge, an denen die Wand arg dünn wurde und man etwas nachbearbeiten musste. Andere Form-Ideen musste ich verwerfen, weil sie sich nicht wasserdicht im *Vasemode* drucken lassen. Gute Kandidaten für den Einstieg sind auch Buchstaben, Symbole oder ganze Wörter.

Auch einen halbwegs passablen Säulenstumpf als Briefbeschwerer konnte ich gießen. Die Büste einer Frau mit sehr ausladenden Formen war ein größeres Problem und nur mit viel Nacharbeit wasserdicht zu bekommen.

Die Formen sollten nach dem Druck auf eventuelle Löcher kontrolliert werden. Ich benutze Niedrigtemperatur-Heißkleber (7mm Stäbe), um diese zu verschließen. Die Was-

Beton

Beton enthält Zement als Bindemittel und Gesteinskörnung (Sand/Kies) als Zuschlagstoff. Das Zugabewasser leitet den chemischen Abbindevorgang, also die Erhärtung ein. Das Wasser wird aufgenommen und die chemische Reaktion des Abbindens erzeugt Wärme.

Der Betonbestandteil Zement ist, auch wenn er trocken und frostfrei lagert, laut Hersteller nur 6 bis 12 Monate verwendbar. Aber unter der Prämisse, dass wir keine tragenden Strukturen herstellen, kann man auch viel älteren Zement verwenden. Ein Versuch mit einer kleinen Menge Zement ist schnell durchgeführt und in ein paar Tagen weiß man Bescheid, ob man das Material noch verwenden kann.



Die Natur als Form: Ein mit Beton abgeformtes Rhabarber-Blatt.

Blätter abformen

Möchten Sie ohne 3D-Drucker mit Beton experimentieren, können recht einfach kleine oder größere Schalen aus Blättern abgeformt werden. Wichtig ist, dass die Blätter stark geädert sind, damit sich die Blattstruktur gut abbildet. Hierfür eignen sich unter anderem Rhabarber, Kürbis oder Zucciniblätter gut. Man schüttet einen kleinen Sandhaufen in der Größe des Blattes auf, der dann die innere konkave Form der Schale bestimmt. Nun legt man das Blatt mit der Oberseite auf den Sand und bedeckt es mit einer 2 bis 3cm dicken Schicht aus Beton. Ist der Beton zu flüssig, kann man mit etwas Sand eine Barriere an den Blatträndern aufbauen. Die Schalen eignen sich als Dekoration oder Vogeltränken und sind unserer Erfahrung nach auch ohne Armerung frostsicher.



Verfeinertes Modell basierend auf einem Scan des Britischen Museums

serdichtheit der Form ist wichtig, da der Zement durch kleinste Ritzen in der Form ausgeschwemmt wird. An diesen Stellen bleibt dann nur noch Sand übrig. Weiterhin sollte man bedenken, dass Beton sehr schwer ist. Fragilere Formen sollten, zum Beispiel durch eine Sandumhüllung oder Klebeband, gestützt werden. Sonst kann es passieren, dass sie beim Verdichten des Betons brechen. Auch wenn altes Filament benutzt wird oder die Layerhaftung nicht stimmt, kann Klebeband helfen. Malerkrepp funktioniert hier gut und belastet die Umwelt nicht so wie Kunststoffklebebänder.

Als Druckmaterial habe ich PLA und PETG ausprobiert. Beide werden bei Kontakt mit Zement und Wasser recht schnell spröde. Besonders dort, wo die Layer aneinander haften,

ergibt sich eine ideale Angriffsfläche. Daher sollte man die Formen, sobald sie gefüllt sind, vorsichtig behandeln.

Beton herstellen

Wenn es um dekorative Dinge geht, ist Beton nicht schwierig herzustellen. Geht es dagegen um tragende Konstrukte, wenden Sie meine Rezepte nicht an! Ein für dekorative Objekte gutes Mischungsverhältnis ist Zement zu Sand von 1:2 bis 1:3. Mehr Zement ergibt feinere Strukturen, aber noch besser wird es, wenn man feineren Sand benutzt. Möchte man ein eher rustikales Aussehen, so kann man auch größeren Kies oder weitere Zuschlagstoffe probieren. Beton soll sich auch gut mit *Beton-*

pigmenten färben lassen, dies habe ich aber nicht selbst ausprobiert.

Normaler Spielsand ist ein guter Kompromiss. Eine Stufe feiner bekommt man ihn durch Sieben, dies entfernt auch etwaige organische Stoffe wie Blätter oder Ähnliches. Feiner Quarzsand kann für sehr glatte Oberflächen verwendet werden, ist aber recht teuer. Vogelsand soll sich auch gut eignen. Lehmhaltiger Sand mag sehr fein erscheinen, klebt aber in feuchtem Zustand im Beton sehr und lässt sich nur schwer verarbeiten. Es kann auch reiner Zement ohne Sand verwendet werden, wenn wenig mechanische Stabilität benötigt wird. So lassen sich gipsartig glatte Oberflächen erzielen.

Fertig gemischter Kreativbeton ist meiner Meinung nach einfach nur teuer. Er besteht auch nur aus normalem Zement und feinem Quarzsand. Schnell abbindende Betonmischungen verursachen Stress, wenn man mehrere Formen füllen möchte. Dann wird nämlich die Zeit knapp, um den Beton nach dem Füllen auch ausreichend zu verdichten.

Beim Anrühren des Betons zuerst Sand und Zement trocken gut vermischen, erst dann vorsichtig etwas Wasser zugeben. Eine kleine Giesskanne hilft hier, das Wasser zu dosieren. Mit einer kleinen Kelle oder Schaufel mischen. Vorsichtig und langsam immer etwas mehr Wasser zugeben, bis die gewünschte Konsistenz erreicht ist. Der häufigste Anfängerfehler ist, dem Beton zu viel Wasser hinzuzusetzen.

Für kleine Formen kann man den Beton durchaus flüssiger anrühren, um ihn problemloser in die Form zu bekommen. Diese flüssigeren Betonmassen benötigen mehr Zeit zum Abbinden und bekommen eine porösere Struk-



Vase-Mode-Drucke, ursprünglich als Materialtests gedacht

tur. Diese wird nicht etwa durch Luftblasen, sondern durch Wassereinlagerungen verursacht. Alle Hausmittelchen, wie Spülmittel im Wasser, um den Beton flüssiger zu bekommen und trotzdem eine feine Oberfläche zu erhalten, funktionieren meiner Erfahrung nach nicht. Auch bei teuren kommerziellen Beton-Fließmitteln wird die Wirkung auf den Beton im kleinen Maßstab sehr kontrovers diskutiert.

Bei komplizierten Formen kann man vorab etwas Speiseöl, WD40 oder verflüssigtes Wachs (glättet auch die Layerstrukturen) als Trennmittel in der Form verteilen, um das Entformen zu erleichtern.

Mit welchem Werkzeug vom Esslöffel bis zur Schippe oder auch per Hand (Handschuhe tragen!) man den Beton am besten in die Form bekommt, hängt stark von der Form ab. Es hilft, den Beton schon beim Füllen der Form durch vorsichtiges Klopfen, Schütteln und Kippen der Form zu bewegen, damit der Beton fließfähiger wird. Beton, der daneben geht, fängt man in dem Mischbehälter auf und verwendet ihn wieder.

Nachdem der Beton in der Form ist, kommt ein sehr wichtiger Schritt: das Verdichten in Form von Klopfen, Rütteln, Stampfen und ähnlichen Bewegungen. Durch die Vibrationen beim Verdichten wird der Beton fließfähiger, kann in alle Ecken gelangen und Luftblasen können in der Form aufsteigen. Dabei sollte man die Form öfters auch schräg halten, sodass auch Luftblasen aufsteigen können, die sich in Unterschneidungen der Form gefangen haben. Sie sollten sich einige Zeit dafür nehmen. Stellt man die gefüllten Formen auf ein Brett, kann man mit leichten Schlägen eines Gummihammers auf das Brett den Beton verdichten. Auch ein Schwingschleifer, auf das Brett aufgesetzt oder unter die Form gehalten, treibt schnell Luftblasen nach oben. Ein schönes Projekt wäre eine *Rüttelflasche*, wie sie im Bau verwendet wird, mittels Motor und Unwucht nachzubauen. Ich bin aber gut ohne klargekommen.

Vase-Mode

Der *Vase-Mode* ist ein in praktisch allen Slicer-Programmen verfügbarer Druck-Modus, der ein Objekt hohl und mit nur einer Wandstärke (Perimeter) spiralförmig ohne abzusetzen druckt. In manchen Slicern nennt sich der Mode auch *Spiralize Outer Contour* oder ähnlich. Damit die entstehende hohle Form wasserdicht ist, dürfen keine zu großen Überhänge oder waagerechten Flächen im Modell sein, die extrudierten Kunststoff-Fäden würden

sich nicht mehr berühren und so Löcher entstehen.

Bei kleineren Überhängen vermeidet man diese Löcher am besten dadurch, dass nicht die Layerhöhe verringert, sondern im Slicer die Extrusionsbreite erhöht wird. Auch mit einer Düse mit der Bohrung von 0,4mm kann man 0,8mm Extrusionen erhalten, damit sind die Vase-Objekte viel dichter und stabiler.

Jetzt heißt es geduldig sein. Die gefüllten Formen sollten sicher vor Tieren und neugierigen Zeitgenossen aufgestellt werden. Beton, also der Zement darin, „trocknet“ nicht, sondern härtet unter Wasseraufnahme chemisch aus und verbindet sich dabei mit dem Sand oder Kies. Daher kann man Beton auch bei Regen draußen aushärten lassen. Wenn es sehr heiß ist, sollte man die Formen vor Sonne schützen und ab und zu mit Wasser besprengen, da ansonsten mangels Wasser der Beton nicht richtig aushärtet. Bei Temperaturen unter 10°C sollte man Beton nicht draußen verarbeiten.

Ausformen

Auch wenn es in den Fingern juckt und Sie gespannt auf das Ergebnis sind, sollten die Formen mindestens 24 Stunden nicht bewegt werden, besser noch zwei Tage. Bei sehr filigranen Objekten auch noch länger, denn Beton wird zwar recht bald fest, aber die sprichwörtliche Härte bekommt er erst nach Tagen oder gar Wochen. Es gibt aber, neben der Neugier, noch einen guten Grund, nicht zu lange zu warten: Frischer Beton ist an der Oberfläche noch relativ weich, sodass die ausgeformten Figuren etwas einfacher nachbearbeitet werden können.



Warnhinweise

Schutzbrille, Handschuhe und Staubmaske sind beim Arbeiten mit Zement wichtig! Zement reizt Haut, Augen und Lungen. Werkzeuge und Arbeitsflächen lassen sich vor dem Abbinden des Betons einfach mit viel Wasser reinigen. Beim anschließenden Bürsten und Schleifen sollten Sie nass arbeiten, der abgebundene Zement ist zwar nicht mehr so gefährlich, aber trotzdem ist der entstehende Staub sehr fein. Das Wasser bei der Bearbeitung bindet ihn.

So kann man etwaige Fehler oder Grate, die durch die Form entstanden sind, ohne besonders harte Werkzeuge abtragen. Auch sammelt sich an den fertigen Figuren außen eine dünne Schicht reiner Zement an: Dort zeichnen sich deutlich die Drucklayer ab. Ichbürste mit einer kleinen Stahlbürste diese Schicht ab, bis mir das Aussehen zum Objekt passend erscheint.

PLA und PETG werden sehr brüchig, während der Beton aushärtet und können dann



Form mit Beton befüllen



Werkzeug zum Verdichten des Betons



Ausbeute eines Tages



Form aus PLA beim Auspacken

gut in Stücken abgetrennt werden. Vorsichtig (wie gesagt, der Beton ist noch leicht verletzbar) mit einem Messer die Form anritzen und dann mit einem Kunststoffspatel (ich nehme ein Nylon-Plektrum) unter den Kunststoff fahren, Stücke anheben und ausbrechen. An komplizierten Stellen mit Hinterschnidungen nicht mit Gewalt herangehen und diese Stellen lieber bis zum kompletten Aushärten des Betons aufschieben. Ich habe an einer besonders engen Stelle schon mal das PLA mit einer Heißluftpistole erwärmt, um es dann wie einen Kaugummi aus der Lücke zu ziehen.

Nachbearbeitung

Beton kann natürlich in praktisch jeder denkbaren Art nachbearbeitet werden. Allerdings muss man beim Bohren mit Hammerschlag, sei es um das Objekt aufzuhängen oder aufzustellen, vorsichtig sein, damit man die Figur nicht zerstört. Ist Beton optimal ausgehärtet, empfehlen sich diamantbesetzte Werkzeuge, wenn man größere Arbeiten vornehmen möchte. Anmalen geht mit den üblichen, für



Betonguss in Latexform

Beton geeigneten Farben und Voranstrichen aus dem Baumarkt. Ich benutze gerne Erde und grüne Pflanzenteile, um die Figuren so richtig einzusauen und lasse sie dann einfach dem Regen und der Sonne ausgesetzt im Garten stehen. So erhalten sie eine sehr natürliche Patina. Der Beton ist auch frostsicher, wenn er keine kleinen Hohlräume oder Risse enthält, in denen sich Wasser sammeln und dann beim Gefrieren den Beton aufsprengen könnte.

Urform aus dem 3D-Drucker

Ein 3D-Drucker kann auch dazu benutzt werden, Urformen herzustellen. Nicht alle Objekte lassen sich im Vasemode drucken oder sind selbst in mehrteiligen Formen nicht entformbar. Dies kann mit einer flexiblen Form umgangen werden, sei es als Gußform oder Stülpform. Rein aus Interesse bestellte ich mir etwas Formen-Latex, was in kleineren Mengen wirklich ins Geld gehen kann. Schmadderei mit Baumarkt-Silikon wollte ich mir zum Anfang nicht antun.

Auf der Suche nach geeigneten Formen für meinen Test fand ich einen Low-Poly-Schädel (Link in der Kurzinfo), der einen gewissen Grusel und trotzdem etwas Niedlichkeit ausstrahlt. Ich druckte vier Stück, klebte sie in eine kleine Box, verwendete etwas Spülmittel als Trennmittel und goss das Latex herum. Obwohl die Aushärtung von Latex etwa 24 Stunden dauert, ist es nur 20 Minuten verarbeitbar. Das klingt lang, aber als Anfänger sollte man sich vorher genau überlegen, ob alles bereitliegt und die Arbeitsschritte alle sitzen. Profis benutzen Vakuumkammern, um Luftblasen aus dem Latex zu bekommen, ich habe nur geklopft und etwas mit einem Schwingschleifer die Form vibrieren lassen.

Am nächsten Tag holte ich vorsichtig die Urformen aus dem Latexblock. Das Latex war wirklich eine gute Investition, alles ließ sich ohne Defekte herauslösen. Der erste Betonguss gelang auf Anhieb, weder die Köpfchen noch die Form ging kaputt. Inzwischen habe ich etliche Zyklen mit Beton und Wasser (für Eis-„Würfel“ in Schädelform) gemacht und die Form hat keine Beschädigungen.

Sie sehen mit Beton kann man sehr kreativ sein – vom klassischen Formenbau über alte Plastikgefäße die als Formen für Lautsprecher dienen (Links in Kurzinfo), Betonelemente in Sandförmchen oder Keksformen, dem Abformen von Blättern bis hin zu gedruckten Formen oder Latex-Gussformen ist eine große Bandbreite für das Making gegeben. Nach ein paar Versuchen entwickelt man schnell ein Gefühl, was geht oder was doch eine andere Arbeitsweise erfordert. Wenn Sie mit diesen oder ähnlichen Methoden eine dekorative Figur oder sogar ein funktionales Teil aus Beton herstellen, würden wir uns freuen davon zu hören. Oder stellen Sie das Projekt doch gleich auf *Make Projects* vor! —caw

Klein – aber oho!

Mit MicroPython spielend leicht
Mikrocontroller programmieren

und exklusiv im heise shop
NEU



Heft + PDF
mit 29%
Rabatt



Make Micropython Special

Diese Make-Sonderausgabe zeigt Ein- und Umsteigern, wie man mit MicroPython leicht und schnell eigene Projekte mit dem ESP32 umsetzt. Wie immer in Make Specials geht's sofort in die Praxis mit Audio-Projekten, einer CO₂-Ampel und mehr.

Auch als einzelnes Heft erhältlich.

shop.heise.de/make-micropython

Heft + PDF
für nur
19,90 € >

 heise shop

shop.heise.de/make-micropython >

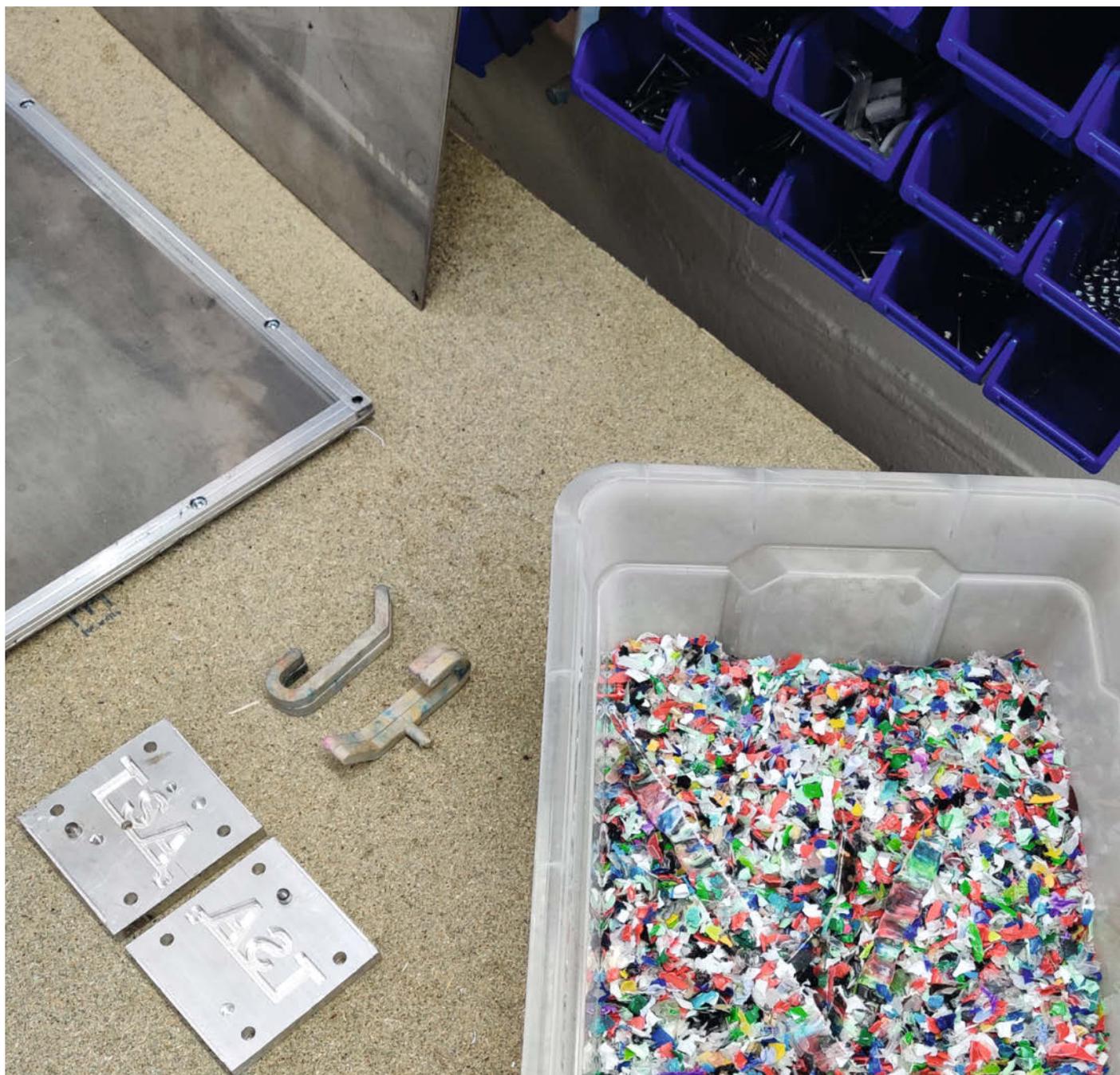
> Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 €. Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

© Copyright by Maker Media GmbH

Kunststoffabfälle selbst recyceln

3D-Druck ist für viele eine Lieblingsfertigungsmethode geworden. Dafür wird eine Menge Kunststoff verwendet, aber die Reste davon oder das Material von Fehldrucken kann weder gut entsorgt noch wiederverwendet werden. Für Fehldrucke und andere Plastikabfälle verspricht allerdings das Projekt Precious Plastic Abhilfe durch Selbsthilfe. Ein Erfahrungsbericht.

von Stella Maria Risch



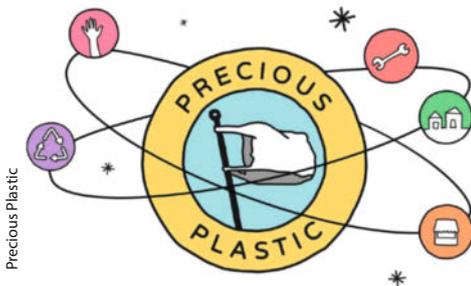
In der Make 2/21 haben wir bereits beschrieben, dass PLA und Co. nicht in die gelbe Tonne gehören und dass manche Kunststoffarten, die dort landen, nicht gut getrennt und recycelt werden können. In Makerspaces und Fablabs mit 3D-Druckern fällt auf Dauer aber viel solches Abfallmaterial an. Darum zeigen wir hier eine Möglichkeit, wie man mit alten Drucken umgehen und vielleicht noch ein paar Kunststoffe aus dem Haushalt mit verwursten kann.

Precious Plastic

Dem Thema Kunststoffrecycling mit möglichst selbstgebauten Maschinen hat sich das *Precious Plastic Universe* angenommen, dessen Community sich mittlerweile über die ganze Welt erstreckt. Ursprünglich von Dave Hakkens nach dem Abschluss seines Design-Studiums initiiert und wie viele andere Designbüros nach sich selbst betitelt, wurde das Projekt Ende 2020 in *One Army* umbenannt, um den Charakter als Gemeinschaftsprojekt und die vielen verschiedenen Fachrichtungen zu betonen, die daran mitarbeiten.

Precious Plastic Academy

Auf der Website (Link in der Kurzinfor) zeigt Precious Plastic sehr umfassend alles Wichtige und Wissenswerte, was man über die Verarbeitung von *Thermoplasten* (Kunststoffe, die bei bestimmten Temperaturen schmelzen, anstatt zu verbrennen) wissen sollte. Unter der Rubrik *Academy* erklären sie die Inhalte in Videoform, aber auch als Text mit schönen Illustrationen, sodass man sich sein Lieblingsmedium aussuchen kann, wenn man Informationen sucht. Dabei gehen sie auf die unterschiedlichen Kunststoffarten ein, erklären die Chemie-Theorie dahinter (zum Beispiel „Was ist ein Polymer?“ und den Unterschied zwischen *Thermoset*, *Thermoplast* und *Elastomer*), ob diese Gase ausstoßen und welche Schutzmaßnahmen für die Verarbeitung nötig sind. Damit möglichst viele Leute mit recyceln können, bietet die Community für die benötigten Maschinen (Schredder, Extruder, Sheetpress, Spritzgussmaschine) Bauanleitungen und -pläne online *open source* an.



Precious-Plastic-Logo mit Symbolen der unterschiedlichen Workshop-Arten

Kurzinfor

- » Das Precious Plastic Universe und seine Bereiche Academy, Map, Bazar
- » Verwendungsbeispiele für die recycelten Sheets, Beams, Extrusionen und Spritzgussformen
- » Ausprobiert: Sheets backen im DevLab

Mehr zum Thema

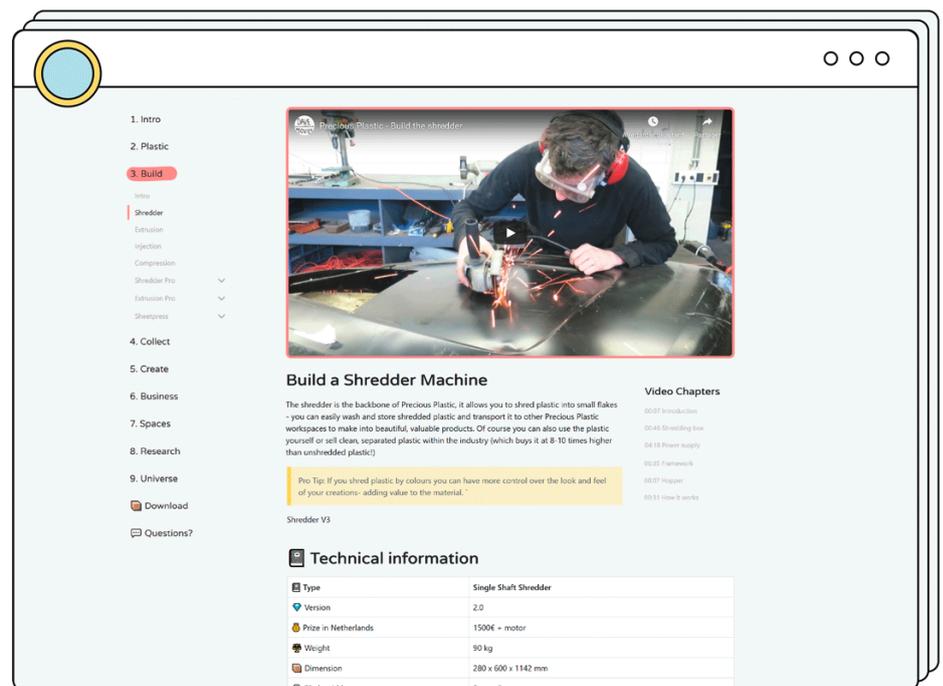
- » Samer Najia, 3D-Druck-Abfall wiederverwenden, Make 2/21, S. 126
- » Heinz Behling, 30 Filamente für jeden Zweck, Make 2/19, S. 8

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xpy6

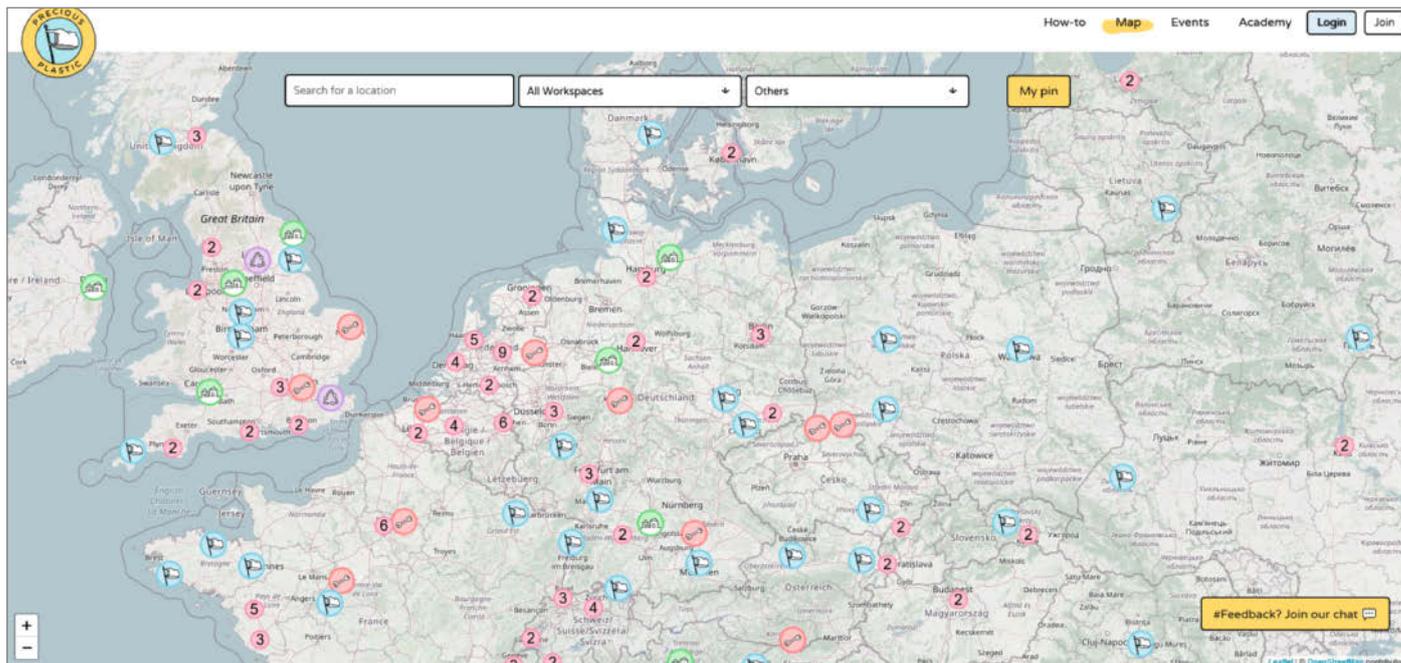
Precious Plastic Map

Auf der Workshop-Karte sind die unterschiedlichen Werkstatt-Arten markiert, sodass man erkennen kann, welche der vielen Schritte die einzelnen Werkstätten beim Recyclen übernehmen können. Diese Differenzierung gibt es erst seit Ende 2019, mit dem Ziel, dass sich manche auf einem Gebiet spezialisieren können und dort zum Experten werden. Zum Beispiel wird unterschieden, ob der Workshop eine Sammelstelle ist, eine Schredder-, Spritzguss-, Extrudermaschine hat oder auf eine Sheetpress (Erhitzen und Pressen des Kunststoffs in Plattenform) spezialisiert ist. Die einzelnen Maschinen werden im Verlauf genauer vorgestellt.

Die Pins auf der Karte enthalten auch Kontaktdaten, damit man sich mit den Leuten vor Ort verabreden kann. Ich habe für diesen Artikel selbst einen Workshop im neuen Space *DevLab* in Wuppertal besucht. Mehr Details dazu gibt es weiter unten. Dort habe ich von Dennis erfahren, der sich dort hauptsächlich für Crafting und Recycling-Themen engagiert und den Verein als Vorstand vertritt, dass die Pins in Deutschland vor ein paar Jahren noch zahlreicher gesät waren. Die eingetragenen Workshops befinden sich eher in größeren Städten, sodass ich ins Auto steigen musste, um meinen am nächsten gelegenen Workshop zu besuchen und mich übers Recyclen zu informieren. Weltweit sind auf der Karte



Precious Plastic Academy: Oben auf der Website ist ein Video zu finden, weiter unten wurde der Inhalt auch verschriftlicht.



Kartenausschnitt von Deutschland und Nachbarländern samt Workshop-Markierungen

insgesamt fast 600 Workshop-Markierungen eingetragen.

Bazar

Im *Bazar* von Precious Plastic findet man Bauteile für eigene Nachbauten der Maschinen, Zubehör oder direkt die fertigen Geräte. Material wie Flakes oder fertige Sheets werden auch angeboten.

Precious Plastic V4

Ende 2019 wurde *Version 4 des Projekts* veröffentlicht – ja, des Projekts, nicht einzelner Geräte. Das beinhaltet unter anderem, dass sie ihre Maschinen überarbeitet haben, um noch effektiver und anwenderfreundlich zu werden. Um neuen Workshops Hilfestellung zu bieten, haben sie Vorlagen für Businesspläne vorbereitet, etwa eine Modellrechnung, um einen Workshop eröffnen zu können und auch eine Möglichkeit, die hergestellten Produkte zum Verkauf bepreisen zu können. Zum Eröffnen eines Workshops gibt es nun auch Starterkits

als Hilfestellung. Und erst seit der neuen Version werden die unterschiedlichen Workshop-Arten auf der Karte als solche markiert, wie eingangs erwähnt.

Forschung

Precious Plastic forscht und entwickelt immer weiter. Ein Projekt aus der Corona-Pandemie ist, die Einwegmasken aus Polypropylen für etwas Nützliches wiederzuverwenden. Sie sind keinesfalls aus Textil oder Papier, wie eine oder einer vielleicht denken mag. Sie bestehen aus Kunststoff, den man nicht einfach wegwerfen sollte, um 500 Jahre auf die Zersetzung zu warten. Precious Plastic sind natürlich nicht die einzigen, die in diese Richtung experimentieren. Wer sich aber für das Thema interessiert, kann sich auf YouTube das Video dazu ansehen. Das ist auch in der Hinsicht interessant, dass meist feste Gegenstände wie Flaschendeckel geschreddert werden. Folien oder gewebeähnliche Gegenstände verhalten sich allerdings im Schredder anders.

Recyceltes Material wiedererkennen

Besonders beeindruckend finde ich, wie durchdacht das System bei Precious Plastic ist: Wenn neue Produkte aus altem eingeschmolzenem Kunststoff hergestellt werden, schmilzt auch ihre Markierung ein, die verrät, aus welchem Material es genau besteht. Um dasselbe Material nochmal benutzen zu können, haben sie sich überlegt, wie idealerweise die Thermoplasten erneut markiert werden könnten, um die Information auch zukünftig gut wiederzufinden. Dafür haben sie Stempel entworfen, die erhitzt die Markierung im Thermoplast hinterlassen. Das wäre natürlich auch bei allen Drucken aus Filament möglich.

Techniken

Auf der Seite werden viele unterschiedliche Projekte vorgestellt und gezeigt, was für Möglichkeiten es gibt, die Thermoplasten weiterzunutzen und zu welchen Produkten sie

So sehen die Precious-Plastic-Maschinen samt dazugehörigen Kunststoffteilen aus: links ein motorbetriebener Schredder, rechts daneben Extruder mit Beams, Spritzgussmaschine und ganz rechts die Sheetpress.



Precious Plastic



Stempel zum Prägen von Gegenständen aus thermoplastischen Kunststoffen

umgewandelt werden können. Mit einem Schredder, ob motor- oder handbetrieben, wird das Material zuerst zerkleinert. Ein Extruder erhitzt es und gibt es als Schnur aus, die man im warmen Zustand um ein formgebendes Objekt wickeln kann. Das abgekühlte Objekt kann zum Beispiel als Korb oder Obstschüssel genutzt werden. Wenn man an ihm ein Vierkantprofil befestigt, benutzt es der Extruder als Form und es entsteht ein *Beam*.

Mit einer anderen Maschine kann man Spritzgussteile in (selbst-)gefrästen Alu-Formen herstellen. Wer keine Fräse hat, der kann versuchen, sich selbst Formen aus Hochtemperatur-Resin mit dem SLA-Verfahren in 3D zu drucken. Im Bazar bietet jemand das Konstruieren von 3D-Formen und Drucken als Service an. Der Preis variiert je nach Zeitaufwand. Für mehr Infos zu dem individuellen Angebot kann man per Nachricht Kontakt aufnehmen. Das verwendete Resin soll bis zu 225°C aushalten. Aber selbst wenn man bereits einen geeigneten Resin-Drucker zur Verfügung hat, kostet Hochtemperatur-Resin ungefähr 200 Euro pro Liter – die Anschaffung einer Flasche davon für den Eigendruck lohnt sich nur, wenn man viele Formen selber herstellen möchte. Die Resin-Formen werden vermutlich schneller als Alu-Formen verschleßen. So ist das *High Temp Resin V2* von Formlabs zwar laut Hersteller für *Gussform-Prototyping* gedacht, allerdings führt er *Spritzgießen mit Industrieanlagen* und *starker Belastung ausgesetzt sein* als nicht empfehlenswert auf.

Produktideen

Normalerweise werden Steckdosen und Lichtschalter aus *Virgin-Material* hergestellt – frisch hergestelltem Kunststoff. Das ist eigentlich unnötig, was vor allem bei alltäglich verwendeten Produkten bedacht werden sollte. Auch wenn Thermoplasten bei jedem Erwärmen leicht degenerieren und deswegen nicht ewig wieder benutzt werden können, fällt das beim Spritzguss weniger ins Gewicht. Anders ist es bei der Filamentherstellung, bei der es auf sehr kleine Toleranzen ankommt.



Durch unterschiedliche Techniken hergestellte Recyclingprodukte



Spritzgussform einer Steckdose



Bank aus *Beams*



Stuhl aus recyceltem gebogenen Material



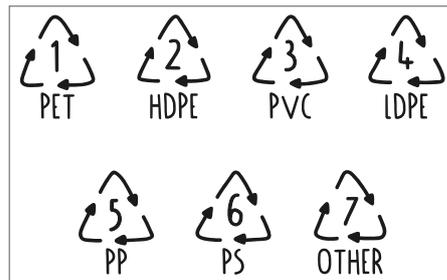
flowalistik

flowalistiks Plastic-Smoothie-Projekt

Die Formherstellung ist allerdings aufwendig und einige Kriterien sollten bei der Konzeption beachtet werden. Dafür gibt es aber bei Precious Plastic Anleitungen. Wenn man ein schnelles Erfolgserlebnis möchte, kann man eine fertige Form auf dem Bazar bestellen. Allerdings ist man mit dem Produkt, das aus der Form heraus kommt, durch das Angebot etwas eingeschränkt. Workshops für Anfänger spritzgießen häufig Karabinerhaken – die sind funktional und können am Schlüsselbund als Erinnerung getragen werden. Häufig sind auch Formen für Käämme, Lineale, Blumentöpfe, Wandhaken, Knäufe und iPhone-Hüllen.

Eine andere Möglichkeit ist, das Material als *Sheet* oder *Beam*, eine Art Vierkantvoll-

profil, aufzubereiten. Diese lassen sich mit herkömmlichem Werkzeug verarbeiten. Ähnlich wie Sperrholz kann man sie in unterschiedlichen Materialstärken aufbereiten, zum Beispiel 1cm dick. Die Stärke hängt hierbei ganz von der verwendeten Technik oder Form ab. Wenn das Sheet per Hand gepresst wird (was auch geht), ist das natürlich eine weniger akkurate Methode. Eine bestimmte Materialstärke kann dann nachträglich mit einem Dickenhobel hergestellt werden, falls für ein Projekt nötig. Die Platten lassen sich auch sonst sehr ähnlich wie Holz verarbeiten – unter anderem mit einer Säge zuschneiden, bohren, feilen, lasern oder sogar – für Holz unmöglich – schweißen. Daraus können dann flache Gegenstände zugeschnitten werden. Oder sie



Precious Plastic

Zeichen zur Markierung unterschiedlicher Kunststoffarten

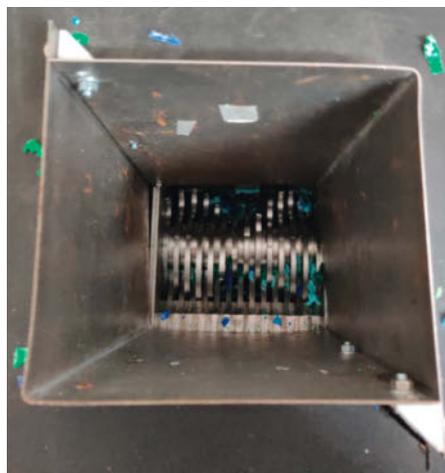
können zusammengesteckt werden, wie *flowalistik* mit seinem *Plastic Smoothie*-Projekt, das er auf Social Media präsentiert.

Falls ihr fürs Recyceln keinen Ofen zur Verfügung habt, lässt sich die Sheetproduktion mit anderen Haushaltsgeräten abwandeln. Der Kunststoff ist alternativ auch in einer Pfanne mit Backpapier dazwischen in einem Schnellkocher erwärmbar. Die Metallform aus zwei Blechen kühlt dann in einer Presse unter Druck ab. So entstehen ebenfalls gleichmäßige Sheets, die dann aber rund und nicht viereckig gepresst werden. Diesen Ablauf zeigt *Precious Plastic Philippines* in einem YouTube-Video.

Oder habt ihr einen alten zerkratzten Panini-Kontaktgrill? So einen benutzen *Brothers Make* in ihrem Video. Den Kontaktgrill könnt ihr (mit Backpapier zum Schutz vorm Festbacken) zum Erwärmen des Plastiks benutzen und es mit dicken Silikon-Ofenhandschuhen zwischendurch wenden, falten und Material nachlegen. Wenn das Material nach Farben getrennt eingelegt wird, entsteht durch das Falten das schöne Marmormuster. Die Presse ist im Kontaktgrill im Grunde schon eingebaut. Im Vergleich mit der Größe von DevLabs Ofenblechen ist die Fläche vom Kontaktgrill aber



Motorbetriebener Schredder. Darunter steht eine Kiste als Auffangbehälter.



Öffnung des Schredders. Hier werden meist Flaschendeckel eingefüllt.



Das zerkleinerte Material ist zu Flakes geworden.

deutlich kleiner und lässt sich auch nicht so schön skalieren.

Wie im Artikel aus der Make 6/20 beschrieben, ist Kunststoff schwierig zu kleben – in dem Punkt unterscheidet es sich zur Holzverarbeitung. Die unterschiedlichen Kunststoffe erfordern unterschiedliche Klebetechniken und die Klebstoffe würden das Material bei erneuter Wiederverwendung verunreinigen. Falls ihr also Teile zusammenfügen wollt, um zum Beispiel eine Box zu bauen, empfiehlt es sich hier eher, die Kanten anzuschmelzen und sie dann zusammenzudrücken.

Ausprobiert: Plastikrecyclen im DevLab

Um mir die Durchführung im Alltag genauer anzusehen, habe ich das DevLab in Wuppertal besucht. Es ist ein recht junger Space und beschäftigt sich unter anderem genau mit der Bearbeitung von Kunststoffen und experimentiert gerne. Um die Maschinen in Aktion sehen zu können, habe ich aus meinem Haushalt alles an Kunststoff zusammengesucht, was weg konnte.

Trennen und Waschen

Wichtig ist zuerst, dass nicht jedes kleine bisschen Kunststoff, das man findet, gut wiederverwendet werden kann oder sollte, denn das Material muss sehr genau als solches erkannt, getrennt, gewaschen und von Etiketten befreit werden. Man möchte immerhin Lebensmittel- oder Shampooreste nicht mit verarbeiten. So viel sei hier schon verraten: Trotz Reinigung roch das am Ende entstandene Sheet immer noch nach Shampoo- Duftstoffen.

Manche Verpackungen (nicht alle) tragen gut versteckt zur genauen Identifizierung ein kleines Dreieckzeichen mit einer Zahl. Rein nach Augenschein ist das Unterscheiden schwierig, denn die Materialien sind sich manchmal in Härte, Glanz oder Farbe/Durchsichtigkeit sehr ähnlich. Besonders gerne nutzt Dennis Flaschendeckel fürs Recycling. Die bekannten PET-Plastikflaschen kennen bestimmt alle. Die Deckel sind aber meist aus der Nummer 2 im Dreiecksystem, sprich HDPE gemacht. Es wird viel für Verpackungen wie Shampoo oder Putzmittel benutzt. Falls ihr durch ähnliche Bezeichnungen verwirrt seid: Manchmal sind die Deckel auch mit PE-HD oder PE beschriftet. Die Polyethylen-Typen unterscheidet sich in der Dichte.

Schreddern und Aufbewahren

Nun sind die Plastikgegenstände bereit, geschreddert zu werden. DevLab hat dafür einen tischhohen motorbetriebenen Schredder. Die dabei entstehenden Flakes fallen einfach in



Gefräste Aluminiumform für Wandhaken

eine Box darunter. Wenn die eine Kunststoffart fertig geschreddert ist, sollten die Flakes auch getrennt in beschrifteten Behältern gelagert werden.

Beheizte Handhebelpresse

Eine Möglichkeit, die Flakes in eine Form zu bringen, ist das Pressen der geschmolzenen Kunststoffe in eine Aluminiumform; in diesem Fall mit einer beheizten Handhebelpresse.



Die Flakes bilden einen kleinen Berg. Sie sollen sich im Ofen gleichmäßig verteilen und keine Luftblasen hinterlassen.



Die Form ist nun fertig mit Federn verschraubt und kann in den Ofen geschoben werden.



DevLabs Handhebelpresse als Tischgerät

DevLab hat sich mit dem Modell von Precious Plastic beschäftigt und beschlossen, dass ihnen der Standfuß zu sperrig ist. Also haben sie ihre Presse als Tischgerät gestaltet und natürlich online dokumentiert.

Sheets

Dennis experimentiert mit unterschiedlichen Versionen von Sheet-Formen für einen Küchenbackofen. Die Form, die wir hier verwendet



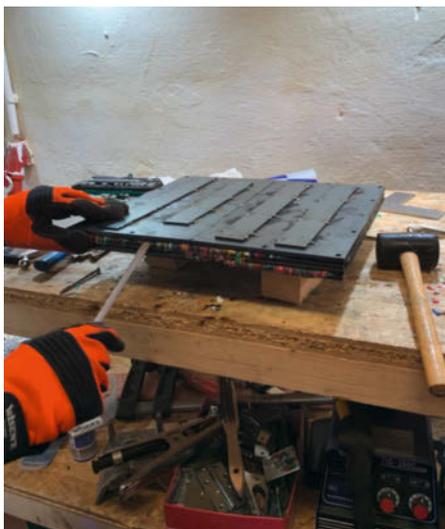
Vor dem Einfüllen der Flakes wurden die Bleche mit Silikonspray beschichtet, damit sich das fertige Sheet gut von der Form lösen lässt.



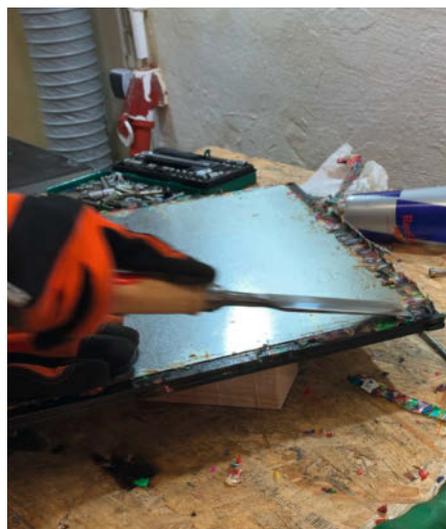
V4 der Form für die Sheet-Produktion. Sie ist nun leichter und günstiger.



Wir gucken nach, ob die Temperatur schon erreicht ist.



Das Sheet ist endlich fertig gebacken und die Form wird aufgehoben.



Das Material ist leicht über die Ränder getreten. Das kann man aber leicht richten.

haben, ist seine V3, welche an den Kontaktstellen um verzinkte Metallbleche erweitert wurde. Trotzdem müssen sie noch zusätzlich mit Silikon spray besprüht werden, damit der Kunststoff nicht kleben bleibt. So wird die Oberfläche des Sheets auch schön eben. Außerdem empfiehlt er, lieber kleine Flakes zu verwenden. Sie funktionieren besser als größere (anfangs wurden 5-8mm Flakes verwendet). Form V3 funktioniert, ist aber wegen des geschweißten Stahls teuer und schwer. Die nächste Variante besteht aus verzinktem Stahlblech und Alu-Profilen, die festgeschraubt werden.

Als nächsten Schritt legen wir die Flakes auf die untere Hälfte der Stahlform. Dabei bilden sie einen Berg: Damit im Ofen keine

Löcher oder Luftblasen im Sheet entstehen, sollten mehr Flakes genutzt werden als die Fläche bedecken – hier benutzen wir 1200g. Für die perfekte Füllmenge hat Dennis das Volumen des Blechs mit der Dichte des Materials multipliziert und 10 % zur Sicherheit hinzugefügt. Die Oberseite der Form wird mit Federn fixiert und gespannt.

Im Ofen backen

DevLab hat sich zum Backen der Sheets extra einen gebrauchten Backofen zugelegt. Denn nachdem Kunststoff im Ofen erhitzt wurde, ist dieser nicht mehr für Lebensmittel zu empfehlen. Wie ihr vielleicht vom 3D-Druck wisst,

gasen manche Kunststoffe gesundheitsschädlich aus. Also vorher auf jeden Fall gründlich informieren!

Der Ofen wird gut auf Temperatur gebracht. Wegen der hohen thermischen Masse dauerte das relativ lange. Je nach Kunststoffart und Menge muss eine bestimmte Temperatur erreicht werden und dann über einen bestimmten Zeitraum backen. Hier funktionierten 200 Grad Celsius über anderthalb Stunden gut. Wir messen immer wieder die Temperatur nach.

Wenn der Kunststoff lang genug gebacken hat, kann man das Metallblech vorsichtig mit Handschuhen aus dem Ofen holen. Vor dem Öffnen sollte es aber gut abkühlen!



Am Sheettrand ist etwas Material übergetreten. Das lässt sich mit Beitel oder Säge abschneiden.



Fertiges Sheet. Die Oberfläche glänzt unabhängig vom Blickwinkel leicht.



Der Ofen hat nun einen festen Platz im Workshop und kann vier Formen gleichzeitig beherbergen.

Einschätzung

Der Ausflug ins DevLab und die Recherche über Precious Plastic hat mich fasziniert. Dabei habe ich so viel über die unterschiedlichen Thermoplasten und ihre Eigenschaften gelernt – das Thema lässt mich seitdem nicht mehr los: Ich werde zukünftig meine Fehldrucke auf jeden Fall sammeln und versuchen, das Material noch weiter zu benutzen. Durch den Artikel aus der Make 2/21 über Pelletextruder-Drucker weiß ich, dass gebrauchtes Material zu einem hohen Anteil mit frischem Kunststoff gemischt werden sollte. Kurz vor Druckschluss beschäftigte sich der Youtubekanal *CNC Kitchen* mit einem Filamentextruder und druckte aus seinem recycelten Filament ziemlich erfolgreich neue Sachen, ohne frisches Material unterzumischen. Experimente zum Thema, welche Materialzusammensetzung sinnvoll ist und am Besten funktioniert, finde ich Wert, weiter beobachtet zu werden.

Könnte Recyceln im Alltag Aufwand darstellen? Es bedeutet einigen Aufwand, den Sheet-Ofen zu betreiben und ein paar Spritzgussdurchgänge zu machen. Damit kann man sich schon einen halben bis ganzen Samstag beschäftigen. Beim Backen wartet man wohl mit am längsten. Auch die Zeit zum Erwärmen

der Geräte dauert natürlich. Und der Schredder braucht, je nach Menge, natürlich auch mehrere Minuten. Das Sammeln des Materials funktioniert aber zum Glück auch zu Hause, ich finde das nicht aufwändig. Als ich DevLab besucht habe, hat dort gerade ein Student die Sheets für seine Masterarbeit vorbereitet; zumindest er hatte allerdings Probleme, für sein Projekt genug Material für eine Hand voll Sheets zusammenzubekommen.

Den Nachbau der Spritzgussmaschine empfehle ich Spaces, die im eigenen Space Formen fräsen können. Dann kann man seine Ideen ohne Umwege umsetzen. Für Experimente mit Formenbau zu Hause könnte ich mir vorstellen, dass auch Silikonformen eine interessante Technik sind (siehe auch Seite 22). Man sollte sich vorher auch mit den unterschiedlichen Kunststoffarten beschäftigen haben. Für die Sheetherstellung habe ich inzwischen mehrere Varianten gesehen, bei denen der Einstieg nicht so aufwendig ist wie zum Beispiel der oben erwähnte alte Paninigrill, den manch einer über hat. Aus den Ergebnissen kann man sich schnell etwas anfertigen. Anwendungsfälle für Extruder sehe ich nicht so häufig, ein extrudierter Beam wird aber bestimmt hin und wieder eine Anwendung finden.

In wie weit ist es aber wirklich nachhaltig, selbst Kunststoff zu recyceln? Ich finde es wichtig, den Begriff Nachhaltigkeit in unterschiedlichen Ebene zu betrachten: Benötigt ein Verfahren viel Energie, produziert es CO₂, oder verwendet es seltene Rohstoffe? Wenn man einen Ofen mit Starkstrom betreibt und über einen längeren Zeitraum benutzt, um Sheets zu backen, hängt die Nachhaltigkeit von den unterschiedlichen Wegen der Stromerzeugung ab. Mir scheint der Stromverbrauch in diesem Fall vertretbar, wenn dadurch die Herstellung von neuem Kunststoff verringert wird. Wie oben beschrieben, können dadurch manche Gegenstände aus dem Alltag ersetzt werden: Lichtschalter, Steckdosen, Teller, Becher, iPhone-Hüllen oder Lineale für Schulkinder, die dann in den Workshops verkauft werden. Aktuell ist Kunststoff in unserem Alltag als Verpackungsmaterial sehr stark vertreten. In den Medien wird immer wieder Mikroplastik und Plastik im Meer thematisiert. Wenn wir dadurch, dass wir uns mit Kunststoffrecycling intensiver beschäftigen, lernen, ihn wertzuschätzen, finde ich es durchaus erstrebenswert. Es öffnet im Alltag die Augen für das eigene Konsumverhalten. —stri

Ein Breadboard ist für Sie kein Schneidebrett?

Dann sind Sie bereit für den Einstieg in die Elektronik!

Exklusiv
im heise shop!



NEU

Make Elektronik Special

Make Elektronik Special bietet einen einfachen und praxisorientierten Einstieg in Transistorschaltungen, die Maker in eigenen Projekten einsetzen können. Das mitgelieferte Experimentierset inkl. Breadboard, Kabeln und 45 Elektronikbauteilen enthält alles, um die gezeigten Schaltungen sofort nachbauen und testen zu können. Dabei machen die speziellen Adapterplatinen den Aufbau zum Kinderspiel. Jede Menge Projekte zum Nachbauen sind ebenfalls dabei. Also – sofort loslegen!

shop.heise.de/make-elektronik21

Heft + Experimentierset für nur
44,95 €

Automatik-Blitzgerät

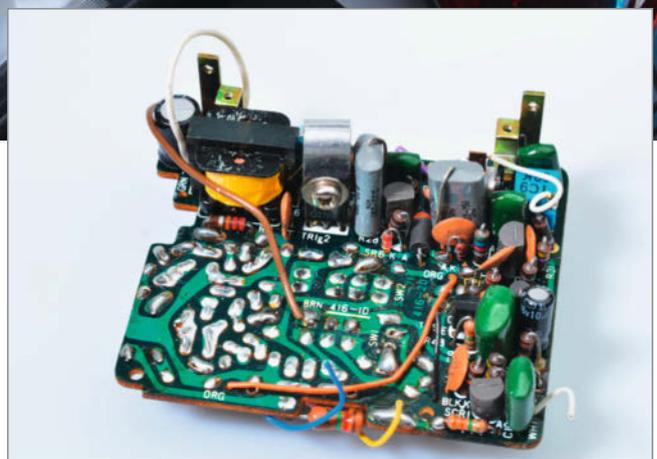
Wussten Sie schon, dass in einem Kamerablitz kurzzeitig Leistungen von 50kW freierwerden? Spannungen von 350V und Ströme von 150A sind die Regel, wenn eine Blitzröhre gezündet wird.

von Carsten Meyer

Alles zum Artikel
im Web unter
make-magazin.de/xzr2



1 Kopfteil eines Automatik-Blitzes mit Blitzröhre (im Reflektor), Thyristor-Platine und Blitzkondensator



2 Steuerungsplatine mit Spannungswandler (gelber Trafo links oben). Die Bedienelemente und Schalter finden sich auf der Unterseite.

Handliche Blitzgeräte mit Xenon-Blitzröhre gibt es seit über 60 Jahren, und noch immer ist diese Art der Lichterzeugung „State of the Art“, auch wenn in weniger lichtstarken Blitzen schon LEDs Einzug halten. Die Xenon-Gasentladungslampe wurde zwar schon in Vorkriegszeiten von Harold Edgerton für Labor-Stroboskope entwickelt, aber erst mit der Verfügbarkeit von Transistoren wurde der „Elektronenblitz“ Ende der 50er-Jahre gesellschaftsfähig.

Die Blitzröhre ① benötigt eine hohe Gleichspannung (300 bis 1000V) zur Funktion, die ein Transistor-Spannungswandler ② aus handelsüblichen Batterien gewinnt. Der Wandler ist auch für das pfeifende Geräusch nach dem Einschalten verantwortlich. Mit der Hochspannung wird ein dicker Elektrolytkondensator (bei Aufsteckblitzen 470 bis 1000µF) geladen; der Kondensator ist (im einfachsten Fall, dazu später) direkt mit den beiden Hauptelektroden der Blitzröhre verbunden. Die Blitzröhre zündet aber erst, wenn an einer Hilfselektrode ein „Zündfunken“ angelegt wird, ein kurzer, leistungsarmer Hochspannungsimpuls von einigen kV. Dann bildet sich in der Röhre ein leitfähiges, leuchtendes Plasma aus, das den dicken Blitzkondensator in wenigen zehn Millisekunden entlädt.

Die Blitzenergie (umgangssprachlich – aber falsch – oft auch „Blitzleistung“ genannt) errechnet sich nach der Formel $U^2 \cdot C / 2$ (mit U in Volt und C in Farad), sie steigt also quadratisch mit der angelegten Kondensatorspannung. Die beträgt bei Aufsteckblitzen 300 bis 350V, bei Studioblitzanlagen 600V und mehr.

Handelsübliche Kamerablitz liefern Blitzenergien von 20 bis 60 Wattsekunden (Joule), große Studioblitz bis zu 3000 Joule. Diese Angaben berücksichtigen nicht, dass der Kondensator nur unvollständig entladen wird. Bei Kamerablitzern wird dagegen immer die so genannte Leitzahl angegeben, die auch von der Brennweite des Röhren-Reflektors abhängt: Je stärker der Lichtstrahl gebündelt wird, desto höher fällt (bei gleicher Blitzenergie) die Leitzahl aus.

Automagisch

Unser Aufsteckblitz ist ein sogenannter Automatikblitz, bei dem eine Elektronik die Blitzenergie anhand der vom Objekt reflektierten Lichtmenge steuert. Je weiter entfernt das Objekt ist, desto weniger Licht fällt auf den frontseitigen Lichtsensor (meist ein Fototransistor) und desto mehr Energie wird der Blitzröhre zugeführt.

Die Steuerung der abgegebenen Lichtmenge ist dabei durchaus trickreich: Da man die Blitzenergie nicht stufenlos über die Kondensatorspannung einstellen kann (die Blitzröhre benötigt immer eine Mindestspannung von rund 300V) und die Kapazität des Blitzkonden-

sators fest vorgegeben ist, begrenzt man die Lichtmenge durch vorzeitiges Abschalten der Blitzröhre. Bei ganz modernen Blitzgeräten geschieht dies durch einen impulsfesten Leistungs-MOSFET oder -IGBT in Reihe zur Blitzröhre: Ist die zur Belichtung ausreichende Lichtmenge abgegeben, öffnet der MOSFET-Schalter, und die Entladung endet.

Ältere Blitze wie unser hier zerlegtes Gerät arbeiten dagegen mit Thyristoren. Das sind sehr robuste Halbleiter-Schalter, die kurzzeitig stark überlastet werden können. Sie verbleiben nach Zündung allerdings so lange im leitenden Zustand, bis ihr „Haltestrom“ unterschritten wurde oder sich die Polarität an Anode und Kathode umkehrt. Es ist also eine ziemlich raffinierte Schaltung nötig, um die Blitzröhre damit abzuschalten. Im Schaltbild ③ wird das Prinzip deutlich.

Im Ruhezustand ist der „Löschkondensator“ C1 über R5 und R6 auf 350V aufgeladen, TH1 und TH2 leiten nicht. Wird die Röhre über einen Impuls an der Zündspule TR1 gezündet, baut sich an R6 ein positiver Impuls auf, der über C1 und C3 nun sofort TH2 zündet; es fließt nun durch L1, Blitzröhre und TH2 der hohe Entladestrom des Blitzkondensators C2.

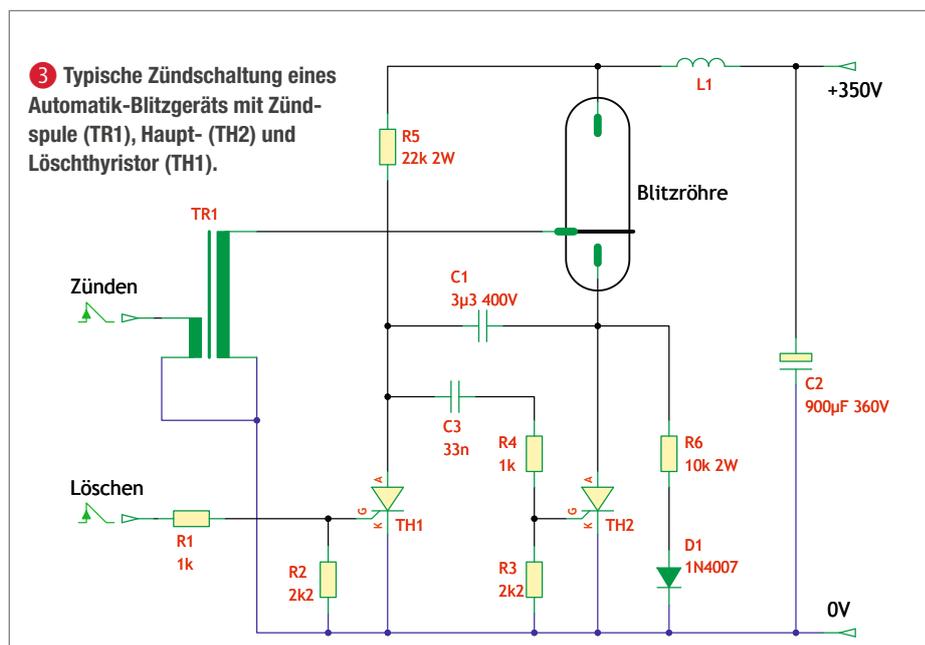
Hat die Automatik-Schaltung (hier nicht eingezeichnet) festgestellt, dass die nötige Lichtmenge erreicht wurde, zündet sie den Thyristor TH1. Die noch vorhandene Ladung von C1 liefert nun einen sehr kurzen negativen Impuls an die Anode von TH2, wodurch dieser gesperrt wird; die Röhre erlischt. Der relativ hochohmige Widerstand R5 im Anodenkreis von TH1 sorgt dafür, dass sein Haltestrom nach Entladung des Löschkondensators C1 bald unterschritten wird und er wieder in den offenen, nichtleitenden Zustand übergeht; das Spiel kann von Neuem beginnen.

Die Luftspule L1 (einige zehn µH) bildet zusammen mit dem Löschkondensator C1 übrigens ein Differenzierglied, das erst den negativen Löschimpuls an der Anode von TH2 ermöglicht; der äußerst niedrige Innenwiderstand der leuchtenden Röhre würde ihn ansonsten kurzschließen. Beide Thyristoren sind besonders schnelle Typen, normale Netzspannungs-Thyristoren sind hier ungeeignet. Vorteil dieser Schaltung: Die restliche Kondensatorladung bleibt für den nächsten Blitz erhalten, C2 muss nur etwas nachgeladen werden.

Ausgetrickst

Hier noch ein Recycling-Tipp für kreative Fotografen: Alte Elektronenblitze lassen sich prima als „Akzentlicht“ in der Studiofotografie einsetzen, leistungsfähige Geräte natürlich auch als Hauptlichtquelle. Leider bieten viele Geräte aber nur zwei oder drei manuelle Stufen. Eine stufenlose Einstellung der Blitzenergie erreicht man, wenn man den Sensor-Fototransistor durch ein Potentiometer ersetzt und die Automatik auf diese Weise überlistet. Der Potiwiderstandswert wird experimentell ermittelt; bei unseren Blitzen war ein 100k-Poti genau richtig. Je nach Schaltung kann am Sensor eine hohe Spannung anliegen, das Poti ist also gut zu isolieren.

Beachten Sie bei allen Basteleien an Blitzgeräten, dass der Blitzkondensator auch Stunden nach dem Ausschalten noch „beißen“ kann. Um heftigen elektrischen Schlägen vorzubeugen, muss man ihn vor irgendwelchen Arbeiten für einige Sekunden über einen Lastwiderstand (typisch 1kOhm, 5W) entladen und beim Öffnen sehr vorsichtig vorgehen; die Hochspannung kann überall auf der Elektronik-Platine anliegen! —cm



Günstiger Studioblitz

Wer (wie wir) oft Produkte oder Testaufbauten zu fotografieren hat, benötigt einen leistungsfähigen Studioblitz – eine recht kostspielige Anschaffung. Deutlich preiswerter kommt der mutige Maker davon, der ein billiges Disco-Stroboskop in ein Blitzgerät umbaut.

von Carsten Meyer



Licht kann man als Fotograf nie genug haben – Produktfotos und illustrierende Abbildungen verlangen eine große Schärfentiefe, und die erreicht man nur bei kleiner Blende und der dafür erforderlichen Helligkeit. Wer auch mal ganze Räume ausleuchten muss, kommt an einer kräftigen Studioblitzanlage ohnehin nicht vorbei, denn ein Aufsteckblitz reicht nur ein paar Meter weit und bietet zu wenig Freiheiten bei der Lichtführung – Personen sehen dann unnatürlich „angeblitzt“ aus, und bei fotografierten Dingen stören kräftige Schlagschatten. Den Aufsteckblitz für ein diffuses Licht gegen die (hoffentlich weiße) Decke zu richten, hilft zwar im Notfall; für knackscharfe, rauscharme Bilder reicht seine Leistung aber nicht aus – ein Studioblitz muss her.

Doch selbst preiswerte Anlagen schlagen schon mit wenigstens 250 Euro zu Buche – viel Geld, wenn man sie nur gelegentlich braucht. Unser Bauvorschlag verwendet daher ein billiges Disco-Stroboskop, das wir zu einem sehr leistungsfähigen Studio-Blitz umgebaut haben. Dank des fertigen Gehäuses hält sich der Bastelaufwand in überschaubaren Grenzen.

Blitzdings-Leistung

Selbst Berufsfotografen sprechen gern von „Blitzleistung“, wenn sie eigentlich die für jeden Blitz zur Verfügung stehende maximale Energie meinen. Für den Studiobetrieb muss sie manuell einstellbar sein, denn nur so erhält man die kreativen Möglichkeiten, die das Spiel mit Blende und Brennweite parat hält.

Studio-Blitze arbeiten im Prinzip wie die kleineren Kamera-Aufsteckblitze (siehe auch S. 102): Eine (hier deutlich größere) Xenon-Blitzröhre wird durch einen Hochspannungsimpuls gezündet und entlädt einen vorher

Kurzinfo

- » Prinzip von Studioblitzgeräten
- » Disco-Stroboskop zum Blitzgerät umbauen
- » Modifikationen und Erweiterungen

Checkliste

-  **Zeitaufwand:**
10 Stunden
-  **Kosten:**
100 bis 130 Euro
-  **Metallbearbeitung:**
Bohren, Feilen
-  **Löten:**
Bestücken einer Platine, Verdrahtung

Alles zum Artikel
im Web unter
make-magazin.de/xhb4

Material

- » Disco-Stroboskop mit 750 bis 1500W
- » HV-Elkos 1000µ/400V (6 bis 12 Stück)
- » Hochlastwiderstand 470Ω/50W (siehe Text)
- » Ladeplatine bestückt nach Plan

Messgeräte

- » Regel-Trenntransformator min. 200VA
- » Multimeter mit 1000V-Messbereich

Werkzeuge

- » Standbohrmaschine (bevorzugt) oder
- » Akkuschrauber
- » Lötstation

auf einige hundert Volt aufgeladenen „Blitzkondensator“, in der Regel einen Elko mit einigen 1000µF und hoher Spannungs- und Impulsfestigkeit. Die Entladung in Form eines hell leuchtenden Plasmas ist nach wenigen zehn Millisekunden beendet.

Im Unterschied zu Kamera-Blitzen gibt man bei Studio-Blitzanlagen keine Leitzahl an, da sich diese je nach Reflektor oder Diffusor stark ändert. Die rechnerische (und auf dem Gerät

angegebene) Blitzenergie in Wattsekunden (Joule) wird nach der Formel $U^2 \cdot C / 2$ (mit U als Blitzkondensator-Spannung in Volt, C in Farad) ermittelt; dabei vernachlässigt man die nach dem Blitzten verbliebene Restladung im Kondensator (einige zehn Volt). Beispiel: Bei einem mittleren Studio-Blitz mit 500Ws (etwa die zehnfache Leistung eines Kamera-Aufsteckblitzes) wird ein Kondensator von 2500µF auf rund 640V aufgeladen **1**.



Vorsicht, Hochspannung!

Unser Schaltungsvorschlag arbeitet mit Hochspannung und hohen Strömen – wer keine Erfahrung mit Netzspannungsinstallationen hat und VDE-Vorschriften nur vom Hörensagen kennt, sollte vom Nachbau unbedingt absehen.

In der Schaltung treten tödliche Spannungen von über 600V auf, und die verwendeten Blitzkondensatoren können immense Leistungen freisetzen, die kurzzeitig in den dreistelligen kW-Bereich gehen. Wir möchten Sie als Leser ungern verlieren!



1 Älterer Studioblitz von Elinchrom: Gut zu erkennen ist die Kondensatorbatterie aus vier dicken Hochvolt-Elkos.



2 Die Stroboskop-Elektronik wird bis auf die enthaltene Zündspule (hier bereits ausgelötet, Platinaufdruck „TRGL“) nicht mehr benötigt. Aus dem einzelnen Anschluss links kommt der Hochspannungsimpuls.

Da Elkos mit so hoher Spannungsfestigkeit schwierig zu fertigen sind, besteht der Blitzkondensator üblicherweise aus einer „Batterie“ von paarweise in Serie geschalteten Elkos geringerer Spannungsfestigkeit. Im abgebildeten Elinchrom-Blitz sind es vier Stück mit jeweils 2500µF und 400V Nennspannung. Die 640V Ladespannung erreicht man schlicht durch Spannungsverdopplung der Netzspannung ($230V \cdot \sqrt{2} \cdot 2$).

Mal abschalten

Der Blitzkondensator im Studioblitz wird gemeinhin über einen Vorwiderstand, aber ansonsten direkt mit gleichgerichteter Netzspannung geladen, er ist deshalb in sehr kurzer Zeit

(oft unter einer Sekunde) wieder blitzbereit. Eine elektronische Schaltung, die bei Erreichen der mit dem „Blitzleistungsregler“ eingestellten Spannungsschwelle die Ladung abschaltet, ermöglicht eine stufenlose Einstellbarkeit der Blitzenergie. Leider benötigt die Blitzröhre immer eine gewisse Mindestspannung zur Funktion; diese liegt üblicherweise zwischen 300 und 350V, so dass eine Einstellung bis auf Null herunter nicht möglich ist. In der Praxis erreicht man aber durch den quadratischen Zusammenhang von Spannung und Blitzenergie immerhin einen „Regelbereich“ von 1 zu 4, bei einem 500Ws-Blitz also von 125Ws an aufwärts.

Neuere hochwertige Studioblitze arbeiten dagegen mit einer elektronischen Abschaltung der Blitzröhre durch IGBTs oder Thyristoren (wie

bei den Aufsteckblitzen auf Seite 102). Die auf die enormen Impulsströme von bis zu 300A spezialisierten Bauteile sind teuer und nicht überall erhältlich, deshalb arbeitet unsere Blitzschaltung nur mit der wesentlich einfacher zu realisierenden Ladespannungsabschaltung.

Feuer frei!

Zur Zündung der Röhre bei geladenem Blitzkondensator benötigt man einen Hochspannungsimpuls von einigen kV, der aber nur wenig Energie liefern muss; im Prinzip reicht dafür schon der Piezokristall eines Feuerzeugs oder wie hier eine winzige „Zündspule“. Den Zündimpuls erhält man, indem man einen auf 300V geladenen Kondensator von einigen nF über die Primärwicklung entlädt. Einen solchen Zündtransformator findet man in jedem Kamera-Blitz, aber natürlich auch auf der Elektronik-Platine unseres Stroboskops. Für den Bau eines Studioblitzes sind also nur wenige Komponenten erforderlich:

- Ladeschaltung für den Blitzkondensator
- Kondensator-Batterie
- Blitzröhre mit Reflektor
- Zündtrafo mit Ansteuerung

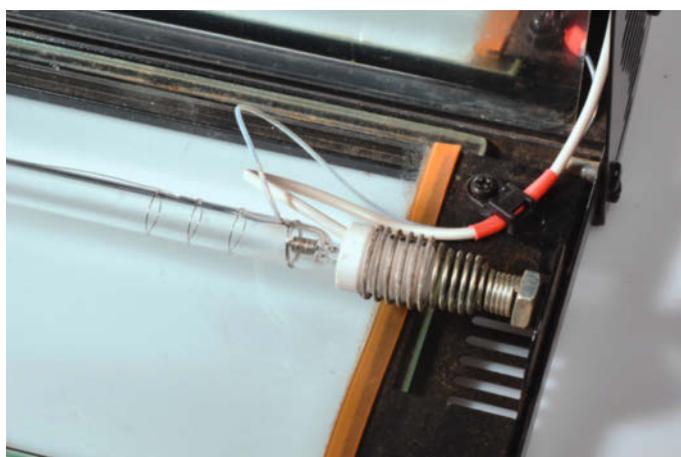
Um ein Stroboskop in einen Studioblitz zu verwandeln, müssen nur die Zünd- und Ladeschaltung sowie die Kondensator-Batterie nachgerüstet werden.

Saturday Night

Die Idee zu diesem Projekt kam uns, als aus einer Diskotheken-Insolvenz (wohl aufgrund der Corona-Krise) allerlei Lichteffekte preiswert angeboten wurden, darunter auch mehrere Hochleistungs-Stroboskope. Weitere Recherchen ergaben, dass es derlei Geräte bei diversen Anbietern in einfacher Ausführung auch schon neu für recht wenig Geld gibt; die Preise lagen



3 Unser erster Kondensatorbank-Entwurf passte leider nicht in das vorgesehene Stroboskop-Gehäuse – das Prinzip wird aus der Abbildung trotzdem klar: Oben der Minus-Anschluss, unten Plus sowie die Anzapfung in der Mitte.



4 Bei Blitz- und Stroboskopröhren ist die dickere oder umwendelte Elektrode die Kathode (Minuspol); sind beide gleich (wie hier bei unserem Stroboskop), ist die Polung egal. Das außen herumgewickelte Drähtchen stellt die Zündelektrode dar.

zwischen 45 Euro für ein 750W-Stroboskop und 85 Euro für eine 1500W-Ausführung. Zudem sind die verwendeten (geraden) Blitzröhren im Vergleich zu denen der Studioblitze geradezu geschenkt: Nur 15 Euro kostet die 395mm lange Röhre XOP-15, während man für ein Studio-blitz-Ersatzteil oft das Zehnfache hinlegen muss.

Neuzeitliche Hochleistungs-Stroboskope arbeiten übrigens nicht mit einem Blitzkondensator, sondern zünden die Röhre einfach an einem passenden Punkt der Netzspannungs-Halbwelle, die im Scheitelpunkt bekanntlich 320V erreicht. Damit der fließende hohe Strom nicht sofort den Sicherungskasten zerreißt, ist ein robuster, induktiver Netzfilter eingebaut. Unser Gerät besaß neben der Halbwellen-Synchronisationsschaltung sogar eine DMX-Steuerung, die wir für den Blitzlicht-Einsatz natürlich nicht benötigen.

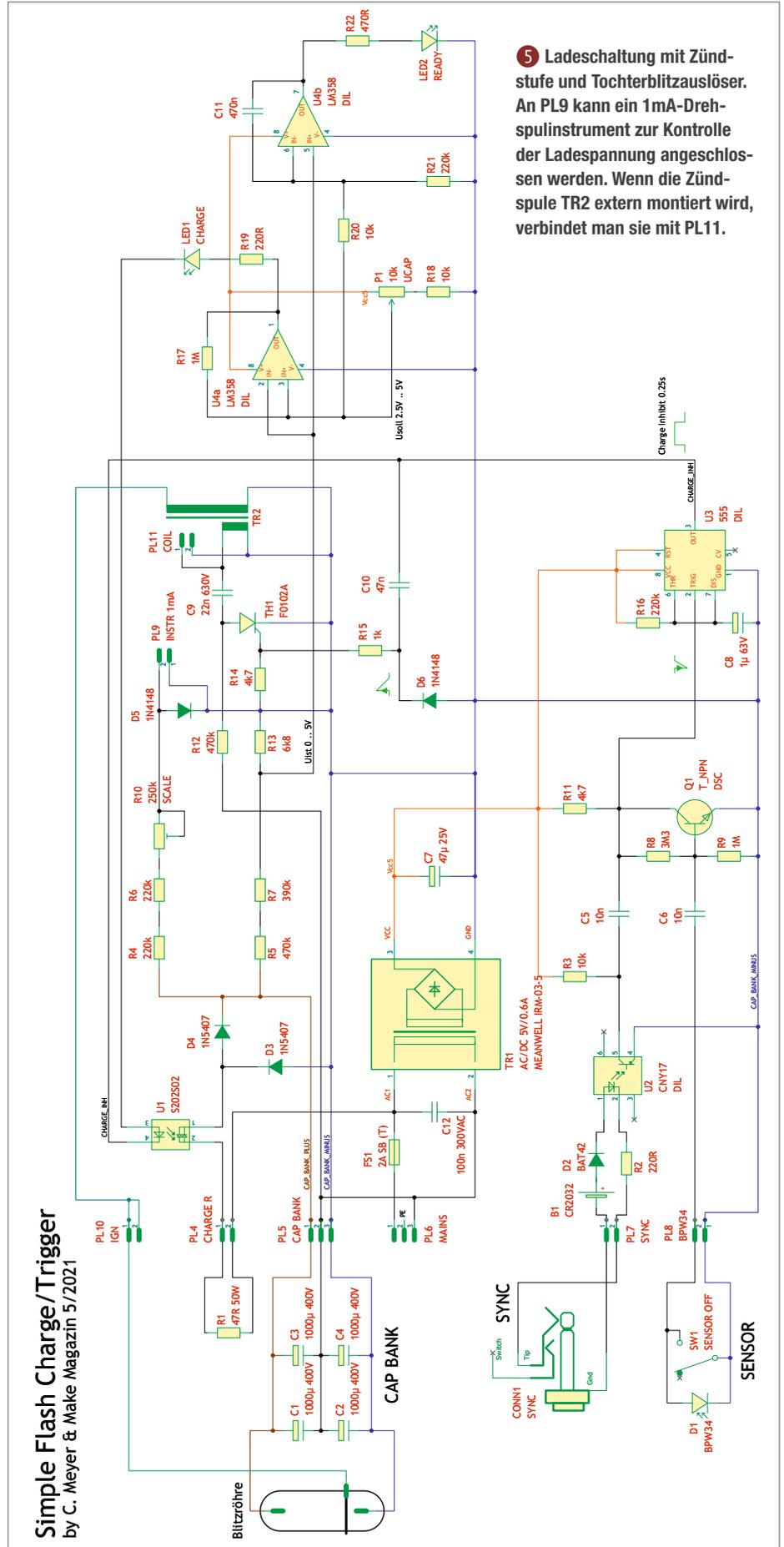
Die Leistungsangabe der Stroboskope repräsentiert die maximale Leistungsaufnahme bei „Dauerfeuer“ und hat mit der zulässigen Blitzenergie in erster Näherung nichts zu tun. Querschnitt und Länge der Röhren lassen nach überschlüssiger Berechnung (siehe Links im Info-Kasten) allerdings den Schluss zu, dass sie auch gleich viele Joule als Blitzenergie übertragen. Nachteilig ist an den Stroboskop-Blitzröhren die gerade Bauform, so dass sie natürlich nicht in runde Reflektoren passen. Die etwas kältere Lichtfarbe lässt sich dagegen einfach mit einer leicht gelblichen Filterfolie ausgleichen. Für große Lichtwannen (Soft-boxen) und Schirm-Reflektoren ist die gerade Bauform dagegen kein Nachteil.

Die Elektronik-Platine des Stroboskops wird nicht benötigt, vor dem Entsorgen sollte man allerdings die kleine Zündspule auslöten, die wir später brauchen 2. Vielleicht eignet sich auch der dicke Thyristor für spätere Bastel-Projekte. Netzfilter und Sicherungshalter dürfen bleiben, sie leisten auch in unserer Schaltung gute Dienste.

Kondensatorbatterie

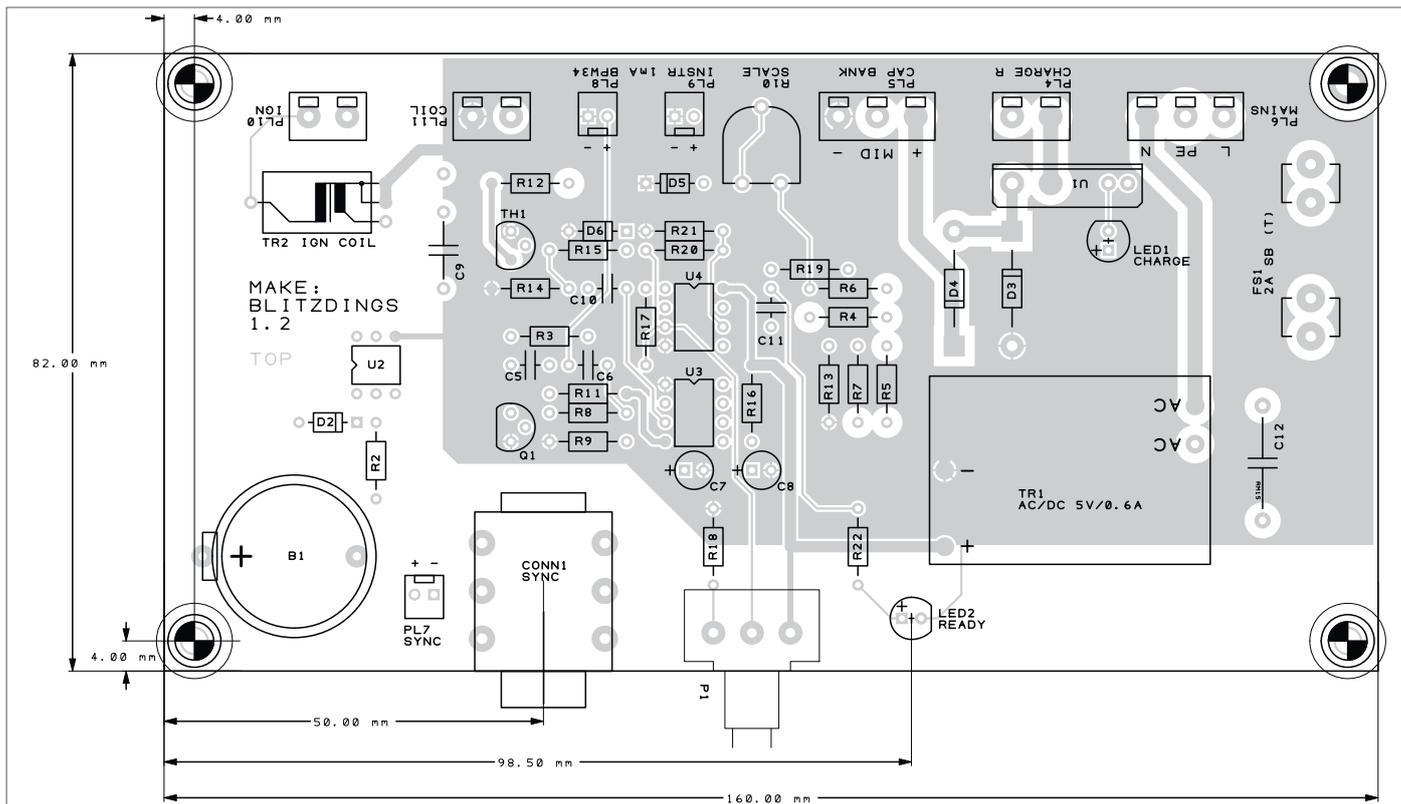
Die uns bekannten Geräte bieten innen genügend Platz für eine anständige Kondensatorbatterie 3. Unsere 1000µ/400V-Elkos stammen aus einem Industrie-Restposten, für acht Stück haben wir rund 12 Euro bezahlt. Mit den sich ergebenden 2000µF (Elko-Gesamtzahl · Einzel-Kapazität / 4) und einer Ladespannung von 300 bis 640V ergibt sich ein Blitzenergie-Bereich von 100 bis rund 400Ws – das ist schon recht ordentlich.

Da sich der Entladestrom auf alle Elkos verteilt, ist die Impulsfestigkeit der Bauteile nicht so kritisch wie bei höherkapazitiven Einzelkondensatoren; für die gelegentliche Anwendung müssen es deshalb nicht unbedingt „schaltfeste“ Elkos sein (auch als „Entladekondensatoren“ bezeichnet), die deutlich teurer und seltener sind. Trotzdem sollte man No-Name-Elkos meiden und die Bauteile an-



5 Ladeschaltung mit Zündstufe und Tochterblitzauslöser. An PL9 kann ein 1mA-Drehspulinstrument zur Kontrolle der Ladespannung angeschlossen werden. Wenn die Zündspule TR2 extern montiert wird, verbindet man sie mit PL11.

Simple Flash Charge/Trigger
by C. Meyer & Make Magazin 5/2021



6 Platinenvorschlag für die Ladeschaltung (Layout siehe Link im Info-Kasten). Sie ersetzt die Stroboskop-Platine und hat die gleiche Größe. Vorsicht: Fast die gesamte Elektronik ist mit dem Lichtnetz verbunden!

sonsten stets so montieren, dass sie bei eventuellen Defekten austauschbar bleiben.

Bei Überlastung oder Überspannung blasen die Elkos den dabei entstehenden inneren Überdruck über ein Ventil ab. Sollte an der Gummidichtung eine Blase auftreten oder gar Elektrolyt ausgelaufen sein, müssen sie ausgetauscht werden. Ausgeschlachtete Elkos oder solche zweifelhafter Herkunft überprüft man immer mit einem Kapazitätsmessgerät; weicht die Kapazität um mehr als 15 Prozent nach unten ab, sollten sie nicht verwendet werden. Ansonsten hat man bei Elko-Wert und -Anzahl freie Wahl, Hauptsache die gewünschte Gesamtkapazität wird erreicht und die Nennspannung jedes Elkos liegt nicht unter 400V.

Wir haben die Kondensatoren in ein Plexiglas-Gerüst gesteckt, dieses mit Silikon-Dichtmasse in den rückseitigen Gehäusedeckel geklebt und mit dickerer Litze frei verdrahtet (breite Lötspitze und leistungsfähige Lötstation verwenden). Achten Sie auf einen ausreichenden Isolierabstand von wenigstens 8mm zu den Blechteilen des Gehäuses. Im Github-Repository zum Artikel finden Sie aber auch einen Entwurf für eine Platine, die Ihnen die Kondensator-Verdrahtung erspart.

Trotz der enormen Ströme müssen Sie bei der Verdrahtung nicht übertreiben, der maximale Stromfluss dauert ja nur wenige Millisekunden. Ein Leiterquerschnitt von 0,75mm² ist ausreichend. Den Lüsterklemmen-Anschluss

der Blitzröhre in unserem Stroboskop 4 haben wir ebenfalls belassen, hier wird die Kondensatorbatterie mit Ladeschaltung angeschlossen. Wichtig ist, dass auch die Mittelanzapfung zur Ladeschaltung geführt wird, sie wird für die Spannungsverdopplung (sogenannte Greinacher-Schaltung) benötigt.

Ladeschaltung

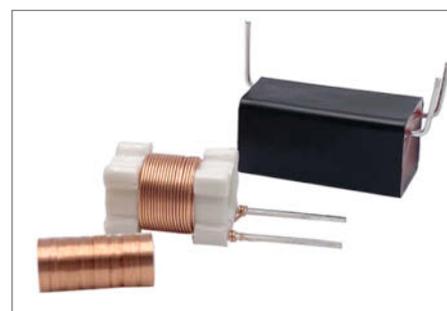
Unsere Ladeschaltung 5 erledigt folgende Aufgaben: Sie lädt den Blitzkondensator auf eine einstellbare Spannung zwischen 300 und 640V, schaltet die Ladung aber beim Auslösen des Blitzes kurz ab, damit die Röhre nicht über die Netzspannung weiter leuchtet und überlastet wird. Sie beinhaltet ferner einen kleinen Thyristor zur Ansteuerung des Zündtransformators und eine simple Vorverstärkerstufe für eine Fotodiode zum Betrieb als Tochterblitz.

Die Ladung wird über ein Halbleiter-Relais gesteuert, das seine Steuerspannung von einem Operationsverstärker erhält. Der vergleicht die erreichte Ladespannung mit einer Referenzspannung; solange die gewünschte Ladespannung an der Kondensatorbatterie nicht erreicht wurde, ist das Relais eingeschaltet. Die Ladung selbst erfolgt über eine Spannungsverdoppler-Schaltung mit den Dioden D3 und D4 sowie dem Hochlastwiderstand R1.

Letzterer sorgt für eine Begrenzung des Ladestroms auf rund 5A, was dem OpAmp ge-

nügend Zeit gibt, bei Erreichen der gewünschten Ladespannung rechtzeitig das Relais abzuschalten. Die Nachladung erfolgt also nicht kontinuierlich, sondern schubweise; die Kondensator-Ladespannung schwankt dabei um wenige Volt, was aber völlig unkritisch ist. Die rote LED1 zeigt den Ladevorgang an.

Die Zündung der Röhre erfolgt über den kleinen Thyristor TH1, der den auf einige hundert Volt aufgeladenen Kondensator C9 auf die Primärwicklung des Zündtrafos 7 schaltet. Der als Monoflop geschaltete NE555 wird gleichzeitig mit der Zündung getriggert



Yonguan Electronics Inc.

7 Typische Trigger-Spule (Zündtrafo) für Blitzröhren, vorn zerlegt im unvergossenen Zustand. Hier sind die Fußpunkte von niederohmiger Primär- und hochohmiger Sekundärwicklung an einem Anschluss zusammengeführt – was unsere Schaltung ohnehin erfordert.

und unterbricht das Nachladen des Blitzkondensators für etwa eine halbe Sekunde. Nach Ablauf dieser Zeit darf der OpAmp wieder fleißig Befehle an das Relais geben.

Zur galvanischen Trennung des Kamera-Synchronkabels (Klinkenbuchse CONN1) dient ein Optokoppler, dessen eingangsseitige LED von einer Knopfzelle gespeist wird. Da der Auslösevorgang nur ein paar Millisekunden dauert, wird die Zelle (eine CR2032) viele Jahre halten.

Transistor Q1 wird als Vorverstärker für die BPW34-Fotodiode in Emitterschaltung betrieben und liefert bei einem eintreffenden Lichtimpuls den mit dem Optokoppler-Ausgang „veroderten“ negativen Zünd-Triggerimpuls, der das Monoflop U3 und mit dessen ansteigender Flanke auch den Blitz auslöst. Der externe Schalter S1 legt die Fotodiode auf Wunsch lahm, so dass die Schaltung nur noch auf das Blitzsynchronkabel reagiert. Ansonsten ist die Lichtempfindlichkeit so groß, dass die Fotodiode auch außerhalb des Hauptblitz-Lichtkegels sicher anspricht.

Einbauhinweise

Da unser Stroboskop bereits über einen Sicherungshalter verfügt, haben wir die Sicherung auf unserer Platine überbrückt. Ersetzen Sie die vorhandene Glassicherung durch den Wert *2A träge*; ganz ohne Sicherung darf die Schaltung nicht betrieben werden, da der Ladewiderstand R1 bei einem Defekt glühend heiß werden kann und eine Brandgefahr darstellt!

R1 ist ein Hochlastwiderstand für Schraubmontage, er wird mit zwei M3-Schrauben direkt auf dem Gehäuseblech befestigt. Die offenliegenden Lötanschlüsse isoliert man mit temperaturfestem Gewebeschlauch; die Leitungen führen zum entsprechenden Anschluss unserer Ladeplatine. Achten Sie darauf, dass die Schutz Erdung (grün-gelbe Leitung) am Netzfilter und am Metallgehäuse bestehen bleibt.

Die Ladeplatine wird mit 10mm-Distanzhülsen aus Kunststoff im Gehäusedeckel montiert. Wenn Sie die „Ready“-Kontrolle LED2 wie auf der Stroboskop-Platine montieren, können Sie eine Bohrung für ein Sichtfenster im Gehäuse vorsehen, das mit einer transparenten Kappe versehen wird. LED-Fassungen zur Chassismontage sind wegen fehlender Isolationsabstände meist nicht für den Betrieb am Lichtnetz geeignet. Achten Sie überall auf den erforderlichen Isolationsabstand von mindestens 5mm! Der Lichtsensor-Schalter S1 und ggf. ein Testblitz-Taster an PL7 müssen aus dem gleichen Grund für Netzspannung geeignete Ausführungen sein, und das Poti zur Einstellung der Ladespannung muss eine Kunststoffachse haben.

Inbetriebnahme

Schließen Sie die fertig aufgebaute Schaltung an einen Regel-Trenntrafo an und drehen Sie dessen Ausgangsspannung langsam hoch.

Nach kurzem Stromfluss für das Aufladen der Kondensatorbatterie sollte der aufgenommene Strom auf wenige Milliampere zurückgehen – wenn nicht, sofort ausschalten, Kondensatorbatterie über einen Lastwiderstand 1k/9W zehn Sekunden entladen und die Verdrahtung überprüfen: Polarität eines der dicken Elkos vertauscht oder die Dioden D1/D2 falsch eingelötet?

Da der AC/DC-Wandler TR1 (kleines Schaltnetzteil) zur Ansteuerung des Halbleiter-Relais wenigstens 100V AC Eingangsspannung benötigt, kann der Stromfluss recht plötzlich einsetzen, er muss sich aber nach ein, zwei Sekunden beruhigen. Lediglich beim kurzen Nachladen der Blitzelkos dürfen wieder Stromspitzen auftreten. Kontrollieren Sie die Spannung an der Blitzkondensator-Bank: Mit Poti P1 muss sie zwischen rund 320 und 630V einstellbar sein. Beachten Sie, dass die Spannung nach Zurücknehmen der Einstellung nur sehr langsam absinkt.

Mit einem Taster an PL7 können Sie nun einen Testblitz auslösen; die Röhre sollte auch bei niedrigster Einstellung von P1 sicher zünden. Der Testblitz-Taster ist auch für den späteren Betrieb wichtig: Nach Zurücknehmen der Blitzleistung muss man damit die überschüssige Energie „abblitzen“; das ist auch bei kommerziellen Studioblitzen erforderlich. Erfolgt kein Blitz, ist der Fehler in der Zündschaltung um TR1 zu suchen: Ist das Zündkabel ausreichend isoliert? Stimmt die Anschlussbelegung von TH1 (Vergleichstypen weichen oft ab – vgl. Datenblatt)? Liegt am offenen Synchron-Klinkenkabel eine Spannung von etwa 3V (Batteriespannung von B1) an?

Modifikationen

Unsere Schaltung eignet sich mit kleinen Änderungen auch für kleinere Blitzröhren, etwa die 100Ws-Wendelröhren; die erhält man bei eBay mitunter sehr günstig aus russischen Militärbeständen. Stabförmige Miniatur-Blitzröhren aus Kamerablitzen sind wegen der zu niedrigen zulässigen Betriebsspannung allerdings nicht geeignet. Natürlich muss man die Größe der Kondensatorbatterie auf die Fähigkeiten der Röhre abstimmen: Bei 100Ws wäre mit einer Ladespannung von 630V ein Gesamtwert von 500µF anzusetzen, also nur zwei in Serie geschaltete 1000µF-Elkos.

Ein Mix aus verschiedenen Werten – etwa zusammen mit 470µF-Elkos – zum Erreichen einer bestimmten Gesamtkapazität ist zulässig, solange immer paarweise gleiche Werte verdrahtet werden. Der Wert des Ladewiderstands R1 sollte bei kleineren Kondensatorbänken allerdings deutlich erhöht werden, sonst kann die Ladeelektronik nicht schnell genug abschalten (z.B. 220 Ohm bei einer Kondensatorbank von 500µF).



8 Um verschiedene Blitzköpfe einsetzen zu können, haben wir Ladeschaltung und Kondensatorbank bei einem zweiten Mustergerät als „Blitzgenerator“ in einem separaten Gehäuse aufgebaut. Vorn der verwendete Schalter aus unserem Fundus zur Umschaltung der Kondensator-Bänke und der 50W-Hochlastwiderstand R1.

Das Halbleiter-Relais hat nämlich die Eigenart, nur im Nulldurchgang zu schalten und immer ganze Halbwellen komplett durchzulassen. Wenn dann schon eine Halbwellen ausreicht, um den Blitzkondensator zu „überladen“, ist es zum Abschalten zu spät. Passen Sie die Sicherung der geringeren Ladestromaufnahme an: Bei einem R1 von 220 Ohm sollten Sie einen Wert von 500mA träge wählen.

Selbstverständlich ist es möglich, die Kondensatorbank mit Ladeschaltung auch komplett separat aufzubauen. Unserem Dieselpunk-Design 8 gönnten wir sogar ein Zeigerinstrument zur Anzeige der Ladespannung und einen riesigen 20A-Drehschalter zur Auswahl verschieden großer Blitzkondensatoren. Der Trigger-Trafo muss dann aber weiterhin in der Nähe der Blitzröhre montiert werden. Das bis zu 3m lange vierpolige Anschlusskabel (Querschnitt 5 x 1mm², mit Schutzleiter) wird dann über einen kräftigen, netzspannungsfähigen Steckverbinder geführt. Die Zündspule wird dann natürlich nicht auf der Platine bestückt.

Ein Nachteil unserer Bastelei sei abschließend noch erwähnt: Im Unterschied zu „echten“ Studioblitzanlagen besitzt unser Gerät kein Einstell-Dauerlicht, was in der Digitalfotografie mit ihren kostenlosen und sofort überprüfaren Probeaufnahmen keinen wirklichen Nachteil darstellt. Die Pläne, Layouts, Bezugsquellen und Ergänzungen zu diesem Projekt finden Sie wie immer online unter dem Link im Info-Kasten. —cm

Tipps & Tricks

Wenn man schmale Rohre passgenau zuschneiden muss, zum Beispiel für unseren Portalroboter MaXYposi, dann lohnt es sich, einen Rohrschneider anzuschaffen – gerade, wenn es auch mal ein paar Zuschnitte mehr werden sollen.

von Rüdiger Arendt

Dieses Werkzeug war mir schon bei vielen Projekten eine große Hilfe: ein Rohrschneider, wie er von Klempnern zum Ablängen von Kupferrohren verwendet wird. Durch Drehen des zu kürzenden Rohres und einem kontinuierlichen Verkleinern des Abstandes zwischen den Rollen und dem Schneidmesser wird das Rohr sauber und gerade getrennt (Was bei meinen ursprünglichen Versuchen mit der Pucksäge leider nicht immer der Fall war).

Auf die Idee, den Rohrschneider zu benutzen, bin ich gekommen, als ich für die Konstruktion des MaXYposi (der universelle XY-Portalroboter von Make) diverse Abstandshülsen mit unterschiedlichen Längen benötigte, die es so nicht zu kaufen gab. Laut Herstellerangaben ist der Rohrschneider für Kupfer-, Messing-, Aluminium- und dünnwandige Stahlrohre geeignet. Für die Montage von Leiterplatten im Gehäuse habe ich dann auch Kunststoffrohre damit geschnitten. Beim Schneiden entsteht an der Innenseite des Rohrs ein kleiner Grat, den man später aber mit dem Dreikantschaber oder einem passenden Bohrer entfernen kann.

Praktische Hacks

Gerade bei Rohren mit einem kleinen Durchmesser ist es manchmal etwas schwierig, das Rohr zu drehen und gleichzeitig die Zustellung am Schlitten des Rohrschneiders vorzunehmen.

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 ...).



Mit einem kleinen Anschlag-Hack geht das Zuschneiden noch schneller.

men. Daher habe ich in solchen Fällen das Rohr in das Bohrfutter eines Akkuschraubers eingespannt und den Akkuschrauber mit geringer Drehzahl das Rohr drehen lassen.

Als ich dann für ein Projekt eine größere Menge an Abstandshülsen fertigen musste und ich keine Lust mehr hatte, jeden Schnitt auf dem Rohr einzuzichnen, habe ich den Rohrschneider so präpariert, dass ich durch einen Anschlag immer das gleiche Maß ablängen konnte. Dafür habe ich die Schraube am Schlitten des Rohrschneiders entfernt und durch eine Gewindestange mit aufgeschraubter verstellbarer Epoxy-Platte ersetzt. —*rehu*



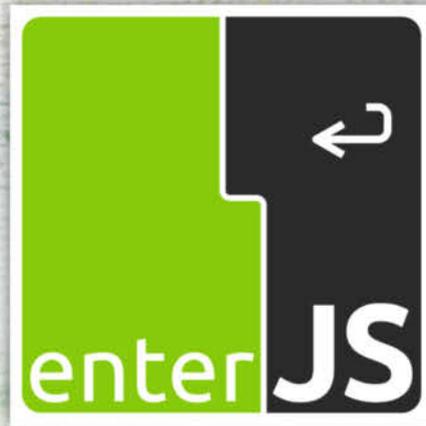
Und schon sitzen die Hülsen passgenau im XY-Portalroboter.



Hier ist die Hüslenlänge für den MaXYposi markiert.

Wenn wir Ihren Tipp veröffentlichen, bekommen Sie das bei Make übliche Autohonorar. 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



Die Konferenz für Enterprise-JavaScript

29. - 30. September 2021 - Online

www.enterjs.de

Jetzt
Tickets zum
**Frühbucher-
Rabatt**
sichern!

Veranstalter



MAGAZIN FÜR PROFESSIONELLE
INFORMATIONSTECHNIK



heise **Developer**

© Copyright by Maker Media GmbH.

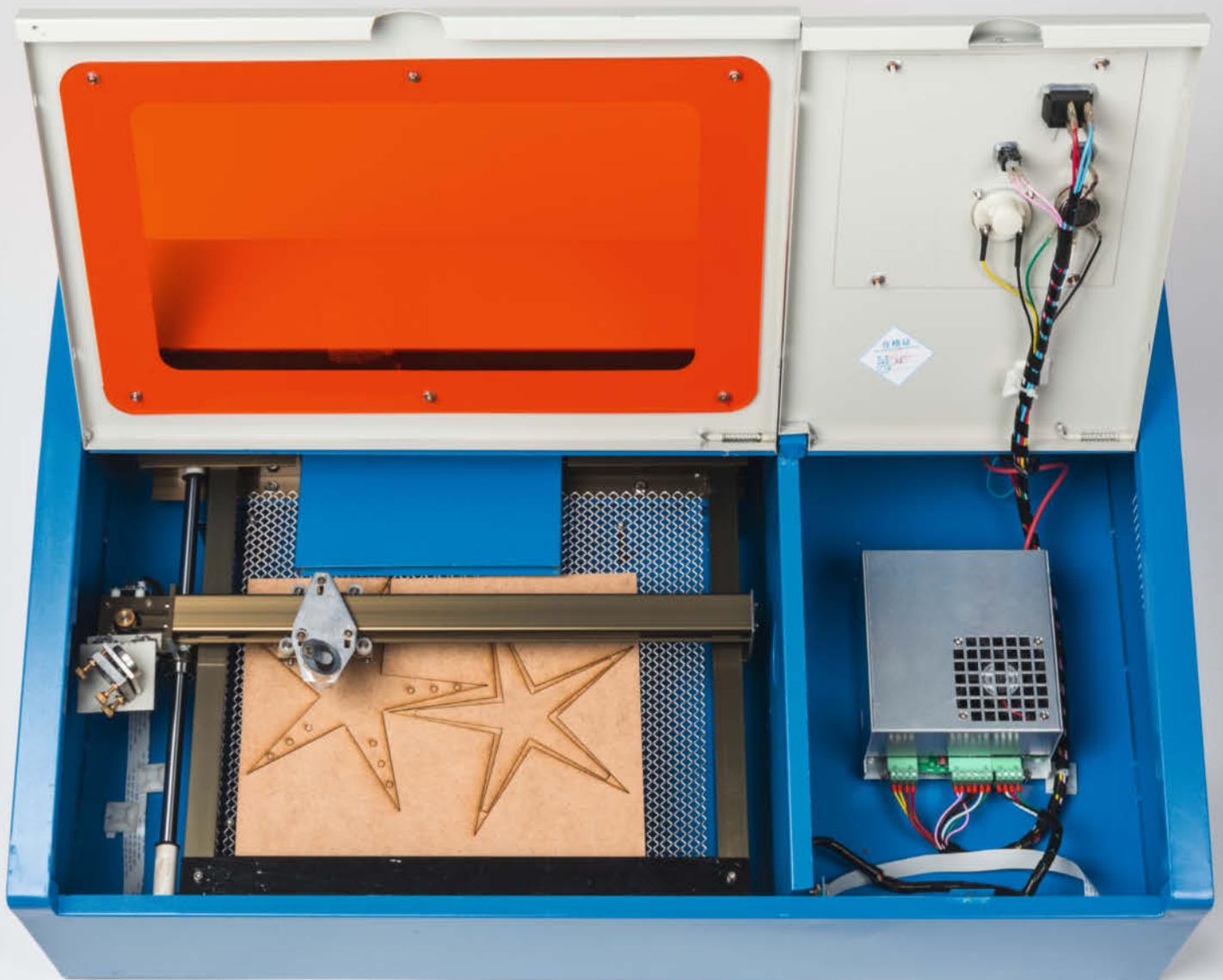


dpunkt.verlag

Lasercutter K40 justieren

Lasercutter, diese hochpräzisen Laubsägen, sind geschätzte Werkzeuge in so mancher Werkstatt. Doch was, wenn er nicht mehr so hochgenau arbeitet, wie in der Konstruktionszeichnung vorgesehen? Hier erfahren Sie, wie Sie typischer Lasercutter-Fehler diagnostizieren und beheben.

von Heinz Behling



Ja, ich weiß, was jetzt viele von Ihnen denken: Laser gehören nicht in die Hand von Laien und Einstellungen oder Reparaturen daran sollten die schon gar nicht vornehmen. Die Realität sieht jedoch anders aus, denn Lasercutter werden frei verkauft und jeder kann sich solch ein Gerät, von dem ja eine enorme Faszination ausgeht, daheim hinstellen. Irgendwann kommt dann der Punkt, wo der Cutter nicht mehr so arbeitet, wie er soll. Da schneidet er plötzlich nur noch die Hälfte aus oder schafft nicht mal mehr 3mm Plexiglas ①.

Die meisten dieser Lasercutter stammen aus China, da steckt dann keine vom Hersteller organisierte Service-Organisation dahinter. Außerdem sind solche Geräte nicht immer stabil gebaut. Da rappelt sich schon mal im Betrieb eine Spiegelhalterung im Inneren allmählich los oder irgendetwas verbiegt sich bei einem kurzen Transport. Und schon ist das Schnittergebnis der Photonenkanone alles andere als gut. Was tun?

Zumindest die Fehlerursache können Sie einkreisen. Falls Sie die Reparatur beziehungsweise Justierung nicht selbst vornehmen möchten (siehe Kasten *Vorsicht, Laser!*), kann das dem Servicetechniker schon helfen. Wer es sich zutraut oder niemanden findet, der den Chinakracher technisch betreuen möchte, kann den Fehler auch selbst korrigieren. Aber wie bereits im Warnkasten gesagt: Sie handeln auf eigene Gefahr und müssen unbedingt Schutzmaßnahmen ergreifen (siehe Kasten *Schützen Sie sich!*).

Probleme der Arbeitsfläche

Zunächst gilt es herauszufinden, warum der Laser nicht mehr so gut arbeitet. Fehler zeigen sich meist darin, dass die Schnittleistung nachlässt. Das kann auf der ganzen Arbeitsfläche auftreten oder nur in einzelnen Bereichen – meist, aber nicht immer, dort, wo der Schneidekopf die größte Entfernung von der Laserquelle hat.

Meine Erfahrung mit den billigen China-Geräten ist, dass die Ausrichtung der Arbeitsfläche im Cutter zu den häufigsten Fehlerquellen gehört. Dazu muss man wissen, dass die Schneidleistung des Lasers am besten ist, wenn sich die Oberfläche des zu schneidenden Materials im Brennpunkt der im Schneidekopf sitzenden Linse befindet. Daher sollte der Abstand zwischen Schnittfläche und Linsenoberfläche auf der gesamten Arbeitsfläche gleich sein und der Brennweite plus etwa 3mm entsprechen. Wie groß die Brennweite ist, erfahren Sie in der Bedienungsanleitung des Cutters. Beim K40 beträgt sie 50,8mm. Kontrollieren Sie daher als Erstes den Abstand zwischen Linsenunterseite und der Arbeitsfläche in allen vier Ecken der Arbeitsfläche. Die vier Abstände sollten gleich sein ②.

Kurzinfo

- » Typische Fehler durch Fehljustierung
- » Spiegel korrekt einstellen
- » Drucktisch justieren

Checkliste



Zeitaufwand:
1 bis 2 Stunden



Kosten:
5 Euro

Material

- » Krepp-Klebeband (Maler-Krepp)
30mm Breite
- » Schraubensicherungslack

Werkzeug

- » Maulschlüssel 8mm
- » Inbus-Schlüssel passend zur Gehäuseverschraubung des Lasercutters

Mehr zum Thema

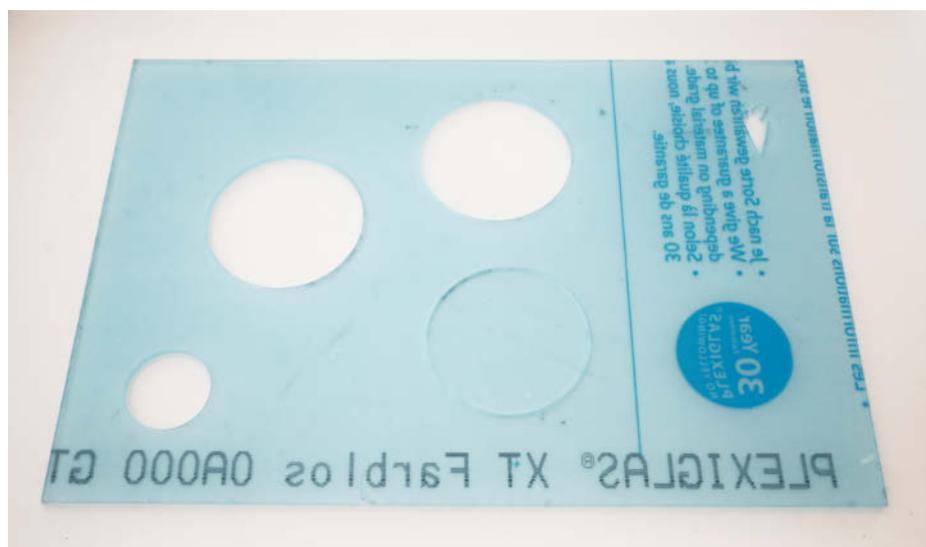
- » Heinz Behling, Laser für Leser, Make 3/18, S. 16
- » Heinz Behling, Modernisierung für den China-Laser, Make 1/21, S. 112
- » Heinz Behling, Autofokus-Arbeits-tische für Lasercutter K40, Make 2/21, S. 110

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

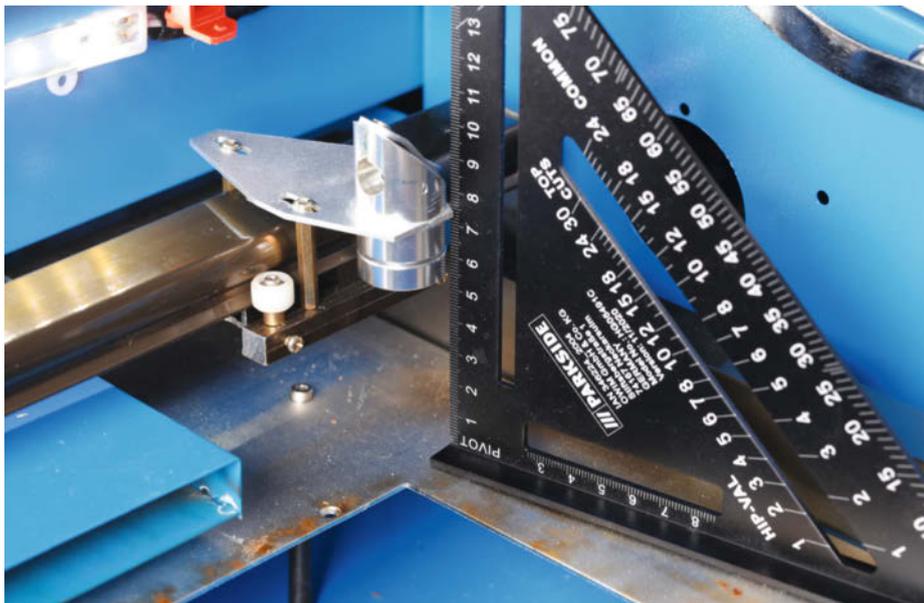
Sie werden sich vielleicht fragen, wie Sie diese Abstände denn verändern können, schließlich ist der Arbeitstisch doch fest mit dem Gehäuse des Lasercutters verschraubt. Ja, verschraubt ist er, und zwar beim K40 mit dem Boden des Blechgehäuses. Doch dieser Boden hat keinerlei Verstrebungen, die ihn gegen Verwindungen schützen würden. Außerdem ist das Blech alles andere als stabil. Da kann schon ein Anheben des Geräts an einer Ecke oder ein holpriger Transport genügen, um den Boden zu verbiegen. Dann sitzt natürlich auch die Arbeitsfläche schief.

Abhilfe: Oft genügt es bereits, die Verschraubungen des Arbeitstisches am Tisch selbst und an der Geräteunterseite zu lösen und wieder festzuziehen. Manchmal ist beim Lösen schon ein deutliches Plong zu hören. Ein Zeichen, dass sich Verspannungen im Blech lösen.

Genügt dies nicht, muss man durch Unterslegscheiben unter der Arbeitsfläche die Höhenunterschiede ausgleichen. Achtung: Wenn der Abstand der Arbeitsfläche zur Linse kleiner als die Brennweite (+ 3mm für das Schnittmaterial) wird, hilft das nicht weiter. In diesem



① Typisches Fehlerbild: Je weiter der Schnitt Richtung rechts vorn liegt, umso geringer ist die Schnittleistung.



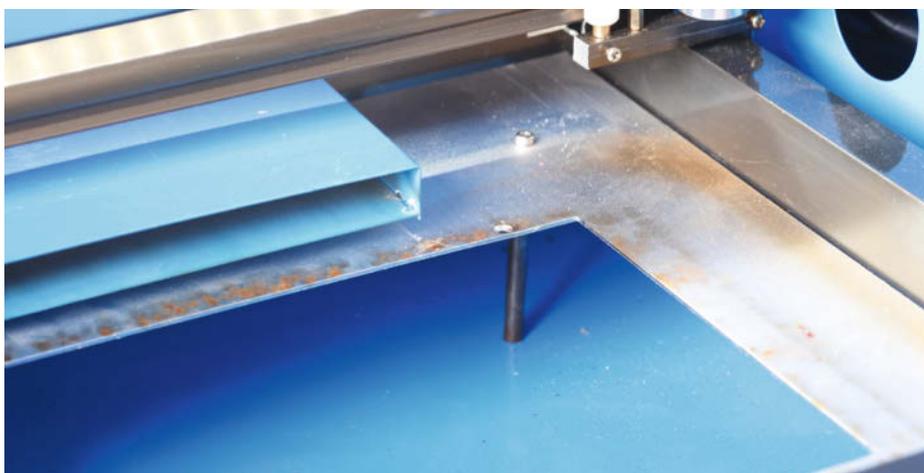
2 Der ideale Abstand ist Brennweite plus 3mm für das Schnittmaterial.

Vorsicht, Laser!

Ein Laser ist eine Strahlungsquelle, die einen hoch konzentrierten Lichtstrahl erzeugt. Bei CO₂-Lasern handelt es sich dabei um unsichtbare Infrarot-Strahlung. Trifft dieser Strahl auf Gegenstände oder biologisches Material (dazu gehören auch die Benutzer), werden sehr hohe Energiemengen auf sehr kleine Flächen übertragen und erhitzen den Auftreffpunkt entsprechend. Dort können sehr hohe Temperaturen entstehen und Brände beziehungsweise schwere Verbrennungen verursachen. Das gilt auch noch in größerer Entfernung vom Gerät. Noch schlimmer wird dies, wenn der Laser-

strahl ins Auge trifft: Dessen Linse bündelt den Strahl nochmals, sodass die Energie des Laserlichts auf eine noch kleinere Fläche konzentriert wird. Folge: Erblindung!

Aus diesem Grund muss bei allen Arbeiten am oder mit dem Lasercutter verhindert werden, dass der Laserstrahl das Gehäuse verlassen kann (siehe Kasten *Schützen Sie sich!*). Außerdem sollten nur Personen mit dem Lasercutter arbeiten, die wissen, was sie tun. Keinesfalls darf der Lasercutter unbeaufsichtigt für Jugendliche oder Kinder zugänglich sein.



3 Durch Unterlegscheiben auf diesen Abstandshalter oder durch Kürzen stellt man die Höhe des Arbeitstisches ein.

Fall müssen die Abstandshalter 3, auf denen die Schneidefläche ruht, durch entsprechend kürzere ersetzt werden. Glauben Sie mir: Das ist mir sogar bei einem neuen Gerät begegnet.

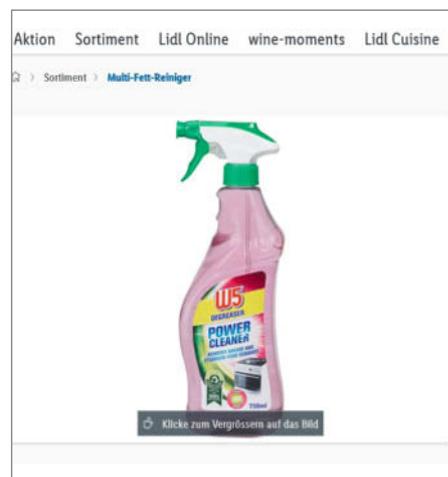
Nach jeder Änderung am Gerät müssen Sie kontrollieren, ob der Cutter nun wieder beanstandungslos arbeitet. Falls ja: Herzlichen Glückwunsch: Ihr Helfer ist wieder genesen!

Schlechte Leistung auf der ganzen Arbeitsfläche

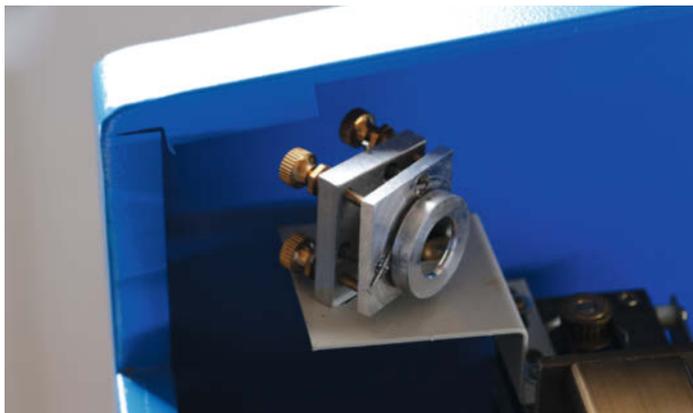
Ist die Leistung immer noch schlecht, und zwar gleichmäßig auf der gesamten Arbeitsfläche, dann kommen (außer einem Fehler im Bereich der Laserröhre beziehungsweise der Elektronik, die ein Fachmann reparieren muss) verschmutzte Spiegel und eine undurchsichtige Linse infrage: Ursache dafür sind die beim Schneiden entstehenden Rauchgase und Ruß. Das lagert sich auf allen Flächen im Inneren des Cutters ab, besonders, wenn die Leistung der Abgasabsaugung nicht ausreicht.

Eine solche Verschmutzung auf den Spiegeln und der Linse schluckt eine Menge Energie. Das bedeutet nicht nur, dass auf dem zu schneidenden Material weniger Leistung ankommt, sondern auch, dass sich Spiegel und Linse erwärmen. Es soll in extremen Fällen schon vorgekommen sein, dass Linsen deshalb zersprungen sind. Die Spiegel sind unempfindlicher, da sie meist aus Metall sind. Aber dort kann sich der Belag im Extremfall durch den Laserstrahl so einbrennen, dass er sich nicht mehr entfernen lässt.

Spiegel und Linsen sollen daher regelmäßig, besonders aber bei schlechter Schnittleistung auf der gesamten Arbeitsfläche, gereinigt werden. Dazu gibt es im Zubehörhandel diverse Spezialmittel und -tücher. Ich habe gute Erfahrung mit Toilettenpapier und einem Haushalts-Fettreiniger gemacht 4.



4 Fettreiniger vom Discounter eignen sich zum Reinigen der Spiegel und Linsen.



5 Zum Reinigen sollten Sie die Spiegel in der Fassung lassen.



6 Der Spiegel aus dem Schneidekopf mit deutlich sichtbaren Ablagerungen

Zuerst den Netzstecker ziehen. Dann das Papier mit dem Reiniger gut befeuchten und die Spiegel/die Linse damit abwischen. Falls noch Ablagerungen sichtbar sind, mit einem frischen Papier wiederholen. Danach mit einem trockenen Stück Papier die Reinigerreste beseitigen. Die Spiegel vor der Laseröhre (unter dem Deckel an der Rückseite des Cutters) und den beweglichen am Schlitten

des XY-Tisches sollten Sie zum Reinigen nicht ausbauen, sondern in deren Fassung vorsichtig reinigen, ohne die Justierung (die drei Schrauben an der Rückseite der Spiegelhalterung) zu verstellen 5.

Beim dritten Spiegel im Schneidekopf kommen Sie jedoch um einen Ausbau nicht herum. Kein Problem, denn er sitzt in einer nicht einstellbaren Halterung. Beim K40 müssen Sie

eine kleine Kreuzschlitzschraube an der Oberseite des Kopfes lösen, die darunterliegende Federklammer abnehmen und können dann den Spiegel entnehmen 6.

An die Linse kommen Sie heran, indem Sie den gerändelten Ring an der Unterseite des Schneidekopfes lösen 7. Im Ring sitzt die Linse mit der gewölbten Seite nach oben. Reinigen Sie beide Oberflächen der Linse.

Selbermachen leicht gemacht!

NEU

ct PROJEKTE
Basteln · Programmieren · Selbst bauen

Basteln mit Elektronik und Holz

Projekte mit Sensor und Mikrocontroller
Selbstgebaut: Luftreiniger und Aerosol-Ampel

Arbeiten mit CNC-Maschinen

Werkzeugpfade für CNC-Fräsen planen
Selbst gedruckt ab 600 Euro
Sie die optimalen Fräsparameter

Arbeiten mit dem FarmBot

Roboter bauen und programmieren
Pflanzensäen, wässern und jäten

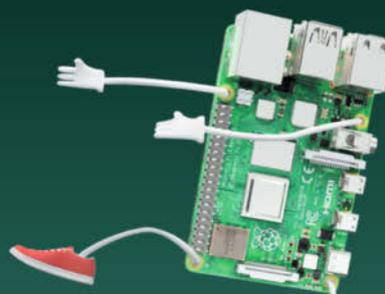
Arbeiten mit CAD-Software

Werkzeugpfade für CNC-Fräsen planen
Dinge erfinden und virtuell zusammenbauen

Richtig loslegen mit dem Raspi

Eigene Ideen umsetzen mit Python und Elektronik
WLAN, Daten, Netzwerk: Raspi aufbohren und tunen

Heft + PDF
mit **29%**
Rabatt



c't PROJEKTE 2021

Mit den Projekten aus diesem Heft lernen Sie die wichtigsten Komponenten kennen: Raspberry Pi, ESP8266, Arduino Micro und Mega. Außerdem wird Ihnen die richtige Software zum Programmieren, Flashen, Konstruieren und Planen vorgestellt. Verwirklichen Sie Ihre Ideen und starten Ihre eigenen Projekte mit c't Projekte 2021!

shop.heise.de/ct-projekte21

Heft + PDF
für nur

19,90 € >

Bilder: Andreas Martini

heise shop

shop.heise.de/ct-projekte21

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

Schützen Sie sich!

Laserstrahlen sind für die Augen sehr gefährlich. Fällt ein Laserstrahl direkt ins Auge, kann die Netzhaut verbrannt werden. Folge: Blindheit. Bei den hier beschriebenen Arbeiten ist daher Vorsicht geboten und es sind einige Regeln einzuhalten:

Tragen Sie stets eine zur Wellenlänge des Lasers passende Laser-Schutzbrille, die die Augen auch seitlich umschließt. Die Wellenlänge ist auf den Gläsern der Brille angegeben. Bei CO₂-Lasern beträgt sie 10600nm. Andere Laserschutzbrillen halten den Laserstrahl nicht auf!

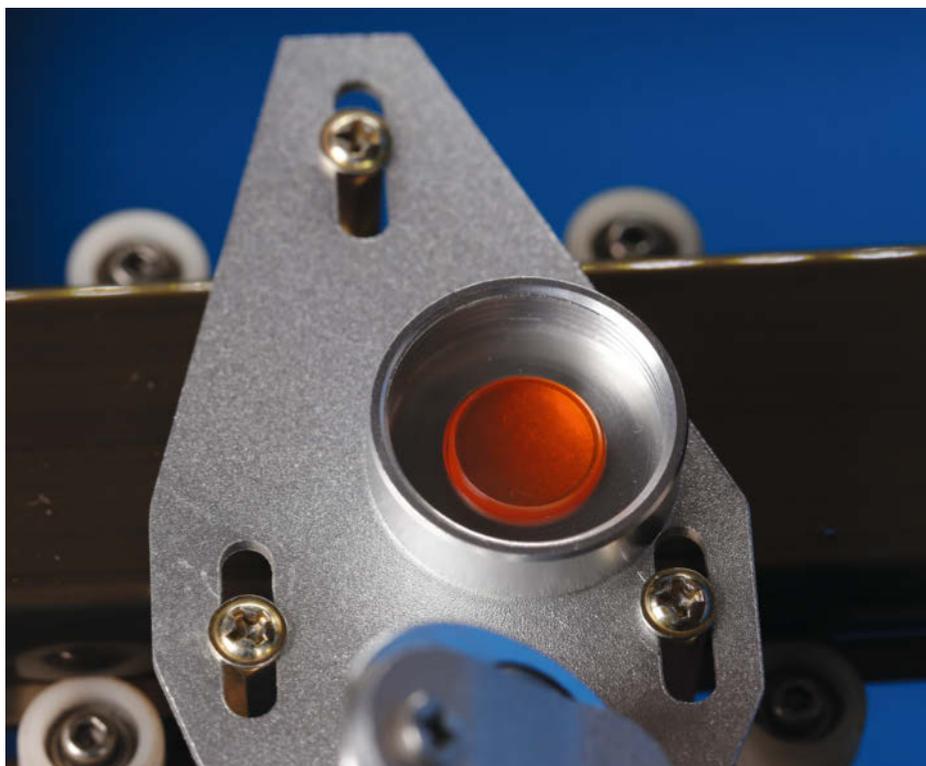
Führen Sie die Arbeiten nur an Geräten durch, die Sicherungsschalter an den Gehäusedeckeln haben und daher bei offenem Gehäuse nicht strahlen können. Dies ist bei billigen China-Cuttern (so auch bei den meisten Versionen des K40) oft nicht der Fall. Dann sollten solche Schalter unbedingt zuerst nachgerüstet werden. Wie das geht, lesen Sie in der Make-Ausgabe 3/18 ab Seite 16. Dies ist keine übertriebene Vorsicht: Gelangt der Laserstrahl durch

eine offene Klappe nach außen (und das kann beim Verstellen der Spiegel durchaus passieren), kann er andere ernsthaft verletzen oder Sachschäden (Brände) auch in größerer Entfernung verursachen.

Ganz wichtig: Sie arbeiten auf eigene Gefahr! Beim geringsten Zweifel an Ihren eigenen Fähigkeiten sollten Sie nur die Diagnose-Schritte der folgenden Anleitung durchführen und die Justage/Reparatur dann einer Fachkraft überlassen. Der legen Sie dann die Ergebnisse der Diagnose vor.



Die Gläser der Schutzbrille müssen zur Wellenlänge des Lasers passen.



7 Die Linse in ihrem Haltering: Saubere Oberflächen müssen hier hochglänzend sein. Die Linse selbst erscheint meist etwas trüb. Das ist normal.

Anschließend den Spiegel und die Linse wieder in der richtigen Lage (spiegelnde Fläche nach unten beziehungsweise Linsenwölbung nach oben) einbauen.

Auch nach diesem Schritt sollten Sie kontrollieren, ob das Gerät wieder beanstandungslos arbeitet. In vielen Fällen ist die Schneidleistung nun wieder wie bei einem neuen Gerät. Übrigens: Falls der Lasercutter noch nicht allzu alt ist, sollten Sie die Abgasanlage überprüfen. Vielleicht lag die Verschmutzung ja am schlechten Abzug. Oft sind undichte Stellen im Ansaugbereich die Ursache.

Fehler nur in Teilen der Arbeitsfläche

Falls der Cutter auf der einen Seite des Arbeitstisches gute Leistungen zeigt, auf der anderen Seite oder nur in einer Ecke aber nicht, kommen nur schlecht justierte Spiegel als Ursache infrage. Dazu ein paar Grundlagen: Der Laserstrahl wird in der unbeweglich am Gehäuse befestigten Laserröhre erzeugt und muss zum beweglichen Schneidekopf am XY-Tisch gebracht werden. Der Strahl muss dabei so geführt werden, dass er immer genau senkrecht auf den Punkt mittig unter der Linse auf die Arbeitsfläche auftrifft.

Das geht nur mithilfe von Umlenkspiegeln, die den Laserstrahl genau parallel zu den Bewegungsachsen des XY-Tisches führen 8. Läuft der Strahl irgendwo auf seinem Weg nicht parallel zu den Tischachsen, ändert sich der Abstand zwischen Strahl und Arbeitsfläche. Das bedeutet, dass der Strahl nicht stets den gleichen Punkt auf dem Spiegel im Schneidekopf trifft. Dementsprechend wird er dann auch nicht den Punkt mittig unter der Linse senkrecht auf der Arbeitsfläche treffen. Das bedeutet aber, dass sich der Strahlenweg von der Linsenunterseite zum Schnittmaterial verlängert. Und das erklärt die geringere Schnittleistung, denn das Material befindet sich nicht mehr im Brennpunkt der Linse.

In extremen Fällen kann es sogar vorkommen, dass der Strahl den Spiegel des Schneidekopfes oder die Linse gar nicht mehr trifft, sondern von den Metallteilen des Kopfes absorbiert oder irgendwohin reflektiert wird. Die Schnittleistung ist dort natürlich gleich Null.

Zur Überprüfung des Strahlengangs brauchen Sie Krepp-Klebeband (aus dem Baumarkt). Kleben Sie ein etwa 5cm langes Stück davon auf die Strahl-Eintrittsöffnung am Schneidekopf 9. Setzen Sie den Kopf zunächst an die Stelle des kürzesten Strahlenwegs. Beim K40 ist das links hinten. Schließen Sie den Deckel des Cutters und stellen Sie die Leistung des Lasers so ein, dass er gerade noch zündet (etwa 4mA Strahlstrom beziehungsweise etwa 10 bis 13% Leistung). Feuern Sie dann mit dem Taster einen kurzen Laserimpuls ab. Der Strahl brennt ein kleines Loch in das

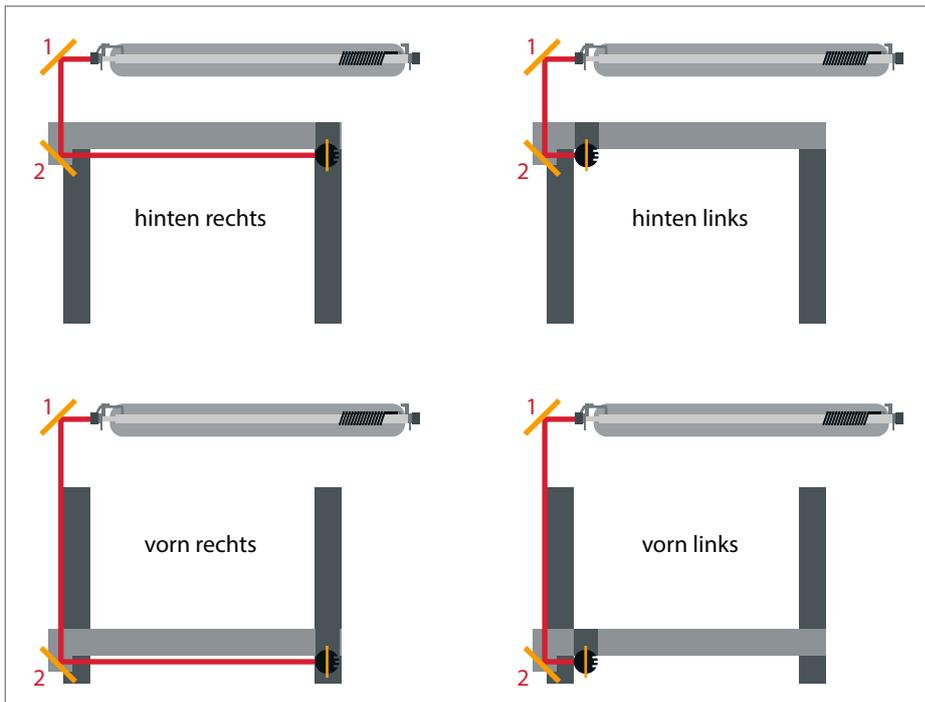
Kreppband. Nehmen Sie das Kreppband aber nicht heraus.

Anschließend setzen Sie den Laserkopf in die nächste Ecke (links vorn) und feuern erneut einen Testschuss. Kontrollieren Sie dann das Kreppband: Es darf nur ein Loch hineingebrannt sein, das in der Mitte der Eintrittsöffnung des Kopfes liegen soll 10.

Sind es jedoch zwei 11, dann läuft der Laserstrahl auf dem Weg von der Geräte-rückseite zur Vorderseite nicht parallel zur Bewegung des Laserkopfes.

Das wird durch den Spiegel direkt vor der Laserröhre verursacht. Dessen Stellung muss dann mit den Einstellschrauben korrigiert werden. Welche der Schrauben zuständig ist, ver-rät das Bild auf dem Kreppband: Sind die beiden Löcher übereinander, muss der Spiegel mit der Schraube unten links (von der Spiegel-rückseite aus betrachtet) in der Höhe korrigiert werden 12. Falls die Löcher nebeneinander liegen, ist die Schraube oben rechts zuständig. Oft liegen die Löcher aber sowohl in der Höhe als auch in der Breite verschoben. Dann müs-sen Sie mit beiden genannten Schrauben korrigieren.

Die Schrauben sind mit Kontermuttern ge-sichert. Vor dem Einstellen müssen die mit einem 8mm-Maulschlüssel gelockert werden. Hineindrehen der Einstellschraube bringt den Strahl nach oben, Herausdrehen nach unten. Achtung, jeweils nur um sehr kleine Winkel (etwa 10°) drehen und vor der folgenden Kon-

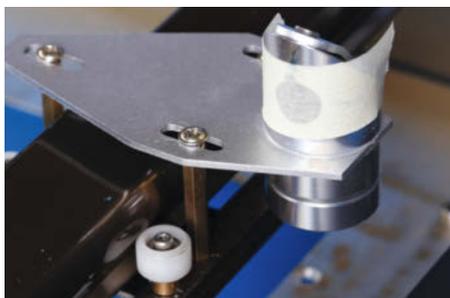


8 In allen vier Ecken des Arbeitstisches muss der Laserstrahl den Schneidekopf genau treffen.

terolle die Kontermutter wieder anziehen. An-schließend mit einem neuen Stück Kreppband erneut testen. Das wiederholen Sie, bis der Laserstrahl in beiden Stellungen des Kopfes nur ein Loch im Kreppband erzeugt. Dabei ist es erst einmal nebensächlich, ob das Loch

genau in der Mitte der Eintrittsöffnung des Schneidekopfes liegt.

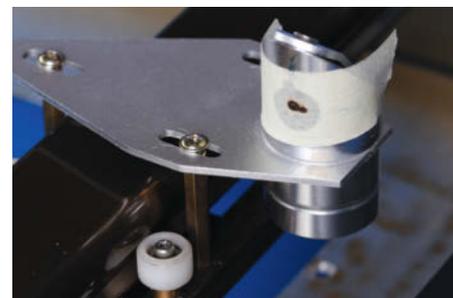
Zweiter Durchgang, diesmal mit den Test-punkten hinten links und hinten rechts. Auch diesmal sollte nur ein Loch im Kreppband ent- stehen. Falls nicht, ist der am Kopfschlitten



9 Das Kreppband muss sauber anliegen.



10 Bingo: So sieht ein Top-Ergebnis aus.



11 Bei zwei Löchern läuft etwas schief.

Jetzt durchstarten mit dem ESP32!

Als Heft oder digital: shop.heise.de/esp32-special

INKLUSIVE:



Original ESP32-Modul



shop.heise.de/esp32-special



12 Die Einstellschrauben der Spiegelfassung vor der Laserröhre



13 Die Schrauben beim Spiegel auf dem Schneidkopfschlitten



14 Wer es ganz genau mag, kann auch noch die Ausrichtung des Halteblechs optimieren.

befestigte Spiegel einzustellen. Hier ist die Schraube unten rechts für die Höhe, die Schraube oben links für die Breite zuständig 13. Justieren Sie, bis der Laserstrahl in beiden Kopfstellungen nur noch ein Loch im Kreppband verursacht.

Zum Schluss wiederholen Sie den Kreppband-Test, diesmal aber mit einem Stück Band in allen vier Ecken der Arbeitsfläche. Es sollte lediglich ein Loch entstehen. Das bedeutet nämlich, dass der Laserstrahl überall parallel zu den Achsen des XY-Tisches läuft. Diese Stellung der Einstellschrauben sollten Sie anschließend unbedingt mit Schraubensicherungslack (notfalls geht auch Nagellack) sichern.

Für Genauigkeits-Fanatiker

Jetzt kann es noch sein, dass der Strahl die Eintrittsöffnung nicht in der Mitte trifft. Als Folge tritt er auch nicht aus der Mitte der Linse heraus und wird nicht kreisförmig, sondern leicht elliptisch auf die Schnittfläche auftreffen. Das kostet in der jeweiligen Richtung einige Millimeter-Bruchteile an Genauigkeit und muss nicht unbedingt korrigiert werden. Seitliche Verschiebungen können Sie korrigieren, indem Sie die drei Schrauben des Kopf-Halteblechs leicht lösen und den Kopf entsprechend verschieben 14. Danach wieder mit dem Kreppband-Test kontrollieren, ob die Einstellung nun besser ist. Gegebenenfalls wiederholen Sie die Prozedur. Stimmt alles, sichern Sie die Schrauben ebenfalls mit Sicherungslack. Trifft der Strahl zu hoch auf, können drei gleichstarke Unterlegscheiben unter das Halteblech gelegt werden. Bei zu tiefem Auftreffen müssten die drei Abstandhalter, auf denen das Halteblech montiert ist, gegen kürzere ausgetauscht werden. Meiner Meinung nach ist dieser Aufwand aber im Vergleich zur Wirkung nicht vertretbar. —hgb

Fehlerquelle Airassist-Düse

Beim K40 verwenden viele Besitzer selbstgedruckte Airassist-Düsen, die mit einer Spannschelle am unteren Teil des Schneidkopfes befestigt werden 15. Die Druckluft wird meist mit einem externen Kompressor erzeugt und mit einem Schlauch zur Düse geleitet. Ist dieser Schlauch nicht am Kopf befestigt, erzeugt er bei der Bewegung des Kopfes ein Drehmoment. Da die Unterseite des Schneidkopfes aber am Oberteil angeschraubt ist und so den Kopf unverrückbar in seinem Halteblech fixiert, kann dies den Kopf lockern. Und bei einem lockeren

Kopf bewegen sich natürlich auch der Spiegel und die Linse unkontrolliert und damit auch der Laserstrahl. Daher halte ich solche Airassist-Düsen ohne ausreichende Schlauchbefestigung zum Beispiel über eine sogenannte Kabelkette für schlecht geeignet.

Über den Kurzinfolink können Sie sich Druckdateien für ein Airassist downloaden, das ohne externen Kompressor und damit auch ohne Schlauch auskommt und den Kopf nicht lösen kann. Es wurde bereits in der Make 2/21 vorgestellt.



15 Wenn der Schlauch einer solchen Airassist-Düse nicht am Schneidkopf befestigt ist, kann er den Linsenhalter oder den ganzen Kopf lösen.

Halten Sie Ihre Prozesse im Takt

DevOps

Exklusiver
Frühbucher-
Rabatt!

 heise Academy

DevOps, Continuous Delivery und Container-Orchestrierung sind der Schlüssel für eine effizientere Softwareentwicklung. Werden Sie mit unseren Workshops zum Master Ihrer Softwareentwicklung.

Unser Angebot

**Terraform –
Infrastructure as
Code**

10. – 11. August

WORKSHOP

**DevSecOps –
Sec gehört dazu**

31. August – 1. September

WORKSHOP

**Container managen
mit Kubernetes &
Rancher**

9. – 10. September

WORKSHOP

**Container-
Orchestrierung
mit Kubernetes**

20. – 23. September

WORKSHOP

**Elastic Stack
Fundamentals**

5. – 7. Oktober

WORKSHOP

**Continuous
Integration
mit Jenkins**

12. – 13. Oktober

WORKSHOP

Mehr Informationen:

heise-academy.de/devops

Fingerzinken schnell und einfach

Diese schicke Verbindungstechnik für die Ecken von Kisten sieht sehr professionell aus, gelingt aber mit einer Tischkreissäge und einer selbstgemachten Schablone auch in der heimischen Werkstatt. Hier zeigen wir Schritt für Schritt, wie man die Vorrichtung baut, aber auch, wie man sie später erfolgreich einsetzt.

von David Picciuto (Übersetzung: Peter König)



Diese Kistenverbindungen, die manchmal *Fingerzinken* genannt werden, sind eine meiner Lieblingsmethoden aus der Welt der Tischlerei. Sie sehen sehr schön aus, sind extrem stabil und erlauben es dir, deine Bretter auf die gewünschte Länge und Breite deiner Kiste zu schneiden, ohne die Größe der Verbindung einberechnen zu müssen: Wenn Dein Kasten außen zum Beispiel 30cm lang und 24cm breit werden soll, dann schneidest Du Deine Bretter einfach quer bei den Längen 30cm und 24cm ab. Solche Fingerzinken kann man mit einer Oberfräse oder einer Tischkreissäge machen. Im Folgenden machen wir eine wirklich simple Schablone für die Säge selbst und bauen damit eine einfache Holzkiste. Fertig? Dann los!

Vorbereiten

Als allererstes bestimmt man die Breite der einzelnen Zinken. Ein Standard-Kreissägeblatt hat meist etwa 3mm breite Zähne, was Fingerzinken und Schlitz mit jeweils ebenfalls 3mm Breite ergibt. Die in den USA verbreiteten *Dado-Stack*-Sägeblätter für breitere Schnitte oder spezielle Nutsägeblätter sind meist ziemlich teuer und passen oft nicht auf die kurzen Achsen einfacher Tischkreissägen, deshalb begnügt man sich besser mit schmalen Zinken, die mit einem normalen Blatt geschnitten werden können – wie wir in unserem Beispiel.

Es wird dringend empfohlen, ein Flachzahn-Sägeblatt zu verwenden (mehr zu Kreissägeblättern steht im Make-Sonderheft 2020 „Loslegen mit Holz“, siehe auch Kasten). Ein Trapez-, Hohl- oder Wechselzahnblatt hinterlässt im Sägeschnitt kein glattes Ende **1**. Obwohl die Methode damit prinzipiell auch geht, werden die Zinkungen nicht den sauberen, klassischen Look zeigen.

Ich lege die Höhe meiner Kisten meist auf Vielfache der Fingerzinkenbreite fest. Wenn ich zum Beispiel 3mm-Zinken schneide, möchte ich, dass sich die Höhe der Kiste ganzzahlig

Kurzinfo

- » **Klassische Eckverbindungen für Rahmen und Kisten aller Art mit der Tischkreissäge herstellen**
- » **Schablone wiederverwendbar für Material identischer Stärke**
- » **Patentrezept für exakt ausgerichtete lange und kurze Seiten**

Checkliste



Zeitaufwand:
ab einer Stunde



Kosten:
je nach Bestand an Restholz und Werkstattausrüstung ab 0 Euro



Holzbearbeitung:
Tischkreissäge und solide Kenntnisse im sicheren Umgang damit erforderlich

Werkzeug

- » Tischkreissäge mit verstellbarem Spaltkeil und abnehmbarer Spanhaube, sodass verdeckte Nutschnitte möglich sind
- » Kreissägeblatt möglichst Flachzahn
- » Sägeschlitten und/oder Queranschlag mit senkrechter Stützplatte, sodass exakt rechte Winkelige Querschnitte möglich sind
- » Zwingen
- » Holzleim oder Sekundenkleber
- » Schleifpapier
- » Schwingschleifer oder Tellerschleifer (optional)

Mehr zum Thema

- » Heiko Rech, Umgang mit Kreissägen, Make Sonderheft 2020 „Loslegen mit Holz“, S. 34

Alles zum Artikel
im Web unter
[make-magazin.de/x29y](https://www.make-magazin.de/x29y)

Material

- » Sperrholz 19mm, etwa 9cm x 35cm
- » Stück Hartholz 20cm lang, mindestens 13mm dick, Breite beliebig
- » Laubholz für eine Probekiste, Maße nach eigenen Vorstellungen

durch 3mm teilen lässt, sodass am Ende kein halber Zinken übrig bleibt.

Lege los und schneide vier Stücke Laubholz für die Kistenseiten zurecht (auf den Bildern benutze ich 19mm starkes Mahagoni). Deine Kiste kann jede beliebige Größe haben, denke aber daran, je höher die Seiten sind, desto mehr Fingerzinken musst Du schneiden. 30cm lang, 24cm breit und 48mm hoch sind gute Maße für einen ersten Versuch. Man braucht außerdem noch (mindestens) zwei Probe-

stücke, um sich an die richtige Teilung heranzutasten. Diese Stücke können aus anderem Holz sein und im Prinzip eine beliebige Länge ab 10cm haben, nur die Breite und die Dicke sollten mit den Kistenteilen identisch sein.

Sägeschlitz schneiden

Als nächstes schneidet man einen Schlitz in ein Stück 19mm starkes Sperrholz für die Schablone **2**. Die Länge und die Breite





dieses Stücks sind nicht entscheidend – meines misst 9cm x 35cm. Stelle das Sägeblatt so ein, dass es um 13mm über den Tisch deiner Kreissäge herausragt und säge den Schlitz ungefähr in der Mitte des Sperrholzes. Benutze dazu den Schlitten der Kreissäge oder einen Queranschlag mit einer senkrechten Stützplatte. Achtung: Gegebenenfalls muss vor dem Sägen der Spaltkeil der Kreissäge noch so verstellt werden, dass man damit nicht am Holz hängen bleibt.

Steckstift schneiden

Jetzt schneidet man ein Stück Hartholz zu, das in den gerade geschnittenen Schlitz passt **3**. Dieses Stück wird der Steckstift oder Anschlag beim Sägen. Zuerst schneidet man ihn mit Überlänge zu: 20cm lang, 13mm breit und exakt so dick wie das Sägeblatt (hier 3mm). Genau diese Dicke zu bekommen, kann etwas knifflig sein und ein paar Versuche brauchen. Das Stück sollte so in den Schlitz aus **2** passen, dass es nicht von selbst wieder herausfällt. Wenn es anders nicht geht, kann man das Teil auch etwas dicker schneiden und dann auf das genaue Maß herunterschleifen.

Stift ablängen

Säge ein 38mm langes Stück vom Holz für den Stift ab **4**. Der längere Rest wird später bei **6** als Abstandsschablone gebraucht, also nicht wegwerfen. Nimm das 38mm lange Stück und leime es hinten bündig in den Schlitz im Sperrholz **5**. Es darf auf keinen Fall an der Rückseite des Sperrholzes über stehen. Für die Klebung kann man Holzleim nehmen, Sekundenkleber geht auch.

Abstandhalter setzen

Als nächstes wandert das Sperrholzbrett mit dem Steckstift auf die Säge und wird dort am Sägeschlitten oder der Stützplatte des Queranschlags platziert. Der Rest vom Steckstift dient als Abstandsschablone zwischen Sägeblatt und Stift **6**. Weil dieses Holzstück genauso dick ist wie der Sägeschnitt des Sägeblatts, sitzt der Steckstift dadurch nahezu am perfekten Ort, um die Fingerzinken auf die korrekte Größe zu schneiden. Ist alles ausgerichtet, wird das Sperrholz am Anschlag festgezwungen **7**.

Stift abrunden

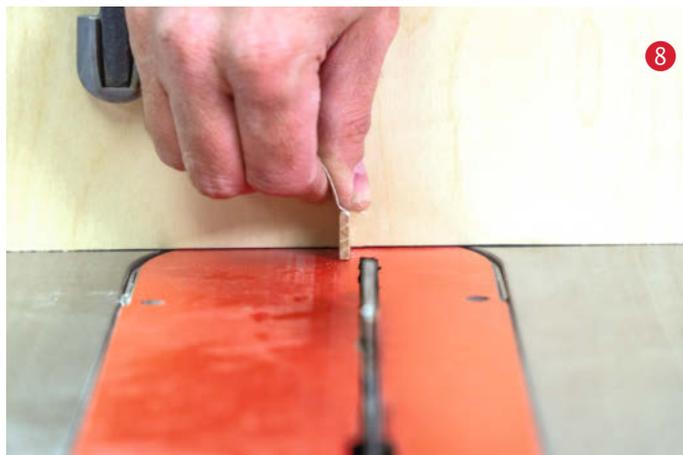
Mit einem Stück Schleifpapier rundet man die oberen Kanten des Steckstifts etwas ab **8**.

Dadurch gleitet der Stift später viel leichter in die Schlitz des Werkstücks (und wieder heraus). Man kann den Stift sogar mit etwas Wachs einreiben, um die Reibung zu reduzieren.

Fingerzinken schneiden

Jetzt ist der Anschlag schon bereit für die ersten Schnitte! Platziere eines der Teststücke an der Sperrholzplatte, sodass die Kante am Steckstift anliegt. Säge starten, Stück gut festhalten und den ersten Schlitz sägen **9**. Wenn es dir zu heikel ist, das Werkstück mit den Händen festzuhalten – immerhin muss man für diesen Arbeitsgang die Spanhaube, die eigentlich die Oberseite des Sägeblatts gegen Berührung schützt, abnehmen – kannst du es auch für jeden Schnitt festzwingen und anschließend wieder lösen.

Nach dem ersten Sägeschnitt schiebt man den dabei entstandenen Schlitz über den Steckstift und scheidet den nächsten Schlitz **10**. Das erzeugt eine Serie von abwechselnd Fingern und Schlitzten. Das setzt man über die komplette Breite des Brettes fort und wiederholt es bei einem zweiten Teststück. Es ist nicht schlimm, wenn das alles noch nicht perfekt passt, dazu gleich mehr.



Erster Test

Prüfe die erste Zinkung, indem du die beiden Stücke ineinanderschiebst. Idealerweise verzahnen sie sich ohne viel Kraftaufwand **11**. Wenn der Sitz zu lose ist, muss der Steckstift eine Idee vom Sägeblatt wegbewegt werden; ist er zu stramm, muss er einen Tackern näher ans Blatt ran. Das ändert die Größe der Fingerzinken; die Breite der Schlitz bleibt immer konstant. Das Brett mit dem Steckstift muss dabei nur um etwa die Dicke einer Visitenkarte verschoben werden. Dazu löst man die Zwingen etwas und stößt das Brett vorsichtig an. Dann die Zwinde wieder anziehen und die Schritte **9** und **10** wiederholen.

Wenn alles perfekt passt, kann man das Brett mit dem Steckstift an den Schlitten oder den Queranschlag schrauben. In meinem Beispiel habe ich es bei den Zwingen gelassen. Sieht alles gut aus? Prima, dann ist es jetzt Zeit, eine Kiste zu bauen.

Patentrezept für die Kiste

Als erstes markiert man die Oberkante aller Kistenteile, etwa indem man sie ausrichtet und alle vier auf einmal markiert, wie auf Bild **12** zu sehen. Diese Markierung ist der Schlüssel zum Erfolg und zeigt unmissverständlich

an, welche Seite des Bretts zum Steckstift zeigen muss, wenn die Fingerzinken geschnitten werden.

Sägeblattposition: Stelle das Sägeblatt so ein, dass es um ein Haar höher steht, als deine Bretter dick sind **13**. Das ergibt Zinken, die minimal zu lang sind – sie werden über die Seiten der Kiste überstehen, aber man kann sie nach dem Leimen passend schleifen. Es ist besser, wenn sie etwas zu lang sind als zu kurz.

Schneiden der Zinken an den langen Seitenteilen: Man fängt mit den langen Teilen an. Starte mit dem Sägen mit zum Steckstift gerichteter Markierung **14**. Schneide alle Zinken wie beim Probestück, über die ganze Breite des Bretts.

Schneiden der Zinken am anderen Ende: Drehe das Brett so, dass die Markierung immer noch zum Steckstift weist und schneide am anderen Ende ebenfalls eine Reihe Schlitz und Zinken ein **15**. Wenn das erledigt ist, die Schritte **14** und **15** beim anderen langen Brett wiederholen.

Ausrichtung der kurzen Seite: Jetzt muss man die Zinken für die kurzen Seitenteile ausrichten. Nimm dazu zuerst eines der fertigen langen Seitenteile und stecke es auf den Stift. Setze dann das kurze Werkstück direkt an das



lange und achte wiederum darauf, dass die Markierungen auf beiden Seiten nach innen gerichtet sind, dem Stift zugewandt, wie auf Bild **16** zu sehen.

Schneiden der Zinken an den kurzen Seitenteilen: Während man die beiden Teile fest an den Anschlag drückt, sägt man den ersten Schlitz in das Ende des kurzen Seitenteils **17**. Anschließend kann man das lange Seitenteil wegnehmen und mit dem Schneiden von Schlitz und Zinken fortfahren wie in den vorigen Schritten **18**.



12



13



14



15



16



17

Schneiden der Zinken am anderen Ende: Wenn du die Zinken an einem Ende des kurzen Seitenteils fertig geschnitten hast, drehst du das Brett wieder um und sägst die Schlitzreihe ins gegenüberliegende Ende, wie auf dem Bild 19 zu sehen, wobei du für die Ausrichtung des ersten Schlitzes wieder das lange Seitenteil zur Hilfe nimmst. Nochmal: Prüfe lieber zweimal, dass dabei die Markierungen auf beiden Teilen nach innen zeigen, hin zum Steckstift. Höre ich mich schon wie eine gesprungene Platte an? Egal,

diese Markierungen sind die Garantie, dass gleich beim Leimen alles passt! Wenn das erste kurze Seitenteil fertig ist, wiederhole die Schritte 16 bis 19 beim verbliebenen kurzen Seitenteil.
Verleimen: Jetzt ist der Moment gekommen, alle Teile zusammenzuleimen. Wenn die Verbindungen korrekt geschnitten wurden, müsste die Kiste von selbst eine rechteckige Form annehmen. Richte alle Markierungen nach oben aus, dann sollte sich die Kiste zusammenfügen lassen wie ein Puzzle. Zwingen

halten die Kiste zusammen, während der Leim anzieht 20.
Überstände schleifen und auskitten: Wenn der Leim trocken ist, schleift man die überstehenden Enden der Zinken mit einem Teller- oder Schwingschleifer 21 oder von Hand mit Sandpapier und Schleifklotz ab. Manchmal zeigen sich winzige Lücken nach dem Verleimen, wo beim Sägen kleine Holzfasern ausgerissen sind. Solche Lücken kann man leicht kaschieren, indem man etwas Sägemehl mit Holzleim mischt und diese Fehl-



stellen füllt 22. Ist der Leim trocken, schleift man nochmals alles eben. Das ist ein toller Trick, der zu makellos aussehenden Kisten-Eckverbindungen führt.

Ausblick

Das war's! Ich habe diese Schablone schon diverse Male gebaut und wenn man den Dreh erst mal raus hat, kann man sich die nächste Vorrichtung nach diesem Muster in etwa 15 Minuten bauen. Obwohl ich auch eine von den teuren, einstellbaren Zinkschablonen besitze, die es fertig zu kaufen gibt, nehme ich lieber meine handgemachte Version – bei der anderen muss ich mir jedes Mal ein Video anschauen, um die Handhabung wieder zu lernen, wenn ich sie hervorkrame.

Jetzt, wo du die Technik kennst, kannst du alle möglichen tollen Holzprojekte umsetzen, von Werkzeugkisten über Schubladen bis zu Schmuckschatullen. Für den Boden der Kiste gibt es übrigens diverse Möglichkeiten. In diesem Beispiel habe ich vorher Nuten geschnitten, die ein 3mm starkes Sperrholz aufnehmen. Man kann aber auch immer einen Boden nach dem Zusammenbau einkleben oder einen Falz einfräsen (sogar nach dem Zusammenbau) und einen Boden dort einleimen. —pek

Make-Sonderheft: Loslegen mit Holz

Für viele Maker ist die Arbeit mit Holz ein ungewohntes Metier, weshalb wir uns im Make-Sonderheft „Loslegen mit Holz“ diesem Thema einmal ganz intensiv widmen. In dieser Sonderausgabe von Make erfährst Du, welche Werkzeuge Dir den Einstieg bei minimalem Aufwand maximal erleichtern – und zwar unabhängig davon, ob Du mit handlichen Maschinen schnell zum Ziel kommen willst oder ob der Umgang mit Holz für Dich eine Rückkehr zum echten Handwerk sein soll. Von Lasercuttern und CNC-Fräsen ist natürlich ebenfalls die Rede, für alle, die lieber digital planen und die Maschine den Rest machen lassen

wollen. Darüber hinaus gibt es ausführliche Schritt-für-Schritt-Anleitungen für Holzprojekte. Sie reichen von Werkstatthelfern wie einer einfachen Handkreissägeführung über eine klassische Sägebank samt Sägebock bis hin zu Hinguckern wie dem raffinierten Vollholz-Lautsprecher ohne Membran und Elektronik, der nur durch den ausgesägten Klangkanal im Inneren die Musik vom hineingesteckten Smartphone verstärkt. Das Make-Sonderheft „Loslegen mit Holz“ ist in gedruckter Form nahezu ausverkauft, aber als PDF für 9,99 Euro im heise shop dauerhaft erhältlich (siehe Link in der Kurzinfo).



Ausprobiert
— von **tech-stage**

Anycubic Vyper

Günstiger FDM-3D-Drucker mit Komfort



Auf den ersten Blick bietet der *Anycubic Vyper* nicht viel anderes als andere günstige FDM-3D-Drucker: einen Bauraum von 24,5cm × 24,5cm × 26cm, einen Bowden-Extruder mit maximaler Hotend-Temperatur von 260 °C und Filament-Sensor, ein bis 110 °C heizbares Druckbett mit Level-Automatik sowie einen 4,3-Zoll-Touchscreen zur Steuerung am Gerät.

Im Test der Kollegen von *TechStage* punktete der *Vyper* allerdings mit Details wie ab Werk montierten Riemenspannern, oder einer magnetischen Druckauflage aus Metall wie bei den *Original-Prusa*-Maschinen, mit der es leicht fällt, fertige Drucke zu lösen. Die grafische Oberfläche und die Menüführung auf den Touchscreen sind übersichtlich und durchdacht, die Level-Automatik funktioniert tatsächlich komplett ohne User-Eingriff. Das Gerät muss aus ein paar Baugruppen mit ein paar Schrauben zusammengefügt werden, was im Test nach fünf Minuten erledigt war.

Die Druckqualität ist gut, die Motoren arbeiten sehr leise, die Lüfter allerdings weniger. Überraschenderweise funktionierte im Test auch der Druck mit flexiblem TPU-Filament trotz Bowden-Extruder problemlos. Fazit der Kollegen: Der problemloseste Drucker, den *TechStage* in den letzten 10 Jahren getestet hat. Deren ausführlichen Testbericht gibt es online. —pek

► make-magazin.de/xys5

Hersteller	Anycubic
URL	ebay.de/usr/anycubic
Preis	339 €

Qidi X-Pro

Geschlossener 3D-Drucker mit zwei Extrudern

Beim *Qidi X-Pro* handelt es sich um einen FDM-Drucker mit geschlossenem Gehäuse, zwei Direct-Extrudern, die zwei unterschiedliche Materialien auf maximal 240 °C erhitzen. Trotz des hohen Gewichts von knapp 22 kg und Abmessungen von satten 55cm × 45cm × 55cm inklusive Kunststoff-Haube und Filament-Spulen beträgt der nutzbare Bauraum maximal 23cm × 15cm × 15cm – wie beim legendären ersten *Replicator* von *MakerBot Industries* aus dem Jahre 2012, dessen Urenkel der *Qidi* vom ganzen Habitus her sein könnte. Das auf 100 °C beheizbare Druckbett ist mit einer magnetischen Auflage versehen. Zur Übertragung der Druckdaten stehen ein USB-Port, LAN und WLAN zur Verfügung, jedoch gibt es weder Filament-Sensor noch Leveling-Automatik für das Druckbett, man justiert dessen Lage stattdessen, von der Maschine geführt, über drei Stellschrauben.

Als Software liefert der Hersteller eine modifizierte *Cura*-Version mit, der Drucker ließ sich im Test von *TechStage* aber auch gut mit dem originalen *Cura* benutzen. Den Kollegen gelangen mit der Maschine auch zweifarbige Drucke zufriedenstellend (das ist leider keine Selbstverständlichkeit bei Doppelkopf-Druckern), zudem war die Maschine im Betrieb



Ausprobiert
— von **tech-stage**

in der Regel nicht lauter als ein gewöhnliches PC-Netzteil. Den ausführlichen Testbericht lesen Sie online. —pek

► make-magazin.de/xys5

Hersteller	Qidi
Vertrieb	Banggood
Preis	ca. 500 €

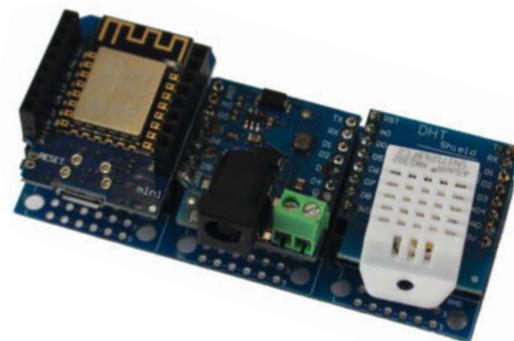
Steck-Basisplatinen

für das ESP-8266-Board Wemos D1 Mini

Das ESP-8266-Board *Wemos D1 mini* ist als stapelbares Stecksystem konzipiert, bei dem diverse Sensor- oder Display-Module im gleichen Format einfach auf das Controllerboard gesteckt werden. Doch das Stapeln ist zu Ende, sobald die Höhe eines Moduls (etwa die Relaiskarte) die Länge der Kontaktpins in den Steckerleisten überschreitet. Zwei Basis-Boards machen die Modulkombination einfacher: Dank der zwei beziehungsweise drei Steckplätze auf und unter den Karten können solche hohen Module einfach seitlich ausgelagert werden.

Um die Verdrahtung muss man sich dabei nicht kümmern, sämtliche Steckplätze sind untereinander verbunden. Damit wird auch die Stromversorgung einfacher, da die Versorgungsspannung nur einmal eingespeist werden muss. Das Dreifach-Board besitzt zudem zwischen den Steckkontakt-Leisten ein Lochrasterfeld, auf dem sich eigene Erweiterungsschaltungen aus wenigen Bauteilen

unterbringen lassen. Beide Karten werden mit kurzen und langen Steckkontaktleisten zum Einlöten geliefert. —hgb



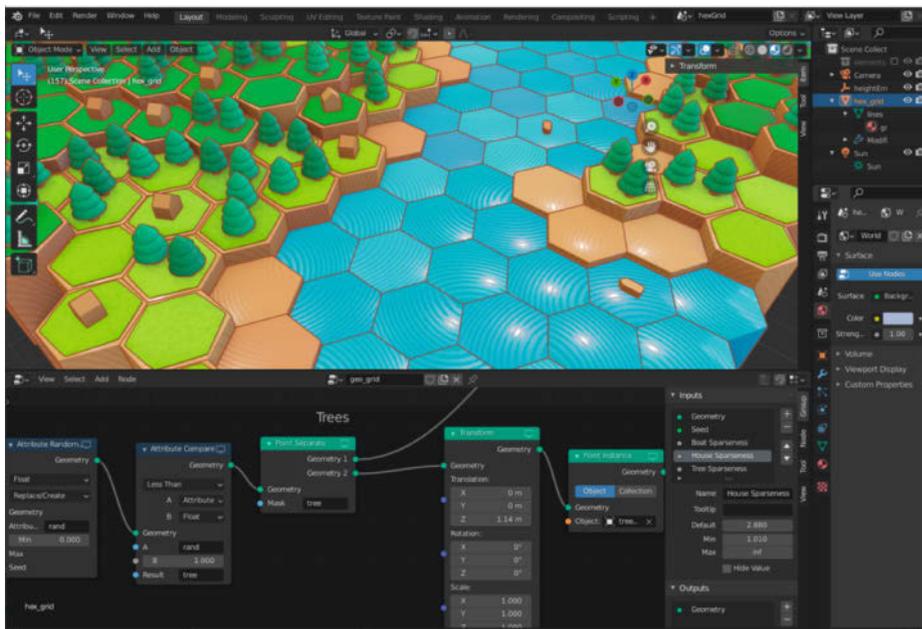
Bezugsquelle	Makershop.de, Tinytronics
URL	make-magazin.de/xys5
Preis	Zweifach 2,50 €, Dreifach 3,20 €

Blender 2.93 LTS

Open-Source-3D-Paket

In seiner neuesten Version bietet *Blender* mehr als 20 neue *Geometry Nodes*. Jeder dieser Nodes führt eine Operation aus und sie lassen sich in einem grafischen Editor zu einem Netzwerk verknüpfen, um damit parametrisch Geometrie zu erzeugen und zu bearbeiten, statt wie bisher Oberflächen-Meshes durch Kombination und Bearbeitung von Grundkörpern (*Primitives*) „zu Fuß“ zu erzeugen. Die *Geometry Nodes* sind erst in der vorigen Version von Blender überhaupt eingeführt worden, dank ihrer kann man jetzt Grundformen wie Kugeln, Zylinder und Würfel direkt aus einem Nodes-Netzwerk erzeugen und später noch Parameter wie Radius oder Anzahl der Segmente verändern, was bisher in dieser Form nicht möglich war.

Die Version 2.93 von Blender ist ein *Long Term Stable Release (LTS)*, für das zwei Jahre lang noch Bugs gefixt werden und was sich als verlässliche Plattform für längerfristige Projekte eignet. Die weitere Entwicklung der Software konzentriert sich aber auf Blender 3.0, mit dessen Erscheinen wohl noch in diesem Jahr zu rechnen ist. Blender läuft unter Windows, Linux und macOS. —pek



Hersteller Blender Foundation
URL www.blender.org
Preis kostenlos

Mini-Voltmeter

2-Kanal-Voltmeter fürs Breadboard

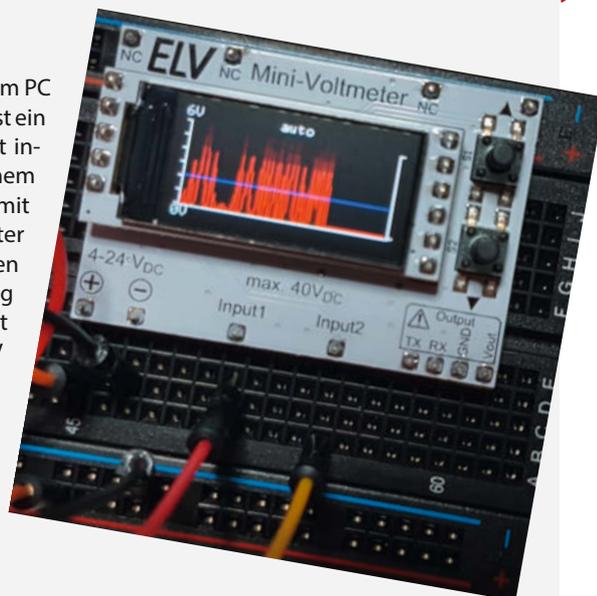
ELV hat auf einer nur 40mm x 30mm kleinen Steckplatine ein 2-Kanal-Voltmeter mit einem 1-Zoll-TFT-Display untergebracht. Das Mini-Voltmeter fürs Breadboard erspart ein externes Messgerät und zusätzliche Messschnüre auf dem Schreibtisch.

Der kleine Helfer kommt als Bausatz mit vorbestückter Platine. Die Stiftleisten müssen selbst angelötet und das Display montiert werden; inklusive Lötkolben anheizen eine Sache von 15 Minuten. Die Versorgungsspannung des Voltmeters darf zwischen 4 und 24V liegen. Die zwei Eingänge messen jeweils bis 40V und sind gegen Über- und Unterspannung geschützt. Mit den zwei Druckknöpfen kann man zwischen verschiedenen Anzeigemodi umschalten: Digital, Bargraph, Analog und Plotter, wobei standardmäßig immer die Messwerte beider Kanäle getrennt angezeigt werden. Auf Wunsch kann man die Werte jedoch addieren und subtrahieren und anzeigen.

Als besonderes Feature lassen sich die Messwerte über eine TTL-kompatible serielle Schnittstelle auslesen und etwa mit dem

Serial Plotter der Arduino-IDE auf dem PC groß anzeigen. Kern des Voltmeters ist ein ARM-Cortex-M3-Mikrocontroller mit integrierter Display-Steuerung und einem 12-Bit-A/D-Wandlern, der 8 Kanäle mit 1MSample/s abtastet. Das Voltmeter nutzt jedoch nur 4 davon, je 2 für einen Voltmetereingang. Die Messauflösung soll durch Oversampling aber 16 Bit betragen. Zur Genauigkeit macht ELV allerdings keine Angaben, die Anzeige aufs Millivolt genau ist also mit Vorsicht zu genießen. Bei Aufbauten auf Breadboards ist der Anspruch an Genauigkeit aber ohnehin eher gering.

In der Praxis funktioniert die digitale Anzeige der Messwerte recht gut. Die Wiederholfrequenz der Anzeige liegt bei mehreren Hertz, was bei der analogen Darstellung mit Zeiger und insbesondere beim Plotter zu nervigem Flackern führt. Für 25 Euro ist das Voltmeter zur Kontrolle von Pegeln und deren Verläufen aber ein günstiger Helfer. —dab



Hersteller ELV
URL <https://de.elv.com>
Preis 24,95€

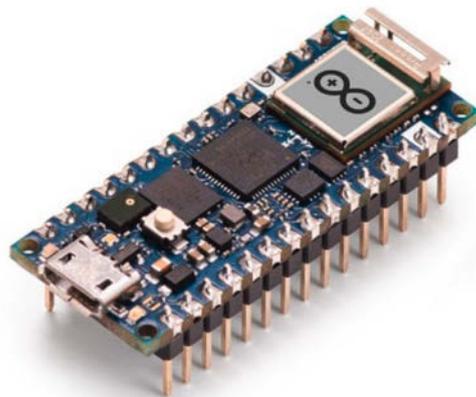
Ausprobiert
 — von Make: —

Arduino Nano RP2040 Connect

Mikrocontroller mit dem Chip des Raspberry Pi Pico

Nach Herstellern wie *Pimoroni* und *SparkFun* (siehe Make 3/21, S.126) hat auch Arduino ein Mikrocontroller-Board mit dem RP2040, dem Chip des *Raspberry Pi Pico*, auf den Markt gebracht. Während der originale Pico für unter 6 Euro zu haben ist, kostet der Arduino Nano RP2040 Connect allerdings ein Vielfaches. Im Arduino-Blog heißt es dazu, dass man so begeistert vom RP2040-Chip sei, dass er eine würdige Umgebung verdiente – deshalb sitzt der RP2040 auf einer neuen Premium-Variante des *Arduino Nano*. Mit an Bord sind unter anderem 16 MByte Flash, WLAN und Bluetooth (in Form des Moduls *u-blox NINA-W102*) sowie ein Sechs-Achsen-Bewegungssensor, ein Mikrofon und eine RGB-LED. Das Board hat 22 digitale GPIO-Pins, 20 mit PWM-Unterstützung und 8 analoge.

Dank jüngster Updates am *Arduino Mbed Core* soll C++/Arduino-Code, der etwa für einen anderen Nano geschrieben wurde, auch problemlos auf dem *Nano RP2040 Connect* laufen. Die Unterstützung für *MicroPython* ist für „Juli 2021“ angekündigt, sollte bei Erscheinen des Hefts also bereits gegeben sein. Außerdem soll sich das neue Board dank seiner WLAN-Fähigkeit problemlos in die neue *Arduino Cloud* einfügen, wie das Online-Projekt *Arduino Create* neuerdings heißt. Damit kann man im Browser Boards programmieren und mit IoT-Geräten kommunizieren, in der kostenlosen Basis-Version werden allerdings nur zwei Geräte unterstützt. Die müssen übrigens nicht mehr unbedingt von Arduino stammen, kostenlos werden jetzt auch Boards anderer Hersteller akzeptiert. —pek



Hersteller	Arduino.cc
Vertrieb	Händler wie Reichelt, Pollin, Conrad
Preis	ab ca. 27 €

Ausprobiert
— von Make: —

MakeristAR

AR-App zur digitalen Übertragung von Schnittmustern auf Stoff

Makerist ist eine Plattform für nachhaltige kreative Handarbeiten, mit schön aufbereiteten Erklärvideos und Anleitungen sowie einer Plattform, auf der internationale Designerinnen und Designer zigtausende E-Books und Schnittmuster anbieten. Dazu kommt ein Shop für Stoffe, Kurzwaren und Bastelzubehör.

MakeristAR wiederum ist eine App, mit der wir AR-Schnittmuster auf Stoff übertragen können, ohne den fehlerträchtigen und umständlichen Umweg über aneinandergeklebte Ausdrucke auf Papier. Sie projiziert

über den Bildschirm unseres iOS-Mobilgerätes die Schnittmuster-Linien, die man dann direkt auf den Stoff nachzeichnet.

Zu Beginn des Nähprojekts kauft man sich am Rechner ein Schnittmuster samt AR-Erweiterung über die *Makerist*-Website. Nach dem Login in der kostenlosen iOS-App sucht man es sich aus seinen Käufen heraus und wählt die passende Größe. Außerdem druckt man einen speziellen *Anker*, ein 15cm großes, speziell gemustertes Papierquadrat, das der App Abstand und Ausrichtung zum Stoff verrät. Am Anker sind die Linien des Schnittmusters festgemacht, deshalb kann man ihn zur Platzierung der Linien auf dem

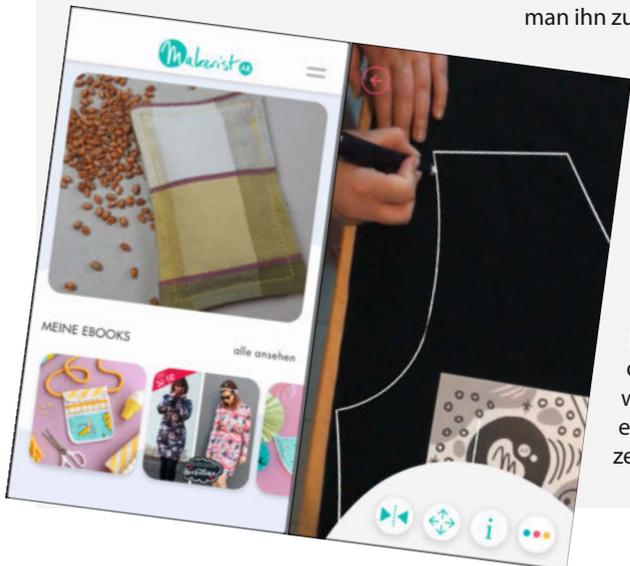
Stoff etwas hin und her schieben. Sollte er beim Nachzeichnen im Weg liegen, kann man die Linien über Pfeile in der App aber auch vom Anker weg verschieben.

Die App ist für iPhones ausgelegt, ein iPad liegt eher klobig in der Hand. Dessen Kamerawinkel ist etwas kleiner und die Bedienelemente sind größer, wodurch man auf dem Bildschirm weniger Arbeitsfläche hat – hier empfehle ich, ein Stativ zu benutzen. Den Anker habe ich für einen

langen Ärmel bestimmt drei Mal neu ausgerichtet. Auf einem iPhone hingegen war ich mit meinem Ärmel in weniger als fünf Minuten fertig. Im Test habe ich versucht, mit einem weißen Kreidestift auf schwarzem Stoff nachzuzeichnen; Kreide bewegt aber bei jedem kleinen Strich den Stoff mit und sorgt so für Ungenauigkeiten. Hier empfiehlt sich eindeutig ein wasserlöslicher oder selbstlöschender *Trickmarker*.

Makerist hält bei der AR-App Abweichungen von bis zu 3mm für möglich. Dabei kommt es vermutlich auf die Anwendungsfälle und Übung an: Haltet ihr das Gerät sicher ohne Neigung und den Anker stets im Sichtfeld der Kamera (und verdeckt ihn auch nicht mit der Zeichenhand), dann ist die Bedienung angenehm und schnell. Für diese Technik ist besonders dehnbare Kinderkleidung geeignet, denn solche Projekte verzeihen deutlich mehr Ungenauigkeit als eine Bluse. Wenn Ihr allerdings Wert darauf legt, an den Schnittmustern etwas individuell für Euren Körper zu ändern, dann ist das digital leider nicht möglich. —stri

Hersteller	Makerist GmbH
URL	makerist.de/topics/makerist-ar-app
Preis	kostenlos



3D-Druck

Lernkarten-Set

Lernkarten gibt es ja für die verschiedensten Stoffe und Lernzusammenhänge, um sich in kompakter Form Fachwissen reinzuziehen und es zur Verfestigung zu wiederholen. Das vorliegende Kartenset behandelt auf diese bewährte Weise das Thema 3D-Druck auf dem Niveau von Makern. Es eignet sich damit etwa dazu, um es Einsteigern in die Hand zu drücken, die das erste Mal in einem FabLab stehen und sich für 3D-Druck interessieren, denn es beantwortet die üblichen ersten Fragen systematisch: Was sind Infill und Support, Raft und Brim, welche Software braucht man, welches Material kommt zum Einsatz und wie bearbeitet man es nach? Ob man seine 3D-Druck-Eleven am Ende tatsächlich auch die 16 Fragen zur *Lernkontrolle* beantworten lässt, bevor man sie ans Gerät lässt, sei mal jeder Werkstattleitung selbst überlassen – für die richtigen Antworten muss man sich allerdings durchaus mit dem Thema beschäftigt haben und dabei ist das Lernkarten-Set keine schlechte Hilfe.



Das Kartenset steht unter *Creative-Commons-Lizenz* (CC-BY-NC3.0). In identischer Aufmachung sind außerdem Lernkarten-Sets zum *Laserschneiden* und *Mikrocontroller/Arduino & Co* erschienen. —pek

Autoren	Jan Borchers, Anke Brocker, Marcel Lahaye
Verlag	Bombini Verlag
Umfang	27 doppelseitige Lernkarten
ISBN	3946496180
Preis	12,95 €

Raspberry Pi Pico Schnelleinstieg

Kompakter Leitfaden für die Hardware / Einfache Programmierung mit MicroPython

Der kleine *Raspberry Pi Pico* kam erst Anfang diesen Jahres auf den Markt und parallel gab es gleich ein englisches Einsteigerbuch, was man als PDF sogar kostenlos bekommt (Make 1/21, S. 145). Jetzt gibt es mit dem vorliegenden Buch die erste gedruckte Anleitung zum Einstieg mit dem Board auf deutsch. Das beginnt mit der Installation von Programmierwerkzeugen und dem Flashen der *MicroPython*-Firmware auf dem Board, erstreckt sich über viele Lernprojekte wachsender Komplexität von der ersten blinkenden LED bis zu einer Wetterstation. Dabei ist das Buch bestechend aktuell: So sind im letzten Kapitel bereits die RP2040-Boards von *Sparkfun*, *Pimoroni* (Make 3/21, S. 126), *Adafruit* und *Arduino* berücksichtigt (S. 128).

Damit das alles auf 168 gut bebilderte Seiten passt, sind viele Erklärungen recht knapp gehalten – wer schon Grundkenntnisse in Python und Elektronik hat, wird mit dem Buch gut zurecht kommen, ansonsten muss man sich für viele Details wahrscheinlich auch noch anderer Quellen bedienen. Das

Thema „Transistor als Schalter“ wird hier etwa in einem guten Dutzend Sätzen abgehandelt, unser *Make Elektronik Special* (S.26) widmet diesem Thema hingegen ein ganzes Kapitel.

Leider sind die Abbildungen der Pinouts und der Steckbrettaufbauten – bedingt durch die Papierqualität und das kompakte A5-Format des Buchs – so klein und verwaschen, dass man die Beschriftungen der Pins kaum lesen kann. Der kostenlosen Leseprobe nach scheint das in der E-Book-Fassung besser zu sein. Schade nur, dass es zwar den Code aller Programmbeispiele zum Download gibt, aber keine größeren Grafiken der Steckbrettaufbauten. Das macht den Nachbau doch etwas mühsam. —pek



Autor	Thomas Brühlmann
Verlag	mitp
Umfang	168 Seiten
ISBN	9783747503775
Preis	Buch: 19,99 €, E-Book: 16,99 €, Bundle: 22,99 €

Mind The Tech

True Crime Podcast zu Cyberkriminalität



Mind The Tech ist ein deutschsprachiger *True Crime Podcast* rund um die Themen Cyberkriminalität und Netzpolitik. Wer also gerne *True Crime Podcasts* hört und bei Tech-Themen gerne auf dem Laufenden bleibt, wird an diesem Format seine Freude haben. Die Folgen sind jeweils zwischen 45 Minuten und einer Stunde lang und dabei sehr kurzweilig aufgebaut. Gehostet wird der Podcast von Isabelle Ewald und Co-Host Catrin Schröder-Jaross. Die beiden besprechen diverse aufsehenerregende Fälle aus dem Tech-True-Crime, von sehr aktuellen Themen (Leben und Tod von John McAfee – und die dazugehörigen Verschwörungstheorien) bis hin zu Klassikern, von denen jeder schonmal gehört haben sollte (der KGB-Hack im kalten Krieg).

Einige Folgen behandeln hingegen keinen speziellen Fall, sondern klären über verschiedene Arten der Cyberkriminalität (zum Beispiel Deepfakes) im Allgemeinen auf. Aus diesem Grund kann man den Podcast auch wunderbar den Liebsten empfehlen, die True Crime mögen und denen man mehr Wissen über IT-Sicherheit und Datenschutz wünscht. So kann etwa in Zeiten von Desinformation die Folge zu Multilevel-Marketing auch gut zur Aufklärung des eigenen Umfelds beitragen. Der Podcast ist als 2020 als klassisches Corona-Projekt entstanden, überzeugt aber durch professionelle Aufmachung und bleibt uns hoffentlich auch nach der Pandemie noch lange erhalten. —rehu

URL mind-the-tech.podigee.io

IMPRESSUM

Make: Nächste Ausgabe erscheint am 30. September 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

Leserbriefe und Fragen zum Heft: info@make-magazin.de

Die E-Mail-Adressen der Redakteure haben die Form xx@make-magazin.de oder xxx@make-magazin.de. Setzen Sie statt „xx“ oder „xxx“ bitte das Redakteurs-Kürzel ein. Die Kürzel finden Sie am Ende der Artikel und hier im Impressum.

Chefredakteur: Daniel Bachfeld (dab)
(verantwortlich für den Textteil)

Stellv. Chefredakteur: Peter König (pek)

Redaktion: Heinz Behling (hgb), Helga Hansen (hch),
Rebecca Husemann (rehu), Carsten Meyer (cm),
Elke Schick (esk), Carsten Wartmann (caw)

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Rüdiger Arendt, Stefan Baur,
Beetlebum (Comic), Sabine Best, Jan Delgado, Benedict
Diederich, Barbora Maršíková, Eike Müller, Stella Risch (stri),
Uwe Rohne, Ralf Stoffels, Timo Thiele, Dr. Peter Tschulik,
David Zakoth

Assistenz: Susanne Cölle (suc), Christopher Tränkmann (cht),
Martin Triadan (mat)

Leiterin Produktion: Tine Kreye

DTP-Produktion: Martina Bruns, Martin Kreft (Korrektorat)

Art Direction: Martina Bruns (Junior Art Director)

Layout-Konzept: Martina Bruns

Layout: Nicole Wesche

Fotografie und Titelbild: Andreas Wodrich

Digitale Produktion: Anna Hager, Kevin Harte, Pascal Wissner

Hergestellt und produziert mit Xpublisher:
www.xpublisher.com

Verlag

Maker Media GmbH
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover
Telefon: 05 11/53 52-0
Telefax: 05 11/53 52-129
Internet: www.make-magazin.de

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise

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](mailto: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
Internet: 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
Telefon: 0541/80009-125
Telefax: 0541/80009-122

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Alle beschriebenen Projekte sind ausschließlich für den privaten, nicht kommerziellen Gebrauch. Maker Media GmbH behält sich alle Nutzungsrechte vor, sofern keine andere Lizenz für Software und Hardware explizit genannt ist.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in Make erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Published and distributed by Maker Media GmbH under license from Make Community LLC, United States of America. The 'Make' trademark is owned by Make Community LLC Content originally partly published in Make: Magazine and/or on www.makezine.com, ©Make Community LLC 2020 and published under license from Make Community LLC. All rights reserved.

Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten.
Gedruckt auf Recyclingpapier.

© Copyright 2021 by Maker Media GmbH

ISSN 2364-2548

Nachgefragt



Auf welchen Besitz in deinem Maker-Fundus bist du besonders stolz?

Dr. Peter Tschulik

Wien, hat die wunderbare LED-Laufschrift auf unserem Cover beigesteuert

Besonders stolz bin ich auf meine selbst gebaute CNC-Fräse, die ich laufend mit neuen Features erweitere und auf der ich neben der Anfertigung von Platinen auch Gegenstände aus Holz und Plexiglas gefräst habe.

Jan Delgado

Ransbach-Baumbach, hat den herzigen MP3-Player Carl von Seite 16 entwickelt

Mein Maker-Fundus besteht vorwiegend aus Computer-Kram. Stolz bin ich auf meine feine Sammlung von 80er-Jahre-Homecomputern, auf denen ich mir das Programmieren beigebracht habe.

Anna Eichler

Hannover, hospitiert während ihrer Ausbildung in der Make-Redaktion.

Besonders stolz bin ich auf meinen Beistelltisch/Hocker (siehe Make Projects), auf dem ich meinen ganzen Papierkram ablade. Den habe ich mit etwas Geduld aus einem alten Autoreifen und einem Seil gebastelt.

Stefan Baur

Ulm, sucht auf Seite 82 Mitstreiter für die Entwicklung des Grannophones

Auf einen LTE-Stick, den ich von Claudia Sighting für das Grannophone bekam, nachdem sie beim *Linux Presentation Day* davon erfahren hat. Das war die erste Hardware spende außerhalb meiner eigenen Bubble.

Inserentenverzeichnis

dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg	71, 81	Sauter GmbH, Inning	73
HBK Essen GmbH, Essen	43	Wissenschaft im Dialog gGmbH, Berlin	61
Region Hannover, Hannover	27	Make:markt	15
Rheinwerk Verlag GmbH, Bonn	7		

TECHNIKUNTERRICHT MACHT ENDLICH SPASS!



Spannende
Unterrichts-
materialien
GRATIS

Make: *Education*

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



Für alle weiterführenden
Schulen



Digital zum Downloaden



Fächerübergreifend



Monatlicher Newsletter

Jetzt kostenlos downloaden: make-magazin.de/education

© Copyright by Maker Media GmbH.

Make: Projects

**LASS DIE
FUNKEN
FLIEGEN!**

STAHL-CHALLENGE

Wir wollen von dir sehen, was du alles aus Metall, Stahl, Eisen, Aluminium und Co. zaubern kannst.

Schweißen, Schneiden, Schleifen, Schmieden, Sägen, Bohren, Biegen, Gießen und vieles mehr. Nimm die Herausforderung an und dokumentiere deine Idee auf Make Projects bis zum 12. September 2021!

**Gewinne ein
TUXEDO InfinityBook
Pro 15 v5 - RED Edition**



TUXEDO COMPUTERS
Linux-Hardware im Maßanzug

makeprojects.com/de/stahl-challenge