DEUTSCHLANDS GEFÄHRLICHSTES DIY-MAGAZIN

Iake



Süßigkeitenautomat

Belohnt das Lösen von Matheaufgaben

c't

- ESP32 steuert Spender, Webserver und GUI
- Für M&Ms und andere Schokolinsen

Projekte

- Funkgenaue, antike Pendeluhr
- LED-Steuerung mit ESP32 per App
- Hilfreich: Notrufsystem mit WLAN

Sport & Spiel

- Ohne Hammer, mit Farbe: Whack-A-Mole mit Pi Pico
- Kann fies anschneiden: Ping-Pong-Trainer mit Arduino





So gehts: Hobeln von Hand
FreeCAD: 3-Seitenansicht drucken
Digital filtern und oszillieren

Energie sparen

- Smarte Infrarot-Heizung fürs Bad
- Halogenstrahler auf LEDs umrüsten

6/22 8.12.2022 CH CHF 25.80 AT 14,20 Benelux 15,20 € 12,90

\mathbf{n}			
~	<u> </u>		_
1			_
ч.		_	_
- All			
	_	_	_
_	_	_	_
<u>-</u>			_
<u> </u>			
	_	_	_
-		_	_
	_		_
_	_	_	_
N 33		_	_
-	_	_	_
\mathbf{n}		_	_
-			_
	_	_	_
-	-	_	_
\mathbf{n}			
~	_	_	_
	_	_	
_	_	_	_



Reparieren statt Neuinstallieren Nutze die Autorepair-Funktion der WebFAI

Dein TUXEDO bootet nicht mehr? Kein Problem! Einfach USB-Stick rein, Gerät starten, Autorepair auswählen und dein TUXEDO läuft wieder, ohne dass Daten gelöscht wurden.





Jahre

Garantie









Support Datenschutz vor Ort



🛱 tuxedocomputers.com

© Copyright by Maker Media GmbH.



Niveauverfall

Auch wenn es im Kern dieses Magazins ums Making geht, ist unser Anspruch doch immer, dass unsere Leser etwas lernen und verstehen, was in den Projekten vor sich geht. So stellen wir jeden Artikel auf den Prüfstand und ergänzen ihn gegebenenfalls um weitere Informationen. Auf diese didaktische Weise haben wir auch das Sonderheft Elektrotechnik konzipiert und dafür als Zielgruppe Maker ohne tiefergehende Elektrotechnik-Vorkenntnisse festgelegt. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Personas und wir haben uns beispielsweise einen Software-Entwickler vorgestellt, der zwar knietief in KI und Python drinsteckt, in Fragen der Haus-Elektrik aber noch etwas Orientierung benötigt.

Das Konzept ging auf, die Resonanz ist positiv, das Heft verkauft sich gut und wir haben sogar von einem Hochschul-Professor die Anfrage bekommen, ob er die praxisorientierten Artikel aus dem Elektrotechnik-Sonderheft in seinen Vorlesungen verwenden darf. Dem gegenüber steht die groteske Kritik eines Lesers, im Heft "steht nichts drin, was man mit erfolgreicher Hauptschule nicht weiß" (siehe Leserbriefe). Donnerknispel, derart kontroverse Meinungen zu unseren Inhalten sind wir, als Deutschlands gefährlichstes DIY-Magazin, zwar durchaus gewöhnt. Irritieren tut sie uns doch. War früher das Hauptschulniveau so hoch oder ist das heutige Hochschulniveau so niedrig?

Dass Studienanfänger Defizite in Mathematik und Rechtschreibung haben, hört und liest man ja immer wieder. Und mit dem mutmaß-

lichen Niveauverfall an Hochschulen und Universitäten beschäftigen sich wissenschaftliche Untersuchungen und Feuilletons in Tageszeitungen ja regelmäßig. Glücklicherweise sind viele Maker autodidaktisch unterwegs. Insofern bestimmen sie ihr Niveau selbst und müssen nicht darauf warten, bis aktuelle Themen irgendwann mal den Weg in irgendein Schul-Curriculum oder einen Studienplan finden.

Wir von der Make glauben, mit unserer Mischung aus hochaktuellen Themen (KI auf dem ESP, IoT) und zeitlosen Anleitungen (Leitungsquerschnitte, Metall bearbeiten) unseren Lesern eine gute Grundlage und ein ausgewogenes Niveau fürs spielerische und selbstbestimmte Lernen im Technik- und Handwerksbereich zu liefern. Der Inhalt dieses Hefts unterstreicht das einmal mehr: Vom Handhobeln von Eichenbrettern über Projekte mit dem ESP32 bis zum Einsteig in digitale Filter ist alles dabei. Genießen Sie es.

Daniel Bachfeld

▶ make-magazin.de/x2rb

Sagen Sie uns Ihre Meinung! mail@make-magazin.de



Süßigkeiten-Automat

Es ist oft nicht einfach, Kinder zum Lernen zu bewegen – mit unserem Math-O-Mat gelingt es vielleicht doch: Der rückt erst nach erfolgreichem Lösen einer Rechenaufgabe auf Smartphone oder Tablet die begehrten Schokolinsen heraus und triggert so den Nucleus accumbens, das zerebrale Belohnungszentrum. Der Trick funktioniert natürlich auch bei Erwachsenen und abseits der Mathematik, egal ob es Vokabeln, Transistor-Grundschaltungen oder Gesetzestexte zu büffeln gilt.

10 Math-O-Mat

Inhalt

Energie sparen

Das am schnellsten verdiente Geld ist das nicht ausgegebene – etwa für unnötige Energiekosten. Unsere Spar-Projekte amortisieren sich in kürzester Zeit, sind leicht umzusetzen und mindern noch nicht einmal den Komfort. Besonders nachhaltig lassen sich ausgebrannte Halogenstrahler mit moderner LED-Technik reanimieren.

16 Halogenstrahler auf LED umrüsten

20 Smarte Infrarot-Heizung fürs Bad



- **3** Editorial
- 6 Leserforum
- 10 Projekt: Math-O-Mat
- 16 Strom und Geld sparen
- 20 Projekt: Smarte Bad-Sparheizung mit ESP
- 28 Projekt: Notrufwecker
- **36** Projekt: Ping-Pong-Trainingsroboter
- 44 Interview: Die Macher der Maker Faire
- 48 In eigener Sache: Online-Artikel für Make-Abonnenten
- 50 Community-Projekte: Filament aus PET-Flaschen, Synthesizer-Modul mit Pi Pico, Mr Beam Air Assist
- 56 Projekt: Whack-A-Mole mit dem Raspberry Pico
- 62 Projekt: Die antike Pendel-Atomuhr
- 68 Report: Geschenktipps fürs Maker-Labor
- 76 Projekt: Magische Rosenlichter mit App-Steuerung

Werkstatt

Wer Dinge kann und Sachen weiß, dem glückt im Leben mehr – wobei es egal ist, ob man zum Möbelbau meisterhaft den Hobel schwingt, in Nullkommanichts aus drei Zeilen Integer-C ein digitales Filter zaubert oder elegante technische Zeichnungen fabriziert: Auch mit dieser Ausgabe füllen Sie ihren kreativen Werkzeugkasten.

B4 Digital filtern und oszillieren
FreeCAD: Dreiseitenansicht drucken
Hobeln von Hand

Projekte

Raffiniert: Unser Arduino-gesteuerter Pendeluhr-Regulator passt die effektive Länge des Pendels stets so an, dass selbst antike Modelle atomuhrgenau laufen – davon konnte Erfinder Christiaan Huygens dereinst nur träumen. Letzteres dürfen Sie mit unserem App-gesteuerten, romantisch animierten Stimmungslicht auch heute noch.

- 28 Notrufsystem mit WLAN
- 62 Funkgenaue Pendeluhr
- 76 LED-Steuerung mit ESP32 per App



- 84 Grundlagen: Digital filtern und oszillieren
- 92 Projekt: Kühlschrankalarm aus Make-Experimentierset
- 96 Tipps & Tricks: Paracord, Lightning Infill
- 100 Workshop: Technische Zeichnungen mit FreeCAD, Teil 1
- 104 Workshop: Mit dem Handhobel Holz bearbeiten
- 110 Kurzvorstellungen: 3D-Druckserver, 3D-Schaltungssimulation, Vitalsensor, Arduino-IDE, Mikrocontroller für Kinder, CAD, Physik-Video, Bücher zu Mathematik, Fischertechnik und 3D-Druck
- 114 Impressum, Nachgefragt



Sport & Spiel

Zwar trainiert man auch mit Ballerspielen motorische Koordination und Reaktionsvermögen, zielführender und gesünder betätigt man sich aber eher körperlich: Mit unserem Tischtennis-Trainingsroboter brauchen Sie noch nicht einmal einen Mitspieler. Den stellt – wie auch beim elektronischen Maulwurf-Watschen – ein Mikrocontroller.

- **36** Ping-Pong-Trainer mit Arduino
- 56 Whack-A-Mole mit Pi Pico



Themen von der Titelseite sind rot gesetzt.

Leserforum

3D-drucken lassen

Wetter- und Wind-Mühle, Make 5/22, S. 64

Mit großem Interesse habe ich den Artikel im Heft 5/22 gelesen. Ich möchte diese gern nachbauen, habe aber keine Möglichkeit, 3D-Druckteile selbst herzustellen. Gibt es eine Bezugsmöglichkeit dafür?

Frank Sacher

Wir können die 3D-Druck-Teile der Mühle leider nicht selbst im Versand anbieten. Sie haben aber die Möglichkeit, diese bei einem der zahlreichen Online-Dienstleister drucken zu lassen. Auf der Internet-Seite craftcloud3d.com/upload können Sie Vergleichsangebote entsprechender Dienstleister einholen. Sie müssen dazu lediglich Ihren Wohnort angeben (wegen der Versandkosten) sowie die Druckdateien der Wettermühle hochladen und das gewünschte Material (PLA) sowie die Farbe auswählen. Daraufhin erhalten Sie dann eine dem Preis nach geordnete Liste mit den Angeboten europäischer 3D-Druck-Dienste.

Mit Kanonen auf Spatzen

Schallplatten per Sonos hören, Make 5/22, S. 16

Ist das Ganze nicht *Kanonen auf Spatzen*? Nix für ungut, aber ich hatte das gleiche Problem. Ich wollte Schallplatten in meinem Bastelkeller hören. Dabei habe ich einfach an den Schallplattenverstärker einen FM-Transmitter aus dem KFZ-Umfeld angeschlossen und mit einem Netzteil versehen. Nun kann ich überall, wo ich ein Radio habe, Schallplatten hören. Diese Konstruktion ist sogar so stark, dass ich in meinem Reihenhaus im Keller den Plattenspieler stehen habe und im 1.0G noch ohne Probleme die Schallplatten hören kann – bei Kosten unter 10 Euro.

Thomas Ronzon

Da ich sonst Spotify über Sonos im Arbeitszimmer höre und mein Sohn seinen USB-Plattenspieler gegen einen guten alten Technics getauscht hat, habe ich mir überlegt, wie ich das in mein Setup integrieren könnte. Ich habe keine Radios mehr im Haus. Und die Hifi-Anlage steht im Wohnzimmer. Insofern war das für mich der geringste Aufwand – Raspis liegen hier genug rum. — dab

Toller Bericht

Spiele ohne Logik(-Gatter), Make 5/22, S. 80

Wenn man wie ich (Bj. 67) diese Automaten z.T. damals noch im Original bespielt hat und denkt, man wäre der einzige, der sich noch daran erinnert, dann schießt ein echter Adrenalinschub durch den Körper. Daher danke für diesen wirklich tollen Bericht. Es wäre prima, wenn Sie für mich den Kontakt zu Josef Hesse herstellen könnten.

C.o.

Ich schicke ein Bild von einem Projekt mit, mit dem ich mich beschäftigen werde und das gut zu dem Thema passt **1**.

Andi

Den Kontakt haben wir gerne hergestellt und wünschen inspirierenden Austausch!

Kontakt zur Redaktion

Leserbriefe bitte an:

Korrekturen

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:

O

- www.make-magazin/forum
 - www.facebook.com/ MakeMagazinDE
 - Www.twitter.com/ MakeMagazinDE



instagram.com/



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

Super erklärt

Make-Sonderheft 2022 "Elektrotechnik"

Vielen Dank für das tolle Sonderheft. Macht weiter so. Viele interessante Information, super erklärt.

Thomas Genser

Hauptschul-Niveau

Bekomme seit Jahren die Make und war in Summe zufrieden. Jedoch: erst die Nummer mit der Holzverarbeitung und jetzt das Sonderheft *Elektrik im Haus*. Was soll ich damit? Da steht nichts drin, was man mit erfolgreicher Hauptschule nicht weiß.

Beherzt draufhauen

Wer misst, misst Mist!, Make Sonderheft 2022 "Elektrotechnik", S. 26

Glückwunsch! Ihr habt mal wieder eurem Ruf als gefährlichste Heimwerkerzeitschrift Ruhm und Ehre hinzugefügt: Im Kasten auf Seite 30 habt Ihr das Plastik-Glimmlampen-Dings tatsächlich (und sogar in der Überschrift) als Spannungsprüfer bezeichnet. Respekt! Hätte ich mich nicht getraut.

- Das Sch...ding ist
- mitnichten ein Spannungsprüfer (technisch und im Wortsinn),
- nach keiner aktuellen Norm zulässig zur Feststellung der Spannungsfreiheit (damit vollkommen sinnlos) und
- neben der beschriebenen Unzuverlässigkeit
- vor allen Dingen gekennzeichnet durch Lebensgefährlichkeit - im Extremfall sogar todbringend, wenn es nämlich nass geworden ist und dann verwendet wird.

Das meiner unmaßgeblichen Meinung nach einzig Sinnvolle, was man damit anstellen kann, ist es z.B. auf einen Amboss zu legen, mit einem möglichst großen Hammer beherzt draufzuhauen und die Überreste in der Mülltonne zu entsorgen. Es ist mir bis heute ein Rätsel, warum sowas überhaupt noch in den Verkauf gelangen darf.

Zur Ehrenrettung sei angemerkt, dass immerhin weiter hinten im Heft korrekterweise darauf hingewiesen wurde, dass gemäß VDE die Spannung nur mit einem zweipoligen Tester geprüft werden darf.

Das restliche Heft ist übrigens gut gelungen. Ich finde, es taugt sehr gut als Einführung in das Thema für alle diejenigen, die mit der E-Technik noch nicht auf Du und Du stehen. Aber genau deswegen stieß mir der Kasten auf Seite 30 sauer auf.

Zugegeben, korrekterweise hätten wir den Delinquenten in der Überschrift besser als Phasenprüfer bezeichnen sollen. Allerdings dachten wir schon, dass der Kasten deutlich genug macht, was dieses (allgegenwärtige) Werkzeug leisten kann und in welcher Beziehung man ihm nicht trauen sollte – immerhin bezeichnet der Autor ihn als Lügenstift, ganz ohne Anführungszeichen.

Prozent statt Volt

Elektroinstallationen im Außenbereich, Make Sonderheft 2022 "Elektrotechnik", S. 116

Die Erklärung zur Formel auf Seite 118 enthält einen Fehler: Der zulässige Spannungsabfall beträgt nicht 3V, sondern 3% von 230V. Das sind dann 6,9V.

> Experimentieren, basteln, bauen:

Feiertagsprojekt!

Zeit für dein

Ronald Horn

Gerd Michaelis



Mathematik verstehen mit fischertechnik



ISBN 978-3-86490-918-4



3. Auflage

366 Seiten · 36,90 €



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

2. Auflage 382 Seiten · 34,90 € ISBN 978-3-86490-8667e5 Media GalSBN 978-3-86490-866-8



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



Sie haben recht, da ist aus einem Prozentzeichen ein V geworden, tut uns leid. Gefährlich ist das aber nicht, weil man mit 3V Abfall auf jeden Fall auf der sicheren Seite ist.

Nicht normgerecht

Der passende Leitungsquerschnitt, Make Sonderheft 2022 "Elektrotechnik", S. 112

Wer hat Sie denn bei der Abbildung 7 auf Seite 115 beraten? Nach DIN EN 60445 ist ein Neutralleiter immer blau zu kennzeichnen. Eine 4-adrige Leitung mit den Farben braun, schwarz, grau und grün-gelb ist ausschließlich für den symmetrischen Betrieb geeignet, beispielsweise bei Drehstrommotoren. Wenn Sie nur auf 2 Phasen betreiben wollen, beispielsweise bei modernen Induktionskochfeldern, dann müssen Sie eine 5-adrige Zuleitung benutzen, welche eine blaue Ader für den Neutralleiter enthält (speziell für Herde in DIN 18015 geregelt). Das Verwenden der grauen Ader als Neutralleiter in Hausinstallationen ist weder vorgesehen noch zulässig.

Ronald Horn

Prinzipiell haben Sie recht: Seit 2003 gibt es eine VDE-Norm 0293-308, die als Änderung einführt, dass der Neutralleiter nur noch blau sein darf und nicht mehr grau. In Altbauten findet man sicherlich aber noch Leitungen nach der alten Norm, sodass der Hinweis auf einen möglichen Neutralleiter in grau nicht ganz falsch ist.

Nach dem neueren Standard sind solche Leiter (ohne blauen Neutralleiter) nur für Spezialanwendungen geeignet, etwa Drehstrommotoren, wie Sie schreiben. Bei Neuverkabelungen sollte man grau tatsächlich nicht als Neutralleiter nutzen, da dies der aktuellen VDE-Norm widersprechen würde.

Warum L vor N?

Personenschutz, Schutzklassen und-Schutzarten, Make Sonderheft 2022 "Elektrotechnik", S. 84

Beim Lesen des Artikels zum Personenschutz ist mir ein Satz auf Seite 86 unverständlich: Herr Borngräber begründet dort die Bedingung, dass L vor N abgeschaltet werden muss, damit, dass sonst 400V an den angeschlossenen Geräten anliegen. Woher sollen die 400V kommen? Der noch nicht abgeschaltete Leiter führt 230 V gegen Erde. 400V haben wir im dreiphasigen Netz zwischen den Leitern; zwischen L und N bleibt's bei 230V, oder? Selbst wenn 400V an einem Anschluss eines Gerätes anliegen, kann kein Strom fließen, der N ist ja unterbrochen. Wie soll der angeschlossene Verbraucher also geschädigt werden? CMOS- Bausteine aus früheren Zeiten und statische Aufladung: OK.

Uwe Schneider

Das Thema wird im Moment heiß diskutiert. weil es Kosten und Aufwand für die Elektroverteilungen stark erhöht. In Frankreich ist es schon Installationsvorschrift für Neubauten. In Deutschland wird es zur Zeit empfohlen bei der Installation von Werkzeugmaschinen. Dass Lvor N geschaltet werden muss, gibt die DIN-Norm (VDE-AR-N 4105) für allpolige Leitungsschutzschalter und Schütze vor. Unsere Netze sind dreiphasige 400V-Netze in Dreieckschaltung. Die 230V werden durch eine Sternschaltung erzeugt mit N als Sternpunkt. Jetzt kommt es darauf an, welche Netzform eingespeist wird. In TT-Netzen muss L vor N geschaltet werden. Bei TN-C-, TN-C-S- und TN-S-Netzen ist ein gleichzeitiges Schalten technisch ausreichend. Um aber auf der sicheren Seite zu sein, gibt die Norm das vorauseilende Schalten von L für alle Netze vor. Wird jetzt N zuerst abgeschaltet, liegen zwischen PE und L 400V an in TT-Netzen. Die Norm geht nun davon aus, dass es zu Isolationsproblemen kommen kann, wenn etwa EMV-Filter, die für 275V maximale Spannung ausgelegt sind, überlastet und möglicherweise zerstört werden. Das habe ich schon mehrfach erlebt, wenn N zu früh wegfällt: Dann knallt es im PC oder Server. Ich hatte vor Jahren den Fall: In einem großen Einkaufsmarkt wurden bei einer Wartung 20 IBM-AS400-Kassen zerstört, weil der Elektriker als erstes N abgeschaltet hatte. Da der Schaden im sechsstelligen DM-Bereich lag, landete das ganze vor Gericht. Wir stellten das Szenario nach und konnten den Schaltfehler reproduzieren, die Versicherung des Elektrikers musste zahlen.

—Hans Borngräber

Kondensat sammelt sich

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

Bei Ihrem hübschen Kreuzgegenstrom-Wärmetauscher (bzw. -übertrager) vermisse ich den Kondensatablass. Dort wo der rote Pfeil im Bild 1 im Artikel nach unten geht, muss man mit etwas Kondensation rechnen. Erst recht, wenn man im Winter die Wäsche trocknet. Bei Kreuzstromwärmetauschern ist das üblicherweise in der unteren Ecke, wo die Abluft am kältesten wird. Bei Frostgefahr kann man dort noch ein Thermoelement zur Beobachtung setzen.

Es könnte etwas bringen, zwei/drei Leitbleche zwischen den Paketen gegen das Vermischen einzubauen. Die warme Luft wird auf diesem Bild links unten weniger als rechts oben gekühlt. Im zweiten Paket ist es genau andersherum. Gerechnet habe ich aber nichts. Dafür ist der Tag zu voll. Wenn die Lüfter kräftiger blasen können, dann kann man bei einem zweiten Gerät die Öffnungen an der Rückwand konzentrisch zu denen auf der Vorderwand setzen. Dann können Sie zwei ihrer Exemplare in Reihe schalten. Die Gebläse benötigen bei gleichem Volumenstrom den doppelten Druck und damit auch die doppelte Leistung. Kondensat kann dann schon eher anfallen. Bei Parallelschaltung hat man den doppelten Volumenstrom bei gleichem Druck. Da kommt dann das Gleiche heraus.

Gerd Mühlenbruch

In der Tat ist es sinnvoll, den Wärmetauscher mit einem Kondensatablass auszustatten, um entstehendes Kondensat abzuleiten. Dies lässt sich leicht umsetzen, indem man einen Schlauch von unten durch die in der erwähnten Abbildung hintere rechte Kammer führt und den Ansatz zwischen Boden und Schlauch z.B. mit Badsilikon abdichtet. Der Schlauch sollte dann unter dem Wärmetauscher zunächst U-förmig gelegt werden, sodass ein Siphon entsteht, bevor er dann in einen Abfluss oder Auffangbehälter mündet. Der Siphon unterbindet dabei einen Luftaustausch über den Kondensatschlauch.

Auch Ihre Idee mit dem Thermoelement stellt eine sehr schöne Erweiterung des Wärmetauschers dar. Man könnte sogar in jeder der vier Einlass- und Auslasskammern jeweils einen Thermo-Sensor integrieren und wäre damit in der Lage, ständig den Wirkungsgrad direkt zu berechnen.

Ich habe bei meiner Lüftungssteuerung eine reine Software-Modifikation verwendet. um Kondensat zu vermeiden: Ich habe den Arduino-Code der Lüftungssteuerung um eine kleine Zeile ergänzt, die dafür sorgt, dass nur dann gelüftet wird, wenn die berechnete Innenraum-Taupunkttemperatur über der gemessenen Außenlufttemperatur liegt. Selbst bei einem Wirkungsgrad von 100% wird dann die Innenluft im Wärmetauscher nur so weit abgekühlt, dass diese die enthaltene Feuchtigkeit noch vollständig halten kann. Natürlich reduzieren sich dadurch die Zeiten, in denen die Lüftungssteuerung läuft, aber zumindest im Norden von Deutschland hatte ich im letzten Winter dabei keine großen Einbußen. Der Vorteil einer solchen Lösung ist, dass man weder den Wärmetauscher dafür umbauen muss noch zusätzliche Temperaturfühler zu ergänzen braucht. Allerdings kann der Wärmetauscher so auch nicht immer dann lüften, wie es bei einer Lösung mit Kondensatablass der Fall ist.

Auch mit Ihren Überlegungen zur Reihenund zur Parallelschaltung mehrerer Wärmetauscher haben Sie Recht. Der Wärmetauscher selbst beinhaltet ja bereits die Reihenschaltung zweier Wärmetauschermodule.

—Peer Stelldinger



△ SH△PER

GITARRENBAU NACH MASS

Gitarrenbauer Christoph Noe nimmt dich mit in seine Werkstatt, um seine Designtechniken und spezielle Herangehensweise zum Fräsen von Gitarrenhälsen vorzustellen.

Lerne von den Besten und melde dich für diese KOSTENLOSEN Kurse und die dazugehörigen Projekte an.



Mehr erfahren: shapertools.com/christoph-noe-masterclass

Math-O-Mat

Dass Kopfrechnen in Zeiten von Handys & Co. an Bedeutung verloren hat, ist wohl allgemein bekannt. Dabei wäre es im Alltag schon sehr praktisch, wenn man Zahlen schnell ohne Hilfsmittel überschlagen könnte. Grund genug, den Lern-Computer Math-O-Mat zu entwickeln.

von Bernd Heisterkamp

 Mai
 Noi2
 Result

 Si
 Noi2
 R

10 | Make: 6/2022

ieser Kopfrechnen-Trainer belohnt richtige Rechenergebnisse mit M&Ms. Das kommt nicht nur bei Kids gut an, sondern auch bei den Makern im Fablab. Und so funktioniert er: Der ESP32 auf der Rückseite arbeitet als Webserver, der eine Webseite mit einem Matheguiz hostet. Diese Seite kann man beispielsweise mit dem Smartphone aufrufen. Hat man Lösungen für alle Aufgaben eingegeben, zeigt die Webseite die richtigen Resultate in Grün und die falschen in Rot an 1. Bei mehr als zwei richtigen Rechnungen werden nach dem Klick auf Continue M&Ms entsprechend der Anzahl richtiger Lösungen ausgegeben. Dies geschieht durch die Ansteuerung eines Schrittmotors, der das Portionierrad um die entsprechende Distanz weiterdreht.

Das Projekt vereinigt eine ganze Reihe von Techniken – für den Nachbau braucht es aber nicht viel mehr als Computer, 3D-Drucker und einen Lötkolben. Mit einer CNC-Fräse und/ oder einem Laser-Cutter kann man die Holzbearbeitung automatisieren, aber notfalls geht es auch mit Laubsäge und Feile.

Mechanischer Aufbau

Beim Aufbau der Mechanik habe ich mich vom Süßigkeitenspender aus dem YouTube-Kanal let's Bastel inspirieren lassen. Allerdings musste ich den Portionierer neu entwickeln, da die Version im Video nicht für einen Motorantrieb geeignet ist. Es hat einige Versuche gebraucht, das Rad so zu entwickeln, dass sich auch bei sehr unterschiedlich großen M&Ms die Mechanik nicht verklemmt. Der Trick war schlussendlich, einzelne M&Ms durch entsprechend kleine Aussparungen im Portionierrad zu befördern und einen Spalt mit flexibler Abdeckung (gefertigt aus der Hülle eines Schnellhefters oder aus einer alten Plastikverpackung) zu gestalten, sodass sich bei ungünstigen Kombinationen von großen und kleinen M&Ms auch mal zwei M&M gleichzeitig befördern lassen 2.

Es gibt übrigens M&Ms mit Nüssen im Inneren und solche ohne - mein Automat ist für die größere Variante mit Nüssen ausgelegt. Wer lieber nussfrei rechnen lassen will, muss gegebenenfalls die Aussparungen im Portionierrad anpassen.

Das Gehäuse besteht aus einer durchgehenden Grundplatte mit Aussparungen für den Schrittmotor und den Schneckenantrieb, die ich aus einer 10mm-Siebdruckplatte gefräst habe. Alternativ kann man auch zwei Lagen 5mm-Sperrholz nehmen, die man per Laubsäge bearbeitet und dann flächig zusammenleimt. Die Motor- und Schneckenausschnitte kommen dann nur in eine der beiden Lagen, nämlich in die hintere.

Vorn auf diese Grundplatte kommt der Trichter, der ebenfalls von mir gefräst wurde. Auch hier ist aber die Anfertigung aus mehre-

Kurzinfo

» Web-Oberfläche mit Mathe-Quiz » M&M-Abgabe je nach Quiz-Ergebnis » Selbstbau-Portionierer mit ESP32 und Schrittmotor

Checkliste Zeitaufwand:



Kosten: 70 Euro (zzgl. Kosten für M&M-Verbrauch)

Material

- » ESP32-Board Lolin D32
- » Schrittmotor-Treiber A4988
- » Festspannungsregler LF33ABV
- » 1 Elektrolytkondensator 0,1µF
- » 1 Elektrolytkondensator 2,2µF
- » Netzteil 12V 500mA
- » Ein-/Ausschalter » LED 5mm, rot, 20mA oder 4mA
- Stromaufnahme » Widerstand 2,2kΩ (für 4mA-LED)
- oder 680Ω (für 20mA-LED) » Schrittmotor Nema 17 (17HS8401
- oder kleiner)
- » Liste für Gehäuse-Teile online über Link erreichbar

ren Lagen Sperrholz per Laubsäge problemlos möglich. Der Trichter enthält Öffnungen für die LED und den Schalter, die natürlich bei Aufbau aus Sperrholz in allen Schichten sitzen müssen. Der obere Ouerbalken des Trichters wird später lediglich als Deckel eingesetzt, aber nicht befestigt. Schließlich muss man ja bei zunehmender Rechenleistung des Benutzers schnell M&Ms nachfüllen können. Als Abschluss kommt ganz vorn noch eine



 Das Matheguiz auf der Web-Oberfläche des Math-O-Mat

Werkzeug

» Computer » 3D-Drucker » Lötkolben » Werkzeug für Holzbearbeitung (Säge, Bohrer, Feile etc.) » optional: Lasercutter, CNC-Fräse Mehr zum Thema » Gustav Wostrack: Der Weg zur Platine, Make 6/21, S. 104 » Carsten Meyer: Motoren und Antriebe, Make-Sonderheft 2022, S. 70 » Heinz Behling: Katzen füttern übers Web, Make 2/20, S. 68 Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xak

> Plexiglasplatte, die lediglich ein Loch für den Schalter enthält

> Unter dem Kurzinfo-Link sind sowohl die STEP- als auch DXF-Dateien der Holz- und Acrylglaskomponenten abgelegt. Für die



2 Die elastische Lippe am Einlass der M&Ms verhindert Blockaden.



Kunststoffteile stehen STL-Dateien für den 3D-Druck zur Verfügung. Bild 3 zeigt eine Explosionszeichnung aller mechanischen Komponenten.

Der Trichter und das Portionierrad sind aus 20mm dickem Buchenholz, die Frontplatte aus 5 mm Acrylglas. Der ganze Stapel wird mit Gewindeschrauben M4 × 40 zusammengehalten.

Nachdem die einzelnen Komponenten gemäß Plan ausgeschnitten bzw. gefräst

wurden, sollte zunächst die Rückseite aufgebaut werden. Das Schneckengetriebe wird auf die Achse aus 8mm-Aluminiumrohr geschoben. Lässt sich die Achse nicht leicht in die Schnecke stecken, die Schnecke und das Rohr vorsichtig mit dem Haartrockner erhitzen und dann hin- und herdrehend die Schnecke aufschieben. Anschließend sollte es so fest darauf sitzen, dass nicht mal Klebstoff benötigt wird. Es folgt der Einbau des Motors und des Lagerhalters, in den die Achse mit dem Schneckengetriebe gesteckt wird. Den Motorhalter und den Lagerhalter jedoch erst an der Rückwand befestigen, wenn die gesamte Anordnung aufgebaut wurde, so kann man zu großes oder zu kleines Spiel zwischen den Komponenten vermeiden. Bild ④ zeigt die komplette mechanische Anordnung.

Die Achse des Portionierers ist eine M8-Schraube, die auf eine Länge von 50mm zugeschnitten wird. (Das ist die Gesamtlänge der Schraube inklusive Kopf. Die Normbezeichnung ist M8 × 40mm. Wir brauchen also 40mm Gewindelänge.) Ein Ende wird abgeflacht, damit später das Antriebsritzel gut befestigt werden kann **5**.

Der Portionierer hat einen großen Hebel. Durch die hierbei auftretenden hohen Kräfte würde der Kopf der Schraube mit der Zeit im Portionierrad durchdrehen. Der Schraubenkopf passt genau in die sechseckige Vertiefung des Portionierers und kann diesen antreiben. Aufgrund der großen Hebelwirkung sollte er aber zusätzlich mit Epoxidkleber eingeklebt werden.

Die Achse wird von vorne durch die Rückwand und das eingelegte Lager gesteckt, von der Rückseite wird eine flache Unterlegscheibe und dann das Antriebsritzel aufgeschoben. Die Fixierung des Antriebsritzels erfolgt mit einer M4-Stellschraube, die gegen den abgeflachten Teil der Achse drückt **6**.

Die Elektronik

Bild **7** zeigt das Schema der Elektronik. Die Steuerung übernimmt ein ESP32 auf einem Lolin-D32-Board: Es bietet zum einen mit Bluetooth (BLE) und WLAN optimale Kommunikationsmöglichkeiten, zum anderen erlaubt es mit den IO-Ports die Steuerung eines Schrittmotortreibers.



4 So gehören die Teile des Portionierrad-Antriebs zusammen. Der Schraubenkopf passt in die Aussparung des Rades.



5 Die Achse des Portionierrades: Die Abflachung sitzt später im gedruckten Zahnrad.



Für letzteren habe ich das Model A4988 gewählt, das auch in vielen 3D-Druckern zum Einsatz kommt. Das Schema ist sehr einfach, vom ESP werden nur die Eingänge Enable (EN), Direction (DIR) und Steps (Step) gesteuert. Ein High-Signal auf dem Enable-Eingang deaktiviert die Schrittmotorregelung. Dies ist für den Ruhezustand sehr wichtig, da der Motor sonst aktiv auf den Ruhezustand geregelt wird und dabei sehr viel Strom verbraucht. Das EN-Signal wird nur für die Dauer der Ausgabe der M&Ms auf Low gesetzt. Über den DIR-Eingang kann die Drehrichtung des Motors gesteuert werden. Das wird für eine kurze Hin-her-Bewegung genutzt, sollten die Rechnungen nicht richtig gelöst worden sein (erinnert an ein Kopfschütteln).

Ein kurzer Puls auf den Step-Eingang bewegt den Motor um einen Schritt in die durch DIR festgelegte Richtung. Der Drehwinkel ist dabei abhängig von den Schritten pro Umdrehung des Motors und der Einstellung des Schrittmotortreibers. Der Ansteuerungsmodus kann über die drei Eingänge M1-M3 des Treibers eingestellt werden, indem man sie mit VDD verbindet. So können volle, halbe, viertel, achtel oder sechzehntel Schritte gewählt werden. Ich habe die Eingänge an Ports des ESPs angeschlossen, um für andere Projekte flexibel zu sein. Für den Math-O-Mat werden nur die sechzehntel Schritte benötigt, zur Vereinfachung der Verdrahtung können die Eingänge daher auch fix mit VDD verbunden werden.

Für mein Projekt habe ich mir eine Platine in Fritzing gestaltet, dann mit *Flat-Cam* Isolationsfräsbahnen und Bohrungen berechnet und die Platine dann mit der CNC-Fräse erstellt (Dateien siehe Kurzinfolink).Das Resultat zeigt Bild (3). Wer mehr darüber wissen möchte: In der Kurzinfo steht ein Verweis auf einen entsprechenden Artikel.

Details zu diesem Prozess an dieser Stelle würden diesen Artikel sprengen, sie sind aber auch nicht notwendig, da die Schaltung genauso gut mit einem Prototypen-PCB-Board (Breadboard) mit manueller Verkabelung erstellt werden kann.

Der Jumper J1 ermöglicht es, den Eingang 0 des ESP32 auf *GND* zu setzen. Das versetzt den ESP beim Starten in den Programmiermodus, anderenfalls kommt beim Laden des Codes eine Fehlermeldung. Nach dem Übertragen der Software nicht vergessen, den Jumper wieder zu entfernen.



6 So wird das Zahnrad auf der Portionierrad-Achse befestigt.



8 Die selbstgefräste Platine ist kein Muss.





O So müssen der Rest der Mechanik und die Elektronik an der Rückseite montiert werden.

Für die Stromversorgung der Schrittmotoren verwende ich ein 12V-Gleichspannungsnetzteil mit etwa 500mA Dauerbelastung. Diese Spannung liegt direkt am Vmot-Eingang des Treibers. Das bietet genügend Reserve für kurzzeitig höhere Ströme. Auf dem Schrittmotortreiber A4988 befindet sich ein kleines Potenziometer, an dem man gegenüber Masse eine Referenzspannung messen und einstellen kann. Der Spannungswert muss bei den A4988-Modulen der meisten Hersteller auf die Hälfte des benötigten Motorstroms. Benötigt also der Motor max. 1,2A, stellt man die Schraube so ein, dass man 0,6V gegen Masse misst. Solch ein Strom tritt aber nur kurzzeitig in Spitzen auf. Daher reicht das 500mA-Netzteil aus. Für den ESP- und die Treiber-Stromversorgung braucht es noch eine 3,3V-Spannung. Dafür wird der Spannungsregler *LF33ABV* mit zwei Kondensatoren für die Stromspitzen benötigt.

Jetzt muss noch der Rest der Mechanik und die Elektronik an der Rückseite des Math-O-Mat befestigt werden 10.

Dann folgen von vorne die zwei Trichterteile und die Acrylglasabdeckung. Wer den Süßigkeitenspender an die Wand hängen möchte, ist so bereits fertig: Man dübelt einfach ein kleines Distanzstück an die Wand und befestigt den Spender dann mit Holzschrauben. Ich habe mich für einen kleinen Holzständer aus 10mm Sperrholz entschieden (in Bild 10 bereits benutzt), die zugehörigen DXF-Zeichnungen findet man bei den Downloads.

Die Software

Sind Mechanik und Elektronik aufgebaut, empfehle ich, mithilfe der Arduino-IDE zunächst ein einfaches Schrittmotor-Testpro-

```
// Add a line for each Wifi-network you'd like to connect to
wifiMulti.addAP("SSID-Network1", "Password1");
wifiMulti.addAP("SSID-Network2", "Password2");
wifiMulti.addAP("SSID-Network3", "Password3");
wifiMulti.addAP("SSID-Network4", "Password4");
Serial.println("Establishing connection to WiFi ");
```



gramm in den ESP32 zu überspielen und damit die Funktion der Elektronik und Mechanik zu überprüfen. Das Programm *StepperTest.ino* macht genau das: Es lässt den Motor ein paar tausend Steps in eine Richtung laufen und dann in die Gegenrichtung. Die Test-M&Ms sind dann auch gleich die Belohnung für den erfolgreichen Aufbau.

Funktioniert die Steuerung des Motors, kann das endgültige Programm ausprobiert werden. Bevor man es auf den ESP lädt, bedarf es allerdings einiger individueller Anpassungen sowie der Installation diverser Bibliotheken. Letztere sind im Programmkopf mit Verweisen aufgeführt, wo man sie finden kann.

Solange exakt die gleichen Elektronikkomponenten genutzt werden, muss nur die Netzwerk-SSID und das Passwort angepasst werden. Da der Math-O-Mat in verschiedenen Netzwerken zum Einsatz kommt und ich nicht jedes Mal den Code neu kompilieren möchte, falls man ihn einmal zu einer Party mitnimmt, nutze ich die Bibliothek WifiMulti.h. Sie erlaubt, mehrere Netzwerke zu konfigurieren. Für jedes Netzwerk wird in einer Zeile die SSID und das Passwort konfiguriert **1**.

Zeilen, die nicht benötigt werden, kann man einfach löschen. Es ist wichtig, im Router des jeweiligen Netzwerkes die IP-Adresse des ESP32 zu reservieren, denn über diese Adresse wird später die Webseite aufgerufen. Es wäre natürlich ärgerlich, wenn die Nutzer jedesmal raten müssten, um welche Adresse es sich handelt. Diese IP-Adresse habe ich auch in dem QR-Code auf der Frontseite des Math-O-Mat eingebettet: So können Nutzer durch Scannen des QR-Codes direkt auf die Webseite geleitet werden **2**.

Im Groben ist der Ablauf des Programms wie folgt: Der ESP verbindet sich mit dem WLAN und erhält eine IP-Adresse. Dann hostet er die definierte Webseite, die über die IP-Adresse im lokalen Netzwerk aufrufbar ist. Für ein neues Quiz werden Zufallszahlen generiert und über eine Websocket-Verbindung zusammen mit den richtigen Lösungen an die Webseite übertragen. Über den HTML-Code der Webseite wird evaluiert, wie viele richtige Antworten der Nutzer gegeben hat. Die Anzahl wird per Web-Socket dem Programm zurückgegeben, das die entsprechende Steuerung des Stepper-Motors auslöst. Dann beginnt alles von vorn.

Bei einer geänderten Belegung der IO-Ports des ESP32 müssen die Definitionen der Anschlüsse geändert werden 12.

MS1-3 definiert die Pins der Schrittweitenregelung, über MICROSTEPS 16 werden sechzehntel Schritte definiert. Wie weiter oben beschrieben, können die Eingänge des Treibers dafür aber auch hartverdrahtet werden, dafür müssen die Eingänge MS1-3 mit VDD verbunden werden.

Feineinstellungen

Schauen Sie sich das Programm einmal genauer an: Es erlaubt noch einiges an Fein-Tuning. Die Bibliothek A4988.herlaubt eine geschmeidige Motorsteuerung mit Beschleunigung und Abbremsen. Mit den Definitionen MOTOR_ STEPS, MOTOR_ACCEL und MOTOR_DECEL legen Sie die Beschleunigung und die Geschwindigkeit des Motors fest.

In meiner Konfiguration werden genau 1281 Steps zur Ausgabe einer Schokolinse benötigt: Bei anderen Motoren, Getrieben oder Portionierrädern kann das natürlich anders sein. Über die Konstante STEPS_EINELINSE kann dies angepasst werden, ein negativer Wert bedeutet umgekehrte Drehrichtung.

In der Funktion TurnWheel wird festgelegt, wie viele M&Ms zur Belohnung ausgegeben werden. Bei vier richtigen Antworten (count == 4) sind es zwei M&Ms (2 * STEPS_ EINELINSE), bei drei nur noch ein M&M und darunter wird das Rad nur jeweils um eine halbe Ausgabeeinheit nach links und rechts verdreht (Kopfschütteln), sodass kein M&M ausgeworfen wird.

In der Funktion newNumbers kann der Schwierigkeitsgrad der einzelnen Rechnungen

```
// The following definitions define the IO-ports to control the stepper-driver
#define DIR 2 // Stepper motor direction
#define STEP 4 // Stepper motor stepping pulse
#define ENABLE 17 // Pin to enable stepper-motor, low = active (!)
#define MS1 14 // Microstepping mode switch 1
#define MS2 16 // Microstepping mode switch 2
#define MS3 27 // Microstepping mode switch 3
```

卫 In diesen Zeilen werden die benutzten Pins des ESP32-Boards festgelegt.

manipuliert werden. Für die Addition und Division werden Zufallszahlen zwischen -100 und +100 generiert, für die Produkte kann ein Faktor Werte zwischen 3 und 20 annehmen, der andere zwischen 3 und 50. Für die Division ist der Dividend eine Zahl zwischen 30 und 70 und der Divisor eine Zahl zwischen 4 und 50, wobei geschaut wird, dass das Ergebnis aufgeht und größer 2 ist, um es nicht zu leicht zu machen.

Der HTML-Code der Webseite mit dem Mathequiz ist komprimiert in einer einzigen Zeile des Codes zusammengefasst und in dem String webpage gespeichert. Die Komprimierung habe ich über die Seite https://www.textfixer.com/html/compress-html-compression.php gemacht, den unkomprimierten Code findet man jedoch auch unter dem Link in der Kurzinfo oben. Wichtig ist, dass man keine doppelten Anführungszeichen im HTML-Code verwendet, sondern stattdessen nur einfache Anführungszeichen nimmt. Die Technik für einen Webserver mit einem ESP32 hat *mo_thunderz* sehr schön in seinen Youtube-Videos erklärt. Ich habe einen Teil des Codes von ihm übernommen. Der Link zum Video steht im Kopf des Programmcodes.

Ausblick

Der Math-O-Mat sollte künftig nicht nur Kopfrechnen belohnen: Ich überlege noch, wie er über die Anbindung an eine Datenbank andere Themen schulen kann. Das ist vielleicht etwas für den nächsten Hackathon mit den Kollegen. Wofür würden Sie ihn einsetzen? — hgb



Strom und Geld sparen mit selbstgebauten LED-Strahlern

Lampen mit 12V-Halogenstrahlern waren in den 80er Jahren der letzte Schrei und finden sich bis heute in vielen Wohnungen. Verglichen mit den damals üblichen Glühlampen sparten sie zwar Energie, aber heute bekommt man mit viel weniger Strom dieselbe Lichtmenge aus LEDs. Wir zeigen Ihnen hier, wie Sie Ihre Halogenlampen auf LED-Technik umrüsten und dabei richtig Geld sparen.

von Ulrich Schmerold



s dürfte niemandem entgangen sein, dass die Energiepreise in diesem Jahr exorbitant gestiegen sind und auch noch kein wirkliches Ende absehbar ist. Da hilft nur Energiesparen! Wenn Sie deshalb die immer noch verbreiteten 12V-Halogenstrahler durch LEDs ersetzen wollen, lauern Fallstricke, aber dagegen helfen Tricks – und über beides lesen Sie in diesem Artikel.

Jetzt werden Sie sagen, wo liegt das Problem? Schnell zum Baumarkt fahren, einige LED-Strahler kaufen und die alten, stromfressenden Halogenstrahler dagegen tauschen – fertig!Tut man das, bleiben aber komischerweise die neuen LED-Strahler alle dunkel oder blinken oder glimmen nur ganz matt.

Des Rätsels Lösung ist ganz einfach: Nicht alle 12V-Vorschalttransformatoren sind für LED-Lampen geeignet.

Trafo-Wahl

Um arbeiten zu können, setzen *elektronische* Halogen-Transformatoren eine Mindestlast (*ohmsche* Last) voraus. Durch LED-Lampen mit integrierter Elektronik wird diese Mindestlast jedoch nicht erreicht, da sie nur eine *induktive* oder *kapazitive* Last darstellen. Diese Elektronik ist dazu da, dass LEDs überhaupt als Ersatz in Leuchten einsetzbar sind, in denen einst Glüh- oder Halogenlampen leuchteten (*retrofit* ist das Stichwort). LED-Lampen haben zudem eine hohe *Blindleistung*, die die Transformatoren noch mehr verwirren. Mehr Details zu all diesen Begriffen können Sie übrigens im Make-Sonderheft 2022 Elektrotechnik nachlesen (siehe Kurzinfo).

Herkömmliche *magnetische* Transformatoren (meist Ringkerntrafos) haben obiges Problem erstmal nicht. Sie erzeugen sofort Spannung, ohne dass sie eine Last benötigen. Jedoch lauert hier das Problem woanders. Magnetische Transformatoren produzieren, sofern nur eine kleine Last oder überhaupt keine angeschlossen ist, eine höhere Spannung als angegeben. Ein 12V-Ringkerntrafo erzeugt so leicht eine Leerlaufspannung von 14V. Das kann dann für die neuen LED-Lampen das Aus bedeuten.

Deshalb sind nur *elektronische LED-Transformatoren* uneingeschränkt für LED-Lampen geeignet **1**.

Sie müssen jetzt aber nicht gleich die Flinte ins Korn oder die LED-Lampen in den Elektrocontainer werfen, wenn bei Ihnen noch die alten Transformatoren verbaut wurden. Ebenso müssen Sie nicht alle herkömmlichen Trafos gegen neue LED-Trafos tauschen, was ja auch wieder Geld kostet.

Elektrik-Trick

Ein kleiner Trick hilft da schon: Wenn Ihr Transformator eine Last erwartet, ja dann geben Sie ihm halt eine! Sie dürfen z.B. an einer

Kurzinfo

» Warum 12V-LEDs an manchen Trafos nicht leuchten und was man dagegen tun kann

» Gebrauchte und defekte Halogenstrahler zu g
ünstigen LED-Leuchtmitteln umbauen

Checkliste

Zeitaufwand: 10 bis 20 Minuten pro Halogen-Strahler

Kosten: 2 Euro pro



Material für den Strahlerumbau

.....

- » 12V-Halogenstrahler dürfen auch gebraucht, ungetestet oder sogar defekt sein
- » 12V-Stiftsockel-LEDs » Abfallholzstück mindestens 10cm
- lang, 7cm breit und 2cm dick
- » Zwei-Komponenten-Kleber

Deckenleuchte alle Halogenlampen gegen LED-Lampen austauschen – bis auf eine. Diese verbleibende Halogenleuchte dient dann als notwendige ohmsche Last und der elektronische Trafo beginnt normal zu arbeiten. Auch bei magnetischen Trafos funktioniert dieser

Werkzeug

- » Bohrmaschine und Forstnerbohrer 40mm und 50mm Durchmesser
 » Hammer
- » Spitzzange, Schraubenzieher, Cutter

Mehr zum Thema

» Matthias Wendt, Einstieg in die Elektrotechnik, Make-Sonderheft 2022 "Elektrotechnik", S. 6

.....

- » Martin Ossmann, Elektrische Leistung, Make-Sonderheft 2022 "Elektrotechnik", S. 102
- Mark Sonderheit 2022 "Elektrotechnik , S. 102
 Mark Liebrand, Der passende Leitungsquerschnitt, Make-Sonderheft 2022 "Elektrotechnik", S. 112



Trick. Mit der ohmschen Last des einen Halogenstrahlers wird die Spannung auf die benötigten 12V heruntergedrückt, die für die LED-Lampen ungefährlich ist.

Meist genügt hierfür schon eine Halogenlampe mit 10W Leistung. Es muss also nicht



1 Typen von Transformatoren





eine 50W-Lampe weiter Strom fressen und Ihren Geldbeutel belasten.

Noch mehr sparen

Selbstverständlich ist die dennoch sicherste Lösung für die Leuchtmittel, den alten Trafo gegen einen neuen LED-Trafo auszuwechseln und dann alle Halogenleuchten gegen LED-Lampen zu ersetzen. Wenn Sie sich dafür entscheiden, gut so. Im Baumarkt stellen Sie dann aber fest, dass die LED-Strahler gar nicht so billig sind. Unter 9 bis 12 Euro pro Stück ist da kaum was erhältlich 2. Kein Problem: Bauen Sie doch einfach Ihre alten Halogenstrahler selbst zu LED-Leuchten um. Das funktioniert überraschend einfach. Sollten Sie Hemmungen haben, Hand an Ihre "guten alten Halogenstrahler" zu legen, kann ein Besuch in einem örtlichen Sozialkaufhaus weiterhelfen. Oftmals gibt es dort



kistenweise alte (und nicht geprüfte) Halogenstrahler für wenige Cent zu kaufen **3**. Das ideale Ausgangsmaterial, denn ob die funktionieren oder nicht, ist für den folgenden Umbau egal.

Schritt 1: Zuerst muss das alte Innenleben und (falls vorhanden) die Frontglasscheibe entfernt werden. Als kleine Arbeitsvorrichtung dient dazu ein kleines Brett, in das man zuvor mit einem 50mm Forstnerbohrer eine kleine Vertiefung und mit einem 40mm Forstnerbohrer ein tieferes Loch bohrt 4.

Schritt 2: Nun setzt man den Halogenstrahler in die runde Aussparung im Brett und schlägt vorsichtig mit einem Hammer auf die beiden Anschlussstifte der Halogenlampe **5**. Dabei wird das alte Halogenleuchtmittel von hinten weiter in das Innere des Strahlers getrieben. Praktisch ist, dass diese Birnchen von der Herstellung noch einen kleinen Bund an der Spitze aufweisen. Dieser Bund bringt die Frontscheibe zum Springen **6**.

Da die Frontscheibe seitlich nur angeklebt ist, kann man die Splitter sehr leicht mit einer Spitzzange oder ähnlichem entfernen. Sollten am Sockel noch Reste der Verklebung des Leuchtmittels zurückgeblieben sein, kratzt man diese problemlos mit einem Schraubenzieher heraus. Bild **7** zeigt links den leeren Reflektor; rechts alles, was entfernt wurde.

Schritt 3: Als neues Leuchtmittel dient eine Stiftsockel-LED, die es bei eBay schon für etwa 1,80 Euro pro Stück zu kaufen gibt 8.

Wie auch beim Kauf von fertigen LED-Leuchtmitteln, sollten Sie hier unbedingt auf die Lichtfarbe achten. Die Farbe wird dabei meist in Kelvin (K) angegeben:

Warmweiß entspricht <3300K und ist ideal für Wohnräume, Schlafzimmer oder Esszimmer. *Neutralweiß* entspricht 3300-5300K und eignet sich für den Einsatz in Küche, Arbeitszimmer, Bad. *Kaltweiß* entspricht >5300K und ist brauchbar z.B. im Keller oder der Werkstatt.

Da diese Stiftsockellampe unten zu breit für den LED-Strahler ist, muss sie dort etwas bearbeitet werden. Dies gelingt leicht mit einem Cuttermesser. Die Ummantelung ist aus transparentem Silikon gefertigt und lässt sich problemlos komplett entfernen (9).

Schritt 4: Im letzten Schritt wird nun die bearbeitete Stiftsockellampe in den alten Halogenreflektor so tief eingefügt, dass die beiden Anschlussstifte etwa 8mm aus dem Reflektor herausragen. Damit die Stiftsockelleuchte auch dort bleibt, wird sie mit etwas schnellhärtendem Zwei-Komponenten-Kleber fixiert 10.

Vermutlich kann als Verklebung auch Silikon dienen, da die LED-Stiftsockelleuchte sich kaum erwärmt – ausprobiert habe ich das allerdings nicht.

Voilà! Der fertige LED-Reflektor für einen Stückpreis unter zwei Euro ist fertig! 1









Varianten

Selbstverständlich lassen sich auch andere LED-Leuchtmittel in den alten Halogenreflektor einbauen. Dazu ist nur ein wenig mehr Aufwand erforderlich. Die Hochleistungs-LED auf den Bildern 12 und 13 wurde mit Anschlussleitungen und einer 3-poligen Stift-Anschlussleiste als Sockelanschluss verbaut, bei der der mittlere Pol abgeschnitten wurde, um den nötigen Abstand der Anschlusspole zu erreichen.

Soll diese LED an einem herkömmlichen Trafo leuchten, so muss allerdings auch noch ein kleiner Gleichrichter nebst Kondensator integriert werden, da diese LED Gleichstrom benötigt. Ebenso können der Gleichrichter und der Kondensator aber auch direkt hinter dem Trafo verbaut werden. —pek





Smarte Bad-Sparheizung mit ESP

Im Winter friert man schnell, wenn man direkt aus der heißen Dusche kommt. Aber dafür rund um die Uhr das Bad heizen, damit es nicht auskühlt? Das geht auch anders und deutlich energiesparender – mit einem automatisch geschalteten Infrarotstrahler, der nur bei akutem Bedarf angeht.

von Jan Kipping



9 Die Hauptkomponenten der smarten Badheizung: links das Relais zum Schalten des Infrarotstrahlers, in der Mitte oben den Feuchtesensor, rechts die Platine mit dem Wemos D1 mini. An den leeren JST-XH-Steckplatz wird später der Türsensor angeschlossen.

eizenergie zu sparen ist nicht einfach, das zeigt ein Blick auf die physikalischen Zusammenhänge. Vereinfacht angenommen besteht die eigene Wohnung nur aus einer Wand. Die Wand ist ein Wärmewiderstand und drinnen ist es wärmer als draußen. Dadurch entsteht ein Wärmestrom, den man in Watt angeben kann. Wer es genau wissen will, berechnet den U-Wert seiner Wand, die Temperaturdifferenz und erhält die häusliche Verlustleistung pro Quadratmeter Wandfläche und weiß dann: So viel muss man an Heizenergie aufwenden, um die Temperatur drinnen zu halten

Was kann man also tun, um den Wärmestrom durch die Wand zu minimieren und so Heizenergie zu sparen? Die Außentemperatur kann man nicht anheben - es bleibt also, durch (aufwändiges) Isolieren den Wandwiderstand zu erhöhen oder schlicht die Innentemperatur abzusenken. Das tun wir im Folgenden gezielt fürs Badezimmer – aber ohne zu frieren, wenn man aus der Dusche kommt.

Spartrick fürs Bad

In meinem Bad in einer mäßig isolierter Wohnung aus den 60ern bleibt der Heizkörper immer aus. Das geht nicht bei jedem - bei mir ist es deshalb möglich, weil der Raum nur eine Außenwand hat und eine Abluftanlage die Raumfeuchte reguliert, sodass sich kein Schimmel bildet. Eine solche Feuchteregulierung lässt sich übrigens recht einfach nachträglich ins im Folgenden beschriebene Projekt integrieren: Einer der benötigten Sensoren ist schließlich schon vorhanden, fehlt nur noch der Ventilator. Zur Inspiration in dieser Richtung kann auch das Taupunkt-Lüftungssystem aus Make 1/22 dienen (siehe Kurzinfo).

Das dauerhafte Absenken der Temperatur im Bad, elektrische Thermostate in den anderen Räumen und auch etwas Verzicht auf Komfort haben unsere Heizkosten halbiert. Die Effekte sind zwar schwer zu trennen - wie wenig Kosten meine Bad-Sparheizung verursacht, kann man aber recht genau messen. Dazu am Ende des Artikels mehr.

Die Grundidee ist simpel: Mach mich warm, aber nicht den Raum. Das geht zum Beispiel mit Infrarotwärmestrahlern 1. Die strahlen Wärme gerichtet ab und man sah sie früher in vielen Badezimmern ohne weitere Heizung.



Wärmt mehr den Mensch als den Raum: Elektrisch betriebener Infrarotstrahler.

Kurzinfo

- » Heizung schaltet automatisch an, wenn geduscht wird, und ab, wenn die Tür geöffnet wird
- » Automatisierung und Datenlogging mit ESPHome und Home Assistant
- » I²C-Sensoren zuverlässig mit langen Leitungen anschließen

Checkliste





ca. 20 Euro ohne Heizung

Hochspannung: sicherer Umgang mit 230V in feuchter Umgebung (Badezimmer)

Mehr zum Thema

- » Ulrich Schmerold, Das Taupunkt-Lüftungssystem, Make 1/22, S. 22
- » Jan Kipping, Gut verbunden? Make-Sonderheft 2022 "Elektrotechnik", S. 38
- » Heinz Behling, Intelligentes Heim mit Home Assistant, Make 1/21, S. 100

Material

- » ESP-Board Wemos D1 mini, ESP32 oder anderes, mit passendem Netzteil
- » dynamischer Feuchtesensor, etwa der kombinierte Druck-Temperatur-Feuchte-Sensor BME280
- » Relais passend zur Infrarotheizung
- » Reed-Kontakt bevorzugt mit Kunststoff-
- gehäuse, dazu ein Magnet zum Schalten » elektronische Bauteile wie Widerstände laut Schaltplan (online)
- Kabel, Stecker, Buchsenleisten
- und ähnliches Verbindungsmaterial » Platine optional



Jetzt sind sie etwas aus der Mode gekommen, denn sie haben einen gravierenden Nachteil: Das Einschalten vergisst man nicht, weil man friert, aber das Ausschalten. Und das kostet bis zu einem Euro je Stunde.

Darum machen wir den Infrarotstrahler jetzt intelligent, sprich: Wir automatisieren den

Vorgang. Ich mag den Ansatz, Regeln zu formulieren, die kann man aufschreiben und programmieren kann und weiß dann auch ein Jahr später noch, wie es funktioniert.

In unserem Bad sind die Regeln einfach:

Beim Duschen/Baden Heizstrahler einschalten.



2 Fällt kaum auf: Der Türschalter aus einem Magnet an der Tür und einem Reed-Kontakt im 3D-gedruckten Gehäuse.







Beim Verlassen des Raumes ausschalten.
 Das Ausschalten löse ich mit einem Türschalter 2. Geht die Tür auf, geht die Heizung aus.
 Und gleich dazu zwei Sonderfälle: Wenn die Tür nur kurz aufgeht, bleibt die Heizung an, und wer mit offener Tür duscht, braucht die Heizung offensichtlich nicht, sie bleibt dann einfach aus.

Der Türsensor ist ein einfacher Reed-Kontakt im 3D-gedruckten Gehäuse ③. Reed-Kontakte schließen, wenn ein Magnet in der Nähe ist; letzteren habe ich hier auf die Tür geklebt. Das Gehäuse ist aus einem Teil und sorgt auch gleich für eine Zugentlastung, da Reed-Kontakte meiner Erfahrung nach mechanische Belastung schlecht vertragen.

Das **Einschalten** ist etwas schwieriger. Ich habe mit Türstatus, Bewegungsmelder und Klimasensoren experimentiert. Am Ende ist es der messbar starke Anstieg der Luftfeuchte, womit die Erkennung, dass jemand duscht, seit einem Jahr zuverlässig funktioniert.

Sobald der Zustand "Dusche läuft" erkannt wird, schaltet sich die Heizung ein, sofern es kalt genug ist, dass die gebraucht wird. Praktischerweise sieht *ESPHome*, was ich zum Erzeugen meines Codes benutze, direkt den



dazu nötigen Regler für solche Schaltelemente vor. Wenn es warm genug ist, heizt der Strahler nicht unnötig und bleibt deshalb im Sommer (meistens) aus.

Um den Anstieg der Feuchte zu erkennen, braucht es einen dynamischen Sensor, also einen, dessen Einstellzeit kleiner als die Anstiegszeit ist. Der kombinierte Druck-Temperatur-Feuchte-Sensor BME280 hat sich bewährt, günstig ist er auch **4**. Für den Klimaund auch den (inzwischen nicht mehr benutzten) Bewegungssensor habe ich ein kleines Gehäuse gedruckt **5**, nicht unendlich hübsch, aber es stellt sicher, dass der Wassernebel schnell an der entscheidenden Stelle ankommt.

Die Schaltzentrale

Ich bin hundertprozentiger Fanboy von *ES-PHome*. Damit erzeugt man mittels Konfigurationsdateien den genau für die verwendete Hardware passenden Code, ohne Ballast (wie ihn etwa *Tasmota* mitschleppt), steuert ESPs (32 und 8266) über Heimautomationssysteme wie *Home Assistant* und das alles Open Source. Ich verwende *ESPHome* sogar für Projekte



7 Unterputzfähige Adapterplatine für Wemos D1 mini

Ohne ESPHome

Der Artikel beschreibt, wie man die Bad-Sparheizung mit *ESPHome* und einem selbstgebauten Knoten auf ESP-Basis baut. Wer es einfacher mag, kann etwas ähnliches aber auch komplett in *Home Assistant* mit Kaufteilen umsetzen. Das ist dann deutlich weniger selbstgemacht, aber man vermeidet auch jeglichen direkten Kontakt mit 230V. Man braucht eine Schaltsteckdose, einen Türsensor und einen Feuchtesensor. Die macht man im ersten Schritt mit seinem Home Assistant bekannt und kann die dann durch folgenden YAML-Code verknüpfen:

climate:

 platform: generic_thermostat name: Bad Infrarotheizung heater: switch.MeineSchaltDose target_sensor: sensor.MeinSensor ohne Smart-Home-Einbindung, da man damit auch Displays und eine eigene Weboberfläche nutzen kann. Hinzu kommt, dass einfache Sachen damit einfach umsetzbar sind (Sensor A an Pin 1 und fertig), während man gleichzeitig C-Code einbinden kann, was einen immensen Gestaltungsspielraum schafft.

Für dieses Projekt kommt sowohl der Wemos D1 mini (6) als auch ein ESP32 in Frage. Ich habe den ESP32 verwendet, da ich einen mit externer Antenne im Schrank hatte und er bei mir noch einige andere Dinge erledigen muss, die in diesem Artikel außen vor bleiben. Für das, was ich hier beschreibe, reicht aber auch ein Wemos D1 mini, der ist günstig und sparsam. Das Projekt stellt wenig Ansprüche, man hat also im Prinzip die Wahl aus fast allen ESPs.

Die Platine

Das Steckbrett ist mein Todfeind – ich weiß nicht, wer angefangen hat, aber wir hassen uns. Zur Rache lässt es immer irgendwann ein Kabel los und das hängt dann in der Luft. Nichts geht mehr, aber es muss ja irgendwo hin. Masse auf Plus und Schluss.

Deshalb gestalte ich mittlerweile für viele meiner Projekte eigene Leiterplatten, auch wenn der Schaltungsaufwand bei diesem Projekt sehr überschaubar ist. Das dauert bei mir mittlerweile mit KiCAD nur noch ein bis zwei Stunden und erspart viel Ärger 7. Wer das Projekt mit einem Wemos D1 mini oder ESP32 Devkit nachbauen will, findet über die Kurz-URL den Link zu Aisler.net, wo man die Platinen bestellen kann. Aisler ist mein liebster Leiterplattenhersteller: kostet wenig Geld, arbeitet in Europa mit angemessenen Umweltstandards, und die Platinen sind schnell da. Alternativ gibt es die Dateien auch zum Download über den Link für alle, die die Platine anders herstellen oder es mit dem Steckbrett aufnehmen wollen.

Keine Angst vor den SMD-Teilen auf der Platine: Auch die kleineren 0805-Bauteile lassen sich mit etwas Übung schneller verarbeiten als bedrahtete Bauteile. Dazu eine Kontaktfläche des Bauteils verzinnen, dann das Bauteil mit Pinzette an Ort und Stelle anlöten 8. Zweite Seite löten und das war's schon.

Ser	isoren	0
	Bad Druck	979,680 hPa
٥	Bad Feuchtigkeit	62,7 %
8	Bad Temperatur	22,0 °C
ZUM DASHBOARD HINZUFÜGEN		

Die Verbindungen

Wie man Platinen und Kabel geschickt durch Stecker verbindet, habe ich ausführlich im *Make-Sonderheft "Elektrotechnik"* beschrieben. Hier sind JST-XH-Stecker eine gute Wahl (siehe Bild ⁽⁹⁾) auf der Titelseite des Artikels).

Bleiben noch die Kabel. "I²C ist kein Feldbus", so steht es im Mikrocontroller-Forum und das stimmt – die Schnittstelle wurde ursprünglich für Distanzen auf Platinen bis ca. 20cm optimiert. Auch der Klimasensor BME280 wird meist mittels I²C angeschlossen, allerdings liegen der Controller und der Sensor nicht immer direkt nebeneinander. Ich verwende etwa einen zweiten Sensor für die Außentemperatur, die Kabel werden lang.

Das geht in der Regel trotzdem, solange die Kapazitäten niedrig bleiben. Ich habe eine 9m lange Leitung im Einsatz. Wichtig ist deshalb Wahl des Kabels: Ideal ist ein flexibles CAT5-Kabel (10 oben). Hier sind



8 Beim Löten der SMD hilft eine Lupenbrille.



🔟 Mit geeigneten geschirmten Kabeln lässt sich I²C fast schon als Feldbus nutzen.

Konfiguration in YAML

Die Konfiguration erledigt man in YAML, "Yet Another Markup Language" – noch eine Möglichkeit, Dinge zu beschreiben. Die Dateiendung ist wenig überraschend .yaml. Für mich war es die größte Hürde, aber es lohnt sich, zu verstehen, wie YAML funktioniert. In Home Assistant wird fast alles darüber konfiguriert. Zwar kann man mittlerweile das meiste auch mit einer schicken Weboberfläche lösen, das Editieren von komplexen Automatisierungen ist in YAML aber oft schneller. Und für ESP-Home ist die Arbeit mit YAML ohnehin Pflicht.

Die Grundidee von YAML ist sehr einfach: Es werden *key-value*-Paare beschrieben. Dem *key*, dem Schlüssel, folgt ein Doppelpunkt am Ende, danach steht der Wert. Die Hierarchie erfolgt mittels Einrückungen. Ein *key* kann mehrere *values* haben, die stehen eingerückt untereinander. Das war's schon.

Zumindest in der Theorie. In der Praxis versteht auch der interaktive Editor falsches Einrücken nicht, die Fehlermeldungen sind dann unverständlich. Eine gute Hilfe ist immer die Webseite *ESPHome.io*. Die Dokumentation ist wirklich gut, die Beispiele helfen fast immer weiter. Auch ein Beispiel für korrektes Einrücken findet sich dort.

Einfaches Thermostat für Infrarotheizung climate: platform: thermostat name: "Bad Infrarotheizung" id: bad_thermostat_ir sensor: bad_temp default_target_temperature_low: 20 °C min_heating_off_time: 10s min_heating_run_time: 10s min_idle_time: 30s heat_action: - switch.turn_on: switch_infrared idle_action: - switch.turn_off: switch_infrared

geschirmt vier verdrillte Leitungspärchen drin. I²C braucht eine Datenleitung und eine Taktleitung. Beides sollte jeweils ein eigenes Pärchen bekommen, mit Masse jeweils auf der zweiten Ader. Alternativ nehme ich billigste USB-Verlängerungskabel (10) unten) und nutze die USB-Datenleitungen für Takt und Daten. Spannungsversorgung ist gleich mit im Kabel, praktisch.

Die Firmware

ESPHome erzeugt maßgeschneiderte Firmware für jeden Knoten. Dabei wird aus einer Konfiguration automatisch der passende C-Code für den Prozessor und das Board generiert. Das hat den Vorteil, dass kein unnötiger Ballast mitgeschleppt wird dadurch auch schwache Prozessoren komplexe Aufgaben



18:51:39 - Vor 1 Minute

durchführen können. In meiner Wohnung verrichten insgesamt 30 so eingerichtete Knoten ihren Dienst. Probleme, die auf ESPHome zurückzuführen sind, sind erstaunlich selten.

Die Einrichtung von Home Assistant als Smarthome-Zentrale wurde schon in Make 1/21 ausführlich beschrieben (siehe Kurzinfo), deshalb beschreibe ich in einem ausführlichen Online-Artikel (siehe Link in der Kurzinfo) nur die notwendigsten Schritte, um ESPHome mit einem vorhandenen Home Assistant zu nutzen und das hier beschriebene System aufzusetzen. Ich verwende das *Home Assistant Operation System* (siehe Link in der Kurzinfo) und die aktuelle ESPHome-Version 2022.10.4. Der gesamte Code für dieses Projekt liegt auf Github, es ist also nicht unbedingt nötig, die beschriebenen Schritte noch mal zu Fuß zu machen, wenn man keine eigenen Modifikationen vornehmen will.

Die Temperaturregelung

Interessant wird es, wenn das Relais für die Heizung als Aktor und der Sensor im eigenen Home Assistant vorhanden sind und funktionieren ①. Nun kommt die Temperaturregelung. Die Thermostat-Funktion in Home Assistant ist genau dafür gemacht. So einfach das klingt, mit einem Relais eine Temperatur zu regeln, so kompliziert kann das in der Praxis werden. Die Dokumentation auf ESPHome.io für diese Funktion füllt mehrere Seiten. In unserem Fall reicht die einfachst mögliche Konfiguration ①.

Eine Hysterese von 1°C ist standardmäßig in die Funktion eingebaut, wird hier nicht speziell eingestellt.

Das Thermostat taucht in den Steuerelementen auf und kann dann aktiviert werden. Als schnellen Funktionscheck: Heizung aktivieren, indem man die Solltemperatur über den Istwert setzt. Das Relais geht an, mittels Daumen wird der Sensor künstlich erwärmt und das Relais geht aus. Ein Träumchen **B**.

Nun kann fast schon in Home Assistant automatisiert werden. Nur der Türsensor fehlt noch (4).

Der Türsensor ist ein Binärsensor, direkt an einen IO-Pin gekoppelt. Die Besonderheit hier

🕼 Türsensor	
<pre>binary_sensor: - platform: gpio pin: number: D0 name: "Bad Tür" id: "bad_tuer" filters: - delayed_on: 10sec device_class: door on_press: - climate.control: id: bad_thermostat_ir mode: "OFF"</pre>	

ist die 10-Sekunden-Entprellung, damit bei kurzem Türöffnen nicht gleich die Heizung abgeschaltet wird. Denn: Der dann aufgerufene on_press-Eintrag sorgt dafür, dass bei Türöffnen die Heizung ohne Umweg über den Server ausgeht. Ich finde es praktisch, Automatisierungen lokal zu programmieren, die lokal laufen können und in ESPHome ist das sehr einfach. Auch wenn mein Home-Assistant-Server in den letzten Jahren nicht mehr abgestürzt ist: Eine gestörte Verbindung sollte nicht dazu führen, dass die Heizung unkontrolliert weiter läuft.

Test und Automatisierung

Wenn die Hardware prinzipiell tut, was sie soll, wird getestet – am besten in realer Umgebung (1).

- Passt der WLAN-Empfang?
- Kann die Temperaturregelung aktiviert werden?
- Wird die Temperatur eingeregelt?
- Funktioniert der Türsensor?

Schaltet die Heizung bei Türöffnen ab?
 Na, alles perfekt? Dann kommt die spannende
 Frage, wie die Automatisierung funktioniert.
 Die Regel zum Anschalten der Heizung ist ein-



Der fliegende Probeaufbau. Im späteren Betrieb muss natürlich alles fest installiert und gegen Feuchtigkeit gesichert werden.

Make:markt

MIKROELEKTRONIK



AZ-Delivery

Ihr Experte für Mikroelektronik **20% sparen – Code: AZD-Make20** Die passenden MCU, Sensoren, Displays, etc. für Ihr nächstes Projekt! Projektideen im Blog Spezialangebote im Newsletter

www.az-delivery.de

BÜCHER/ZEITSCHRIFTEN



Der Verlag für kreative Köpfe!

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

www.dpunkt.de

Make:markt

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

Weitere Informationen erhalten Sie unter: maos@heise.de



Was Maker schon alles geschaffen haben!

Die Antwort und viele Beispiele finden Leser in unseren Zeitschriften

"Space – das Weltraum Magazin",

"Wissen 2022" und dem "Urknall" vieler Computer- und Make-Enthusiasten – dem "Retro Gamer".

www.emedia.de









ktionen	20 0
 Klima: Turn on Bad Infrarotheizung 	:
Dienst Klima: Turn on	× •
Turn climate device on.	?
Ziele Was dieser Dienst als Bereiche, Geräte oder Entitäten verwenden soll.	
Bad Infrarotheizung ×	
+ Bereich auswählen + Gerät auswählen	
+ Entität auswählen	

2 Logging-Funktion

```
sensor:
  - platform: template
    name: "Leistung Infraheizung"
    device_class: power
    id: bad_power_heat
    lambda:
            1
      if (id(switch_infrared).state) {
        return 1800;
      }
        else {
        return 0.0;
      }
    update interval: 60s
    unit_of_measurement: W
   platform: total_daily_energy
    name: "Energie Infraheizur
    power_id: bad_power_heat
    filters:
        # Multiplication factor
        # from W to kW is 0.001
          multiply: 0.001
    unit_of_measurement: kWh
time:
```

- platform: homeassistant id: homeassistant_time fach: Die Tür ist zu und die Feuchtigkeit steigt stark an. Nur: Wie lässt sich erkennen, dass die Feuchtigkeit stark ansteigt?

Als erstes hilft es, sich in Home Assistant einen grafischen Verlauf der Feuchtigkeit anzuzeigen **(6)**. Praktischerweise ist die jetzt benötigte Funktion schon eingebaut, sie heißt *sensor statistics*. Zumindest zum Zeitpunkt, als ich diesen Artikel schrieb, konnte man die Anzeige noch nicht mittels grafischer Oberfläche zusammenklicken, dazu muss die *configuration.YAML* in Home Assistant anpassen, mehr dazu steht online. Erfasst wird damit die Änderung in den letzten fünf Minuten **(7)**.

Das letzte Puzzlestück: Die Automatisierung in Home Assistant. Unter *Einstellungen/ Automatisierung* erstellt man ohne Vorlage eine neue Automatisierung ()). Als Auslöser dient ein numerischer Trigger, der auf die Feuchteänderung auslöst. Bei mir scheinen 6% Erhöhung ohne Nebenwirkung gut zu triggern. Die Automatisierung soll aber nur zuschlagen, wenn die Tür geschlossen ist, also nicht, wenn das Bad geputzt wird. Dafür wird die Bedingung "Tür zu" ergänzt ()).

Zum Schluss kommt die Aktion. Als Aktion muss in Home Assistant fast immer Dienst aus-

führen gewählt werden. Mit Diensten kann man so ziemlich alles steuern und so hier auch die Heizung aktivieren 20.

Die Feinheiten

Alles bestens? Noch nicht ganz. Die Automatisierung ist eine UND-Verknüpfung eines Ereignisses und eines Status. Wenn also die Tür zugeht, *nachdem* die Feuchtigkeit angestiegen ist, geht die Heizung nicht mehr an. Ich behelfe mir damit, dass ich beide Signale, die ich koppeln möchte, als Auslöser hinzufüge und beide zur Bedingung mache.

Wer sicher sein kann, dass niemand beim Duschen stört, kann damit zufrieden sein. Wenn aber zwischendrin jemand reinkommt und die Feuchtigkeit danach nicht mehr ansteigt, muss doch wieder frieren.

Automatisierungen richtig zu programmieren ist oft kniffliger als es erst scheint. Zu vielfältig sind die Möglichkeiten, zu erratisch das Verhalten der Mitbewohner, die sich auch nicht immer an die Automatisierung anpassen möchten. Einen weiteren Spezialfall (und die Lösung dafür!) beschreiben wir online.

bad-	infrarotheizung	
3	Bad Druck	986,239 hPa
٢	Bad Feuchtigkeit	63,0 %
8	Bad Temperatur	22,6 °C
	Bad Tuer	Offen
4	Energie Infraheizung bad	0,130 kWh
	Bad Therme an energy daily	1,4502 kWh

Verglichen mit der Warmwasserbereitung ist das Heizen im Bad keine Kostenfalle mehr.

Die Kosten

Am einfachsten lässt man den ESPHome-Knoten den Verbrauch gleich mitloggen (2)(2).

Die Energie kann dann anschließend im Energiemonitor für Tag, Monat und Jahr angezeigt werden 23. Im Tagesvergleich zeigt sich, dass es andere Dinge sind, die sich daheim mehr aus der Steckdose bedienen 24.

Ein paar Tipps

Wer die Sparheizung nachbauen will, kann meiner Erfahrung nach Frust vermeiden:

- Wählt die richtigen Pins am ESP-Board! Wenn Ihr beim Flashen eine Warnung bekommt über "strapping pins", nehmt sie ernst. Manchmal startet das Board sonst nicht richtig oder gar nicht. Aber nicht immer, sonst wär's ja einfach.
- Kauft ein gutes Board. Ich habe gerade leidvoll einige Wemos-D1-Klone begraben. Dank Chipkrise sind viele miese Fakes unterwegs,



22 Es funktioniert: Die Heizung läuft genau wie geplant.

halbfunktionale, schnell kaputte, schlecht funkende Produkte. Auch Billig-Chips werden kopiert! Ich habe *Wemos-Lolin-Boards* nachbestellt – die sind natürlich teuerer, weil original, aber ich brauche dann nicht mehr so viele (wegzuwerfen).

 Ist in Home Assistant irgendwas merkwürdig mit dem Knoten? Dann die Integration löschen und neu einfügen.

Bei mir ist die Bad-Sparheizung seit einem Jahr im Einsatz und erfreut die Familie sehr. Der klassische Heizkörper war nämlich auch vorher schon immer aus. —*pek*



Einzelne Geräte überwachen





Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenteg <u>oder ab einem Einkaufswert ann</u> 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.



Notrufwecker mit vielen Einsatzmöglichkeiten

Notrufmöglichkeiten für Privatpersonen gibt es einige, etwa Armbänder oder Mobiltelefone, über die per einfachem Knopfdruck rasch Hilfe gerufen werden kann. Doch was ist in dem Fall, wenn die hilfebedürftige Person dazu nicht mehr in der Lage ist? Hier kommt unser Notrufwecker-Projekt ins Spiel.

von Thomas Fischer



Diese Frage stellte sich auch mein in Österreich allein lebender Sohn Julian. Besondere Bedeutung hat das Thema aber vor allem für Personen, die mit körperlichen oder gesundheitlichen Einschränkungen zu leben haben. Die Idee meines Sohns dazu: Eine Person seines Vertrauens sollte per Kurzmitteilung (SMS/ Messenger) informiert werden, sofern er das nicht aktiv bis zu einem bestimmten Zeitpunkt verhindert hätte. Eine Lösung würde er gerne selbst mit Mikrocontrollern umsetzen, doch fehle ihm die Zeit, sich intensiv damit zu beschäftigen. So bat er mich, mir Gedanken darüber zu machen, wie ein solches Projekt umgesetzt werden könnte.

Vorüberlegungen

Zur Umsetzung am besten geeignet erschienen mir ESP-Module, speziell ESP32, weil ich das bereits im Einsatz habe, es kostengünstig ist und dank WLAN einfach einen Informationsaustausch über das Internet ermöglicht. Gerade Letzteres stellte für mich zunächst Neuland dar, denn es ging darum, eine Mitteilung an ein Handy zu schicken. Dazu ist ein geeigneter Dienst erforderlich. Nach einer entsprechenden Internetrecherche stieß ich auf IFTTT (IF This Then That). Es handelt sich dabei um einen Internet-Service, der es ermöglicht, Kurznachrichten und viele andere Reaktionen aufgrund eines Triggers zu verschicken, wie er z. B. über ein ESP-Modul abgesendet werden kann. Bis zu fünf solcher Trigger können nach einer Registrierung kostenlos eingerichtet werden. Bei größerem Bedarf wird der Dienst kostenpflichtig. Der Dienst wurde bereits

Kurzinfo

» Wecker mit Totmannschaltung
 » Alarmierung per IFTTT über das Internet
 » Uhr des ESP32 mit Echtzeit aus dem Internet stellen





Komponente	IO-Anschluss ESP32	Weiterer Anschluss
Rote LED	Anode: 25	Kathode: GND über 180 Ohm Widerstand
Grüne LED	Anode: 26	Kathode: GND über 180 Ohm Widerstand
Blaue LED	Anode: 12	Kathode: GND über 180 Ohm Widerstand
Roter Taster	16, Pulldown nach GND	3,3 V
Schwarzer Taster	17, Pulldown nach GND	3,3 V
Grüner Taster	14, Pulldown nach GND	3,3 V
Blauer Taster	27, Pulldown nach GND	3,3 V
Buzzer	Plus an 18	GND
Poti	Mittelabgriff an 39 (VN)	3,3 V und GND
LCD	SCL: 22, SDA: 21	Vin (9V) und GND
My Applets	Explore Developers	Upgrade Create 2

My Applets

Zuverbindene Anschlüsse





mehrfach im Make-Magazin, etwa in Ausgabe 3/18, aufgegriffen, sodass ich im Weiteren nur die wichtigsten Schritte zur Einrichtung beschreibe.

Nun stellte sich die Frage, wie ein solcher Notruf alltagstauglich eingebunden werden könnte. Hierzu hatte mein Sohn bereits eine geeignete Idee: Die Implementierung in einen Wecker, da er aufgrund seiner Arbeitszeiten ohnehin auf einen solchen angewiesen ist. Weil in jedem Falle ein Internetzugang erforderlich werden würde, bot es sich an, die genaue Zeit statt von einem Zeitmodul ebenfalls direkt und aktuell aus dem Internet zu holen. Damit waren alle grundsätzlichen Fragen geklärt, sodass ich an die Umsetzung gehen konnte.

Für die Anzeige der Zeit sowie der Weckzeit wählte ich ein vierzeiliges LCD-Modul. Will man Weck- bzw. Alarmzeit einstellen, aktiviert man den Modus jeweils separat über einen Taster und stellt dann die Werte über ein zentrales Potenziometer ein. Mit jeweils einem weiteren Taster werden Wecker und Alarm aktiviert beziehungsweise deaktiviert. Auch ansonsten habe ich nur Bauteile verwendet, die allgemein und für wenig Geld über Elektronikvertriebe zu beziehen sind.

Schaltungsaufbau

Die Schaltung **1)** auf einer Lochraster-Platine oder zur Not auch direkt verkabelt aufzubau-

en, sollte keine Probleme bereiten. Den ESP32 habe ich sicherheitshalber auswechselbar auf zwei Steckleisten gesetzt. Der Widerstand des Potis wird über einen analogen Eingang eingelesen und in einen entsprechenden Minuten- oder Stundenwert umgerechnet. Die LEDs können mit einem passenden Vorwiderstand direkt an digitale Ausgänge angeschlossen werden, die hier angegebenen Werte ergeben mit meinen LEDs eine angenehme und ausreichende Helligkeit, je nach Farbe und Typ der LED (Datenblatt) müssen Sie ggfs. etwas mit den Werten der Widerstände experimentieren.

Die Taster schalten die 3,3 Volt des ESP auf die jeweiligen GPIOs. Damit bei offenem Taster der Eingang nicht in undefiniertem Status ist, wird er von einem Widerstand (R1, 10 kOhm) auf GND gelegt, dies ist ein sogenannter *Pull-Down*-Widerstand.

Der Summer wird mit seinem Pluspol an einen digitalen Ausgang und mit seinem Minuspol an GND angeschlossen.

Der Schaltplan wurde mit *Fusion360* erstellt, leider konnte ich keine LCD-Anzeige in der Bibliothek finden, sodass ich diese nachträglich als Block einfügen musste. Die Ansteuerung der LCD-Anzeige erfolgt über das serielle I²C-Protokoll, damit sind nur zwei Pins vom ESP32 anzuschließen, dazu noch die 5V-Stromversorgung vom Netzteil sowie GND. Das Netzteil versorgt natürlich auch den ESP32.

Um das Ganze übersichtlich zu halten, sind im vereinfachten Schaltplan der Alarmuhr 1 beispielhaft nur ein LED- und ein Taster-Anschluss dargestellt. Eine Übersicht der



Anschlüsse ist der Tabelle Zu verbindende Anschlüsse zu entnehmen.

Einrichtung von IFTTT

IFTTT ist ein in der eingeschränkten Grundversion kostenloser Dienst, um sogenannte *Applets* zu erstellen, die z. B. durch ein externes Signal initiiert Kurznachrichten an eine Handynummer senden. Das Ganze dient dazu, smarte Geräte ohne großen eigenen Aufwand per Internet miteinander zu vernetzen und somit mehr Komfort, Funktionen und bessere Bedienbarkeit zu erreichen.

Die Einrichtung gelingt sehr rasch, sodass sie in der Praxis schnell zum gewünschten Erfolg führt. Um jedoch den Zugang zu IFTTT zu erhalten und eigene Applets erstellen zu können, ist zunächst eine Registrierung erforderlich. Nach der Anmeldung kann man dann mit der Schaltfläche *Create* auf dem Startbildschirm rechts oben mit der Einrichtung beginnen, wie in Abbildung ² dargestellt.

Es folgt die zweite Seite **3**, auf der über Anklicken der Schaltfläche *If This* ein Dienst ausgewählt wird, über den die Nachricht verschickt wird.

Bei mir kamen Webhooks zum Einsatz, dies ist ein System, dass viele internetfähige Geräte unterstützen, die sich damit schalten und überwachen lassen. Dazu gibt man Webhooks in der Suchzeile ein und klickt anschließend auf das zugehörige Symbol, damit ist es dann eingebunden. Im nächsten Schritt ist ein Trigger (Auslöser) auszuwählen, hier reicht das Anklicken auf das blaue Feld Receive a web request. Auf der nächsten Seite 4 wird der Trigger mit einem geeigneten Namen komplettiert.

Nun kann *Then That* definiert werden. Auch hier ist zunächst ein Dienst auszuwählen, bei mir ist es *Android SMS*, den man wieder über die Suchleiste finden kann. Im nächsten Dialog bestätigt man durch Anklicken der grünen Schaltfläche *Send an SMS*.

Im folgenden Dialog **5** wird der Trigger mit dem gewünschten Empfänger und der Nachricht definiert. Die Handynummer muss dabei im internationalen Format mit zwei führenden Nullen eingetragen werden. Um die drei Variablen zu erhalten, die im Sketch mit dem gewünschten Text gefüllt werden, löscht man den vorhandenen Eintrag und ersetzt ihn durch die drei Variablen, die einzeln über Add ingredient eingesetzt werden. Nach Bestätigung über Update action und auf der nächsten Seite nochmals über Update erhält man den Dialog $\mathbf{6}$, in dem sich alle erforderlichen Daten verbergen. Diese Aktualisierung muss erneut durchgeführt werden, wenn eine Änderung an den Applets vorgenommen wird!

Damit kein Unbefugter mit dem Trigger arbeiten kann, wird eine zufällige Kombination aus Buchstaben und Zahlen generiert, mit dem sich unser Skript bei IFTTT ausweisen muss. Diesen eindeutigen Schlüssel, der übrigens für alle erstellten Applets gültig ist, erhält man zur Implementierung in dem Sketch in zwei Schritten: In der Übersicht klickt man zunächst links oben das Webhooks-Symbol an, dann auf der nächsten Seite im zweiten Schritt den Knopf *Documentation* betätigen. Dieser dort angezeigte Schlüssel 🕜 sowie der Name des Triggers und die Bedeutung der Variablen müssen im Programm eingegeben werden, dazu unten mehr.

Die Arduino-IDE

Die Arduino-IDE sollte für den Einsatz von ESP-Modulen vorbereitet und das Board im Boardmanager ausgewählt sein. Hilfe erhalten Sie in unserem Standardartikel zu diesem Thema, den Sie über die Kurzlinks erreichen. Auch müssen die Bibliotheken *LiquidCrystal I2C* von Marco Schwartz sowie *Button2* installiert sein. Letztere erlaubt eine schnelle Definition im Sketch, unter welchen Bedingungen ein Taster auslösen soll (z. B. langes Drücken oder Doppelklick, im Sketch finden sich diese Deklarationen in den Zeilen 98 bis 111).

Zeitsignal per Internet

Das Zeitsignal erhält man über das Internet von einem NTP-Server (**N**etwork **T**ime **P**rotokol). Die entsprechenden Konstanten sind in den Sketch-Zeilen 2 bis 6 zu finden:

#include "time.h"

//Einstellungen für NTP-Server setzen const char* ntpServer="pool.ntp.org"; const long gmtOffset_sec=3600; const int daylightOffset_sec=3600;

Die Einbindung der *time.h*-Bibliothek ist erforderlich. Als Server für das Zeitsignal kommt *pool.ntp.org* zum Einsatz. gmtOffset_sec steht 6 If Maker Event "alarm_warnung", then Send me an SMS to 01XXXXXXX



für die Zeitzone. Wir sind eine Stunde aus dem GMT-Bereich, daher eine Verschiebung um 3600 Sekunden. Das daylightOffset_sec steht immer auf 3600 Sekunden (also eine Stunde) und sorgt für die automatische Zeitumstellung (MEZ/MESZ).

Über den NTP-Server können umfangreiche Zeit- und Datumssignale empfangen werden, z. B. Wochentag, Monatsname, Tag des

<u>گ</u>
Your key is: fvtWoKIX and fick and the Lyon CogH fined Darb Reported to the seck to service
To trigger an Event with 3 JSON values
Make a POST or GET web request to:
https://maker.ifttt.com/trigger/ {event} /with/key/fvtNoKlXb
With an optional JSON body of:
{ "value1" : "", "value1" : "", "value3" : "")
The data is completely optional, and you can also pass value1, value2, and value3 as query parameters or form variables. This content will be passed on to the action in your Applet.
You can also try it with cur1 from a command line.
curl -X POST https://maker.ifttt.com/trigger/{avent}/with/kay/fvtWoK
Please read our FAQ on using Webhooks for more info.
Test It

IFTTT-Test

Ist alles so weit eingerichtet, sollte zunächst ein Test durchgeführt werden, ob alle Einstellungen wie gewünscht passen, damit findet man Fehler in IFTTT oder einen fehlerhaften Key leichter. Zu diesem Zweck habe ich einen Sketch programmiert (IFTTT-Test_universell.ino), in dem in den Zeilen 3 bis 10 die entsprechenden eigenen Daten einzugeben sind (vergl. Tabelle Anpassungen am Sketch). Dieser Sketch steht ebenfalls zum Download bereit (siehe Kurzlink). Nach dem Hochladen setzt der Sketch genau eine SMS per IFTTT ab, die innerhalb von etwa zehn Sekunden als Nachricht auf dem Handy erscheinen sollte.

Anpassungen im Sketch

Zeilen- nummer	Zu ändernder Wert in Anführungszeichen
8	WIFI-ID des Netzwerks
9	WIFI-Passwort des Netzwerks
12	IFTTT-Key
13	IFTTT-Events
14	Inhalt der Variablen IFTTT_ Value1, Beispiel: "Alarm ausge- löst!"
15	Inhalt der Variablen IFTTT_ Value2, Beispiel: "Bitte rufe zu- rück!"
16	Inhalt der Variablen IFTTT_ Value3, Beispiel: "Rufnummer: xyz'

aktuellen Jahres oder über die Programm-Struktur *tm* auch komplette Zeiträume. Mehr dazu in den Links. Für die Zwecke meines Sohnes reichten die allgemeinen Zeitangaben Stunde, Minute und Sekunde allerdings völlig aus.

WLAN und IFTTT

Sind alle Vorbereitungen getroffen, gilt es noch die Einträge aus der Tabelle *Anpassungen am Sketch* im Wecker-Code zu ergänzen. Nach diesen Vorarbeiten den Sketch abspeichern und auf den ESP32 (per Upload-Icon, Menü oder *Strg-U*) hochladen.

Inbetriebnahme und Bedienung

Für den Dauerbetrieb sah ich einen Steckanschluss vor, über den die gesamte Schaltung mit dem Stromnetz verbunden wird. Hier kam ein noch vorhandenes 5V-Steckernetzzteil zum Einsatz, das direkt in der Steckdose sitzt. Prinzipiell könnte die Uhr auch über den USB-Anschluss betrieben werden, doch ist dann die Anzeige deutlich kontrastärmer.

Nach dem Einschalten sollte innerhalb weniger Sekunden auf der LCD-Anzeige die Uhrzeit ähnlich Abbildung (3) angezeigt werden. Ist das nicht der Fall, sind entweder die WLAN-Daten in den Zeilen 8 und 9 fehlerhaft oder das Signal ist so schwach, dass keine Verbindung zum Internet aufgebaut werden konnte. Dann bitte nochmals die Eingabedaten kontrollieren und gegebenenfalls korrigieren, oder den Standort des Weckers ändern. Denn ein entsprechend starkes WLAN-Signal ist Grundvoraussetzung für eine korrekte Funktion der Uhr und des Alarms!



Bedienung der Alarmuhr

Und nun ist es an der Zeit, die Funktionen kennenzulernen. In Abbildung (9) ist das Bedienfeld oben auf der Alarmuhr zu sehen. Jeweils eingerahmt und beschriftet sind die beiden Bereiche *Alarm* und *Wecken* zu erkennen. Die Bedienung beider Felder ist identisch, d. h. der schwarze Taster ist mit der gleichen Funktion belegt wie der blaue Taster, analog verhält es sich mit dem roten und grünen Taster. Der Unterschied besteht nur darin, dass der blaue und grüne Taster eben für die Weckfunktion und der schwarze und rote Taster für die Alarmfunktion zuständig sind. Weiterhin zeigt das Ausschalten der roten LED und das Leuchten der grünen LED die Aktivierung der Alarmfunktion an.

Im Folgenden beschreibe ich daher beispielhaft nur die Funktionen des blauen und grünen Tasters für das Wecken, die Einstellungen für den Alarm sind analog belegt und über den schwarzen und roten Taster erreichbar.

Wird der grüne Taster länger als eine Sekunde gedrückt, so zeigt sich wie in Abbildung zu sehen ein Pfeil neben der Stundenanzeige der Weckzeit. Nun kann über das Drehen des Potenziometers die Stunde eingestellt werden, zu der geweckt werden soll. Mit einem Doppelklick des grünen Tasters kann zwischen Weckminute und -stunde gewechselt werden. Welche Zeit eingestellt wird, ist an der Lage des Pfeils entweder neben der Stunden- oder Minutenanzeige erkennbar. Ist die Weckzeit richtig eingegeben, wird das Menü über das Drücken des grünen Tasters für mindestens eine Sekunde wieder verlassen.

Mit dem Drücken des blauen Tasters für mindestens eine Sekunde schaltet man die Weckfunktion ein oder aus. Erkennbar ist dies zum einen an einem Haken hinter dem Text *Wecken* (gesetzt bei Aktivierung **(3)**) und die blaue LED erlischt, wenn ein Alarm gesetzt ist.

Das Gehäuse

Da mir zwei 3D-Drucker zur Verfügung stehen, bot es sich an, ein passendes Gehäuse zu drucken. Dabei war es mir wichtig, dieses nicht allein als Verpackung der Elektronik zu gestalten, sondern auch die Bedienbarkeit zu berücksichtigen. So habe ich auf der Rückseite eine Griffmulde eingeplant und die Oberseite schräg ausgelegt, um die Einstellungen des Weckens und Alarmierens möglichst bequem vornehmen zu können **10**. Tatsächlich lässt sich die Einstellung damit sehr komfortabel vornehmen.

Die Elektronik ist auf dem Boden fixiert, der dann an das Gehäuse geschraubt wird. Im Gehäuse sind dazu genügend kleine Bohrungen vorgesehen, in die mit einem M3-Gewindebohrer oder notfalls direkt mit den Schrauben ein Gewinde hineingeschnitten werden kann. Das Gehäuse ist auch groß genug geplant, um alle Bauteile ohne anstrengende Filigranarbeiten unterbringen zu können oder Erweiterungen einzubauen.

Mit der Zeit werden Updates des Sketches erforderlich sein (siehe Abschnitt *Erweiterungen*), dann macht es natürlich wenig Sinn, das Gehäuse wieder aufzuschrauben, um den USB-Stecker mit dem ESP-Modul zu verbinden. Also plante ich auf der rechten Seite gleich eine passende Aussparung ein, die das ermöglicht. Ebenfalls auf dieser Seite befindet sich im hinteren Bereich die Buchse für die Stromversorgung, dies zeigt Abbildung **11**.

Die Einrahmungen der Bedienfelder sowie die Beschriftung auf der Oberseite sind erhaben ausgelegt, um die Funktionen übersichtlich anzuordnen und die Bedienung zu vereinfachen.

Um das Gehäuse schnell und ohne den Einsatz von Stützmaterial druckbar zu machen, sind alle Öffnungen und Bohrungen mit einer Minimalwandstärke von 0,4mm konstruiert worden. Im *Slicer* wird dann nur ein Perimeter (eine Extrusionsbreite) generiert. Falls Sie eine stärkere Druckerdüse verwenden, so kontrollieren Sie, ob Ihr Slicer diese Wände auch erzeugt. Diese dünnen Wände lassen sich dann leicht mit passenden Bohrern oder für das LCD-Display mit einem scharfen Messer herausarbeiten.

Die STL-Druckdateien für Gehäuse und Boden sowie eine CAD-Datei im *STEP*-Format können über den Link in der Kurzinfo heruntergeladen werden.

Die Uhr in der Praxis

Das Erste, was mein Sohn nach der Übergabe machte, war, die erhabene Schrift mit einem schwarzen Edding zu markieren. Eine sehr gute Idee, denn dadurch wurde sie deutlich besser Iesbar wie im Titelbild des Artikels gut zu sehen. Die beiden Rahmen zusätzlich weiß zu markieren, würde die Optik wahrscheinlich noch weiter aufwerten.

Zur eingestellten Weckzeit hört man ein akustisches Signal aus dem Summer. Der Ton ist so eingestellt, dass er trotz scheinbar geringer Lautstärke sehr eindringlich daherkommt. Um das Risiko eines Fehlalarms zu minimieren, wird zusätzlich eine Minute lang vor dem Versand der Alarm-SMS ebenfalls durch einen eindringlichen Ton gewarnt. Erfolgt in diesem Zeitraum keine Deaktivierung, so geht die SMS zum eingestellten Zeitpunkt auf die Reise und der Warnton stellt sich wieder ab.

Erweiterungen

Grundsätzlich freute sich mein Sohn über die Uhr, doch wartete er nach der Inbetriebnahme mit Verbesserungsvorschlägen auf.

So käme der Weckton derart aufdringlich daher, dass er bereits genervt aufstehen



würde. Das kann ich nachvollziehen, es ist auch nicht jedermanns Geschmack, mehr oder weniger durch Lärm aus dem Schlaf gerissen zu werden. Wir haben uns darauf geeinigt, zukünftig über eine SD-Karte Musik abspielen zu lassen.

Weiterhin hätte er es sich gewünscht, dass die Alarmfunktion an das Wecken gekoppelt wäre. Auch das macht durchaus Sinn. Ich überlege, ob man nicht beide Möglichkeiten eröffnen sollte. Über ein Menü auf dem LCD ließe sich so eine Einstellung vornehmen, die eine Kopplung oder Entkopplung vorsieht.

Ein weiterer Punkt, der mir einfiel, war die Möglichkeit, die Deaktivierung des Alarms auch von unterwegs übers Handy vornehmen zu können; eine Idee, die meinen Sohn ebenfalls überzeugte. Denn in der Praxis kann es durchaus sinnvoll sein, die Alarmfunktion auch unabhängig vom Wecken zu nutzen. So bleibt zusätzlich unterwegs die Möglichkeit, einen Fehlalarm zu vermeiden. Realisieren lässt sich dies über einen asynchronen Webserver, der bereits grundsätzlich funktioniert, aber noch nicht in den Sketch der Alarmuhr eingebunden ist. Denkbar wäre auch der Weg über einen Webhook und IFTTT. Es bleibt also noch genug zu tun und Gründe, zukünftig über die Weiterentwicklung an dieser Stelle oder in meinem GitHub zu berichten, ergeben sich folglich auch.

Die Grundidee dieses Projektes lässt sich in vielerlei weiterer Hinsicht anwenden. Nicht allein für Personen kann er lebenswichtig werden. So können damit genauso Überwachungsfunktionen (*Watchdog*) an Maschinen, Geräten oder Häusern auf vielfältige Weise umgesetzt werden. Mit ein wenig Fantasie werden die Leser gewiss reichlich Ideen entwickeln können! —*caw*





Oxocard Minis Spielend programmieren lernen

Die Oxocards sind kleine programmierbare Computer, die mit einem frischen Programmierkonzept und umfangreicher Softwarebibliothek aufwarten. Die kreditkartengrossen Platinen sind in drei Varianten erhältlich, die Galaxy-Karte für Gamer:innen, die Artwork richtet sich an Künstler:innen und wer sich mehr für Sensorik interessiert, wird die vielen Sensoren der Science-Karte sehr zu schätzen wissen.

Steckt man die Karten via USB-C an eine Stromquelle, kann man sofort loslegen und die verschiedenen Demos und Spiele starten. Hierbei muss nichts installiert oder konfiguriert werden, da die Platinen, im Gegensatz zu den meisten anderen ESP32-Boards, bereits mit einer vorinstallierten Firmware geliefert werden.

Darunter finden sich auch Adaptionen bekannter Games, u.a. Asteroids, Frogger und Bubble. Wer sich mehr fürs Raumklima interessiert, wird mit der Science-Karte viel Freude haben. Die Karte enthält neben Temperatur-, Druck-, Feuchte- und Lichtsensor auch ein Mikrofon und einen VoC-Detektor. Damit können flüchtige Kohlenstoffverbindungen gemessen werden, wie sie in vielen Lösungsmitteln vorkommen. Dank ausgeklügelter Algorithmen kann dieser Sensor zudem auch einen berechneten CO2-Wert, sowie den aktuellen Ethanolgehalt in der Luft bereitstellen. Auch beim Mikrofon interpretieren eingebaute Algorithmen die Daten und stellen Maker:innen fertig aufbereitete Dezibel- und Frequenzdaten zur Verfügung.

Programmierbare Karte ohne Installationsaufwand

Wer sich bereits mit embedded Controllern rumgeschlagen hat, weiss, wie mühsam es teilweise sein kann, ein Board in Betrieb zu nehmen. Meistens muss man dazu Software installieren, Bibliotheken laden und Konfigurationen anpassen. Dies schreckt viele Einsteiger:innen ab. Auch fehlen häufig sinnvolle Beispiele, auf denen man aufbauen kann.

Bei den Oxocards ist alles einfacher: Sobald die Karte im WLAN ist, startet man im Browser die Seite editor.oxoscript. com und kann sofort in einer umfangreichen Sammlung fertiger Beispiele rumstöbern. Positiv ist vor allem, dass alle Beispiele mit komplettem Source-Code bereitstehen, sodass auch erfahrenere Entwickler:innen auf Ihre Kosten kommen. Wer möchte nicht gerne mal hinter die Kulissen schauen, und sehen, wie Profis Games entwickeln oder wie man einen Sensorwert auf einer analogen Skala darstellt?

Konstanteneditor, Debugging und mehr

Programmiert wird in einer optimierten Scriptsprache, die sich an Python orientiert und den Spagat zwischen Einfachheit und Geschwindigkeit





kreditkartengroße Mini-Computer mit Display, Taster und Sensorik

schafft. Dank dieser und einer umfangreichen 2D- und 3D-Grafikbibliothek, die sich am bekannten Processing-Projekt orientiert, bietet die Oxocard eine enorme Funktionalität an, die viel Spass macht. Besonders zu erwähnen ist der Debugger. Damit kann ein Programm direkt zur Laufzeit auf der Karte Schrittfür-Schritt beobachtet und verstanden werden. Gerade Anfänger:innen profitieren davon, da damit grundlegende Konzepte wie Schleifen, Bedingungen, Funktionen und Variablen sichtbar werden.

Wer noch gar keine Programmier-Erfahrung hat, kann den Code auch über Schieberegler verändern. Viele der eingebauten Beispiele liefern so auf verblüffend einfache Weise komplett andere Ergebnisse.

Was kann man damit anstellen?

Die vielen Beispiele laden zum Stöbern, ausprobieren, hinterfragen und lernen ein, sodass man rasch vergisst, wie schnell die Zeit vergeht. Wer eine Powerbank rumliegen hat, hat im Nu eine mobile Spielkonsole mit fertigen Games gebastelt. Wer sich die etwas teurere Oxocard Science leistet, kriegt einen fertigen Raumsensor mit über 13 Sensorwerten – man muss nichts programmieren und kann diesen sofort nutzen. Man kann aber jederzeit alles mit Hintergrund anschauen und mit wenig Aufwand ändern.

Wer sich gerne etwas intensiver mit Programmieren auseinandersetzen möchte, aber noch keinen guten Zugang gefunden hat, findet mit den Oxocards genau den richtigen Einstieg. Die Karten sind ein super Gadget für Maker:innen ab 14 Jahren und eine tolle Geschenkidee zu Weihnachten.

Jetzt im Heise-Shop bestellen:



www.oxocard.ch



Ping-Pong-Trainingsroboter

Tischtennis beinhaltet alles, was ein gutes Freizeitspiel ausmacht: Geschick und Bewegung, Wettbewerb und Spaß, Action und Geselligkeit. Wenn letztere einmal ausfällt, hilft unser Ping-Pong-Trainingsroboter, der automatisch Bälle in wechselnde Richtungen verschießt.

von Benno Lottenbach


enerell üben Bälle und Kugeln eine starke Faszination auf Kinder und Jugendliche wie auch auf Erwachsene aus. Sie vermitteln physikalische Gesetze auf anschauliche Art und wecken gleichzeitig den Spieltrieb. Meine Familie ist regelrecht Ping-Pong-verrückt, und ich verbringe jeden Sommer mit meiner Frau und den Kindern viele Stunden mit Tischtennis. Also habe ich mir überlegt, wie diese Begeisterung in ein Bastelprojekt für die ganze Familie übertragen werden kann. Als Resultat entstand ein Ping-Pong-Trainingsroboter, der die Bälle in actionreichen Varianten den Spielenden zuschießt. Ein großer Spaß für die ganze Familie, sowohl während der Bauphase als auch beim anschließenden Spielen!

Anlass und Idee

Ich startete das Projekt mit dem Projektteam – meinen Kindern – mit einer gemeinsamen Besprechung der Anforderungen. Erwartungsgemäß klafften die Vorstellungen weit auseinander: Während die Kinder der Fantasie freien Lauf ließen, war ich als Vater und Projektverantwortlicher eher mit dem Blick für das Machbare unterwegs. In mehreren Iterationen entstand schließlich eine ausgearbeitete Version eines Ping-Pong-Trainingsroboters, der das Zuschießen von Bällen in vorgegebene oder zufällige Richtungen in frei wählbaren Intervallen beherrscht.

Bei der Aufbereitung dieses Projekts war mir wichtig, dass sich der Nachbau einigermaßen einfach gestaltet und zumindest einige Bauphasen auch von Kindern respektive Jugendlichen unter Anleitung eines Erwachsenen vollzogen werden können. Bei der Konstruktion habe ich beispielsweise darauf geachtet, dass die einzelnen Bauteile mit einfachen Schraubverbindungen zusammengesetzt werden können. Ebenso sollten sich die Lötarbeiten weitgehend auf die Grundtechniken des Lötens beschränken. Um die Elektronik möglichst einfach zu halten, wollte ich statt individuell angefertigter Platinen elektronische Standardkomponenten und Module verwenden. Die 3D-gedruckten Bauteile wieder-

Kurzinfo

» Bau eines Ping-Pong-Roboters als Familienprojekt
 » Bauteile aus dem 3D-Drucker

» Steuerung mit Arduino Nano und Motortreibermodulen



um sollten problemlos zu drucken sein, ohne dass komplizierte Einstellungen im Slicer notwendig wären oder spezielle Druckmaterialien verwendet werden müssen.

Zudem sollte auch die Bedienung des Roboters dem Prinzip *Keep it simple* folgen: Statt aufwändigen User Interfaces mit Display, Auswahlknöpfen und vielschichtigen Menüs habe ich mich für einfache, aber stylische Kippschalter und Drehregler entschieden, deren Bedienung selbst für kleinere Kinder intuitiv ist. Selbstverständlich galt es auch, die Kosten und Verfügbarkeit der Komponenten im Auge zu behalten. Ich wollte einen Ping-Pong-Trainingsroboter konstruieren, der deutlich günstiger als fertig kaufbare Geräte war und deren Bauteile in Anbetracht der aktuellen Lage innerhalb vernünftiger Zeit beschafft werden können.

Konstruktion

Ganz generell vertrete ich die Meinung, dass beim Konstruieren in der frühen Entstehungsphase eines Projekts erstmal die Kriterien der Mach- und Druckbarkeit beiseite gelassen werden sollten, um den Kreativitätsfluss nicht zu stören; eine sprudelnde Fantasie sollte nicht durch technische Einschränkungen gehemmt



Ein motorbetriebener Stern fördert die Bälle aus dem Korb in die bewegliche Abschussvorrichtung, wo sie von zwei Motoren beschleunigt werden. Geschwindigkeit, Back- und Topspin lassen sich einstellen.



Einprägungen erleichtern das Anbringen von Deko-Elementen.

werden. Erst in einer späteren Phase achte ich jeweils auf Machbarkeit und Variationen durch verschiedenfarbige Bauteile und passe die Konstruktion dann entsprechend an.

Damit die Klebearbeiten der Deko-Elemente von kleinen oder großen Bastelhänden einfacher und schneller durchgeführt werden können, habe ich die entsprechenden Leimflächen als Vertiefung quasi "eingraviert". Dadurch ist die Platzierung der Gestaltungselemente deutlich einfacher. Zudem reichen meist ein paar kleine Tropfen Kunststoffkleber für eine ausreichende Klebekraft, da die Kanten der Elemente durch die Vertiefungen geschützt sind.

Bei den Abschussrädern stellten sich gleich einige unerwartete Herausforderungen in den Weg. Neben der Druckbarkeit musste die Befestigung auf der Welle der Motoren sowie die auftretenden starken Zentrifugalkräfte



Mit der Nahtposition "Hinten" und einer Drehung des Bauteils um 45° in der Z-Achse wird die Naht auf die Bauteilkante gelegt.

Arachne

berücksichtigt werden. Die Lösung bestand am Ende darin, das Rad in drei Teile zu zerlegen und diese Teile fest miteinander zu verschrauben. Ursprünglich wollte ich hierzu Senkkopfschrauben verwenden. Mit der mir selbst auferlegten Standardschraubenlänge von 8mm für den Zusammenbau war das aber schlicht nicht zu schaffen. Nicht weiter schlimm, Zylinderkopfschrauben passen auch. Beim Drucken sollten dadurch jedoch unter den Versenkungen der Schraubköpfe Stützen aktiviert werden, um ein sauberes Bohrloch zu erhalten.

Druck der Bauteile

Um alle Bauteile ausdrucken zu können, benötigt man einen FDM-Drucker, der einen Druckraum von 200mm in allen Richtungen aufweist. Mit einem original Prusa i3 MK3s zum Beispiel gelingt das ganz gut. Als Druckmaterial empfehle ich das einfach zu druckende und relativ günstige PLA. Insgesamt wird ca. 1kg Filament benötigt, wobei sich diese Menge je nach Bedarf auf unterschiedliche Farben aufteilt. Bei den innenliegenden Teilen können auch Filamentreste verwertet werden, ohne das äußere Gesamtbild des Ping-Pong-Trainers zu beeinträchtigen.

Wer den Druck der Bauteile mit dem *PrusaSlicer* vorbereiten möchte, kann von den zur Verfügung gestellten 3MF-Dateien profitieren und sich damit die Parametrierarbeit ersparen (siehe Link im Info-Kasten). Kinder und Jugendliche, die das mechanische Handling von 3D-Druckern beherrschen, können somit relativ einfach die Bauteile selbst *slicen* und ausdrucken.

Alle Bauteile lassen sich mit der 0,4mm-Standarddüse drucken. Die korrekte Ausrichtung aller Bauteile auf der Druckplatte ist in der online zur Verfügung gestellten detaillierten Bauanleitung (siehe Link im Info-Kasten) mit Hilfe von Screenshots dokumentiert. Mit Ausnahme des Rades habe ich alles mit 0,3mm Layer-Höhe gedruckt und weitgehend die Standardeinstellungen des PrusaSlicers verwendet. Grundsätzlich lässt sich alles ohne Stützen drucken, sofern die Bauteile korrekt auf dem Drucktisch platziert werden. Eine Ausnahme bilden hier die Bohrlöcher des Servoarms und des Rades, welche für optimale Druckergebnisse ein wenig gestützt werden sollten.

Besonderes Augenmerk richte ich beim Drucken jeweils auf die Z-Nähte, die je nach Filament und Objekt mehr oder weniger störend in Erscheinung treten können. Am wenigsten sichtbar sind diese Nähte, wenn diese auf einer Kante zu liegen kommen – also hinten platzieren.

Etwas speziell ist der Druck der Blende für die Schublade. Nach allen Regeln der 3D-Druck-Kunst würde man dieses Bauteil liegend drucken. Da das Bauteil aber einen fast unsichtbaren Schlitz aufweist, in welchen später

Umfangsgenerator:

ein Papier mit den Bedienelemente-Labels eingeschoben wird, muss diese Schubladenblende stehend gedruckt werden. Nur so lässt sich sicherstellen, dass sich die Wände des Schlitzes nicht berühren und das Papier später Platz findet. Da die Auflagefläche beim Drucken in stehender Position eher klein ist, sollte das Bauteil für bessere Haftung mit einem Rand (Brim) gedruckt werden.

Die Ausrichtung auf dem Druckbett ist auch bei den Motorschalen von Relevanz. Diese weisen auf der einen Seite eine halbkreisförmige Aussparung für die Motorwelle auf. Es ist wichtig, dass diese Seite auf dem Druckbett liegt. Die gegenüberliegende Seite (ohne Aussparung) kann vom Drucker in der Regel problemlos überbrückt werden, so dass keine Stützen notwendig sind.

Beim Drucken der Teile für das Rad, welches insgesamt zweimal erforderlich ist, druckte ich mit Layer-Höhen von nur 0,15mm. Der Grund liegt bei dem beim Zusammenbau notwendigen Einquetschen des O-Ringes (Reibrad): Die Radkante, welche den O-Ring in der Nut halten soll, wird dadurch etwas weiter nach oben gezogen. Da zwei Oberflächen des Rades später aufeinander zu liegen kommen, habe ich zusätzlich die Option *Bügeln* aktiviert, zu finden im PrusaSlicer 2.5 unter *Infill*. Dadurch wird die Oberfläche der Bauteile beim Drucken glattgestrichen, damit diese beim späteren Zusammenbau schön plan aufeinanderliegen.

Elektronik

Eine Liste aller elektronischen Bauteile inklusive Link für den Bezug ist, wie auch die ausführliche Anleitung zum Zusammenbau, unter dem Link im Info-Kasten zu finden. Ebenso befindet sich dort eine detaillierte Tabelle mit Angaben, welche elektronischen Bauteile auf welche Art mit welchem Bauteil verkabelt werden müssen. Hierzu sind einfache Lötarbeiten erforderlich, welche sich hauptsächlich auf das Verlängern von Kabeln und dem Anlöten von Kabeln an die Bauteile beschränken.

Jugendliche, die einfache Löttechniken beherrschen, dürften mit dieser tabellarischen Anleitung und unter Begleitung eines Erwachsenen gut zurechtkommen. Besonderes Augenmerk ist beim Anlöten der Kabel an den Mikroschalter geboten, der dem Arduino das Vorhandensein eines Balls in der Abschussvorrichtung mitteilt: Da der verfügbare Platz im gedruckten Adapter knapp ist, müssen die Kabel "nach hinten" und nicht "nach unten" angelötet werden. Es hilft, wenn das entsprechende Bauteil vor dem Löten begutachtet wird und auch die Bilder in der Bauanleitung studiert werden.

Für die elektronische Steuerung des Ping-Pong-Trainers habe ich mich für einen Arduino Nano entschieden. Um alle Schalter, Regler und Sensoren an den Mikrocontroller an-



Die auf Papier ausgedruckten Labels lassen sich in einen Schlitz oberhalb der Schubladenblende einfügen.



Die Steckplätze des aufgelöteten Schraubterminals sollte man beschriften, da die originalen Labels durch das Terminal verdeckt werden.

schließen und das Ganze in der Schublade des Roboters festschrauben zu können, nutze ich zusätzlich einen *Nano Expansion Prototyp Shield*, der die Verdrahtungsarbeiten deutlich vereinfacht. Mit dem Einsatz dieses Shields sind automatisch auch genügend GND- und 5V-Pins verfügbar, die für die restlichen elektronischen Komponenten benötigt werden. Da der Trainingsroboter eher im Außenbereich zum Einsatz kommt, wollte ich eine kabellose Energieversorgung. Ich entschied mich für den Einsatz von AA-Batterien respektive wiederaufladbaren AA-Akkus, die inklusive Ladegerät mittlerweile wohl in jedem Familienhaushalt zu finden sind. Sechs Stück dieser Akkus zu je 1,2 Volt ergeben 7,2 Volt,





Die gesamte Elektronik samt Richtungs-Servo wird wartungsfreundlich in einer Schublade untergebracht. Das Richtungs-Servo befindet sich ganz oben links (nicht im Bild).

welche vom internen Spannungswandler des Arduino Nano auf die notwendigen 5 Volt konvertiert werden können.

Aus mir unverständlichen Gründen fehlt leider auf dem Prototyp-Shield ein Steckplatz für den V_{in}-Pin des Nano. Um also die von den Batterien beziehungsweise Akkus gelieferte Spannung an den V_{in}-Eingang anzulegen, habe ich ein 4-Pin Schraubterminal an der entsprechenden Stelle angelötet. Da dadurch die Beschriftung der Eingänge auf dem Board abgedeckt werden, empfiehlt es sich, die Eingänge auf dem Schraubterminal zu beschriften.

Motoren und Spannungswandler

Die verwendeten Motoren sind ausgelegt auf 12 Volt (Motor der Ballzufuhr) respektive 24 Volt (Abschussmotoren). Dazu gleich mehr. Mit dem StepUp-Converter MT3608 kann die an den Anschlüssen V_{IN+} und V_{IN} angelegte Spannung der Akkus/Batterien auf die zulässigen 24 Volt hochkonvertiert werden. Zum Abgleich der Ausgangsspannung nutzt man die kleine Stellschraube auf dem StepUp-Converter und ein Multimeter, das an die Ausgänge V_{OUT+} und V_{OUT-} des Converters angelegt wird. Die Stell-



Um die Software auch bei geschlossener Schublade auf den Mikrocontroller laden zu können, hat die Schubladenblende eine kleine Aussparung für das USB-Kabel.

schraube wird einfach so lange gedreht, bis das Multimeter eine Ausgangsspannung von etwa 24 Volt anzeigt.

Zwei Motortreibermodule mit dem Schaltkreis L298N regeln die drei Gleichstrommotoren unseres Projektes. Die durch den StepUp-Converter erzeugten 24 Volt werden einfach an die Anschlüsse VCC und GND der Motortreiber angelegt und die Motoren an den Ausgängen Out 1/Out 2 respektive Out 3/Out 4 angeschlossen. Die Anschlüsse IN1 bis IN4 werden jeweils mit dem Mikrocontroller verbunden, womit dieser die Drehrichtung der Motoren bestimmen kann. Ebenso wichtig aber ist, welche Spannung an den Motoren anliegen soll, welche schließlich die Drehzahl bestimmt. Über die Pins ENA und ENB des Motortreibers kann der Arduino Nano mit Hilfe von Pulsweitenmodulationen die Leistung der Motoren bestimmen. Da der für die Ballzuführung zuständige Motor 12V benötigt, werden die 24V per PWM mit 50 Prozent Pulsweite abgesenkt.

Die Logik des Motortreibermoduls benötigt 5V, die einfach vom 5V-Ausgang des Mikrocontroller-Moduls abgezapft werden. Achtung: Vom Motortreibermodul L298N gibt es eine rote und eine grüne Variante. Für das Projekt wurde die rote Version genutzt. Alle standardmäßig gesetzten Jumper auf diesem roten Motortreibermodul müssen vor der Verkabelung der Elektronik entfernt werden!

Software

Die Software für den Ping-Pong-Roboter liegt ebenfalls unter dem angegebenen Link zum Download bereit. Sie wird auf die übliche Weise mit der Arduino-IDE kompiliert und hochgeladen. Zu beachten ist, dass vorher zwei Libraries heruntergeladen und installiert werden müssen: Die Library *Servo* enthält alle Funktionen zur Steuerung des Servomotors und die Library *Toggle* erleichtert das Auslesen von Tastern und Schaltern.

Der zur Verfügung gestellte Arduino-Sketch ist in sich vollständig und bedarf, sofern dieselben Komponenten gemäß Materialliste verwendet werden, eigentlich keiner Anpassung. Da die Pole der Motoren jedoch vielfach schlecht lesbar oder gar nicht beschriftet sind, dürften bei einigen fleißigen Makern die Motoren bei Inbetriebnahme des Ping-Pong-Trainers in die falsche Richtung drehen. Das kann man hardwareseitig durch Umpolen der Motoren beheben, anderseits kann die Drehrichtung auch im Arduino-Sketch durch Setzen von Parametern umgedreht werden. Hierzu sind die entsprechenden Variablen vMB1Invert, vMA1Invert oder vMA2Invert in den Codezeilen 58, 66 oder 74 je nach Motor auf true zu setzen. Weitere Parameter der Software sind im Anhang der detaillierten Bauanleitung sowie direkt im Sketch als Kommentar dokumentiert.

Zusammenbau

Endlich kann es nun an den Zusammenbau aller Komponenten gehen: Kindern, die mit einem Schraubendreher umgehen können, dürfte das nicht allzu schwerfallen. Beim Zusammenbau werden, von ein paar Ausnahmen abgesehen, Schrauben mit M3-Gewinde und einer Länge von 8mm verwendet. Als Gegenstück kommen Vierkantmuttern zum Einsatz, die meistens in dafür vorgesehene Schlitze geschoben werden. Achten sollte man auf die Schraubenköpfe: An einigen Stellen sind Senkkopfschrauben, an anderen Stellen Zylinderkopfschrauben vorgesehen. Die detaillierte Bauanleitung nennt jeweils die zu verwendenden Schrauben.

Mit den Klebearbeiten sollte man beginnen, sobald die entsprechenden Bauteile gedruckt sind. Während der Kleber aushärtet, kann man sich dann getrost den Lötarbeiten widmen und nebenher die restlichen Bauteile drucken. Achtung: Zwei Deko-Bauteile sind beinahe identisch. Sie unterscheiden sich nur durch eine kleine Kerbe. Jenes Deko-Bauteil mit der Kerbe muss auf der Vorderseite am Ausgang der Schussvorrichtung angebracht werden.

Etwas speziell ist sicherlich die Lagerung der Motoren, die für das Schießen der Bälle verantwortlich sind. Hierzu ist ein gewisser Anpressdruck der Räder notwendig. Für eine elastische Lagerung werden die Motoren mit einem Stück Gummi aus einem alten Fahrradschlauch umwickelt. Mit Hilfe der Gummi-Umwicklung kann je nach verwendetem Motor die Position des Rades zum Ball und damit die Schusseigenschaft optimiert werden. Meine Tests ergaben, dass bei den von mir empfohlenen Motoren eine Umwicklung von 2mm Dicke optimal ist. Wer keinen alten Fahrradschlauch griffbereit hat (gäbe es bei jedem Fahrradhändler), kann natürlich auch andere elastische Materialien wie Schaumstoffstreifen verwenden

Zum Zusammenbau gehört auch die Verkabelung der elektronischen Komponenten und der Bedienelemente. Hierzu ist ebenfalls gemäß dem tabellarischen Verbindungsplan vorzugehen, der bereits für die Lötarbeiten benutzt wurde. Zentral für ein korrektes Funktionieren des Ping-Pong-Trainers ist die Position des Servoarms auf dem Servo und das Schließen der Schublade danach. Wenn alles verkabelt und der Arduino Sketch hochgeladen wurde, positioniert sich

PingPongTrainer Arduino 1.8.13		
Datei	Bearbeiten Sketch Werkzeuge Hilfe	
0		
Pin	gPongTrainer Functions	
53	<pre>// Motor B1 (Backspin) deklarieren</pre>	
54	#define cMB1Pin 3	
55	#define cMB1In1Pin 2	
56	<pre>#define cMB1In2Pin 4</pre>	
57	#define cMB1Throttle 0.50	
58	<pre>bool vMB1Invert = false;</pre>	
59	<pre>byte vMB1State = LOW;</pre>	
60		
61	<pre>// Motor A1 (Topspin) deklarieren</pre>	
62	#define cMA1Pin 11	
63	#define cMA1In1Pin 10	
64	#define cMA1In2Pin 9	
65	#define cMA1Throttle 0.50	
66	<pre>bool vMA1Invert = false;</pre>	
67	<pre>byte vMA1State = LOW;</pre>	
68		
69	<pre>// Motor A2 (Ballzuführung) deklarieren</pre>	
70	#define cMA2Pin 6	
71	#define cMA2In3Pin 7	
72	#define cMA2In4Pin 8	
73	#define cMA2Throttle 0.50	
74	<pre>bool vMA2Invert = false;</pre>	
75	<pre>byte vMA2State = LOW;</pre>	
76	<pre>unsigned long vLastMotorstart = 0;</pre>	

In den Parametern für die Motoren lässt sich die Drehrichtung festlegen und die Motorleistung drosseln.



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





Die Motoren werden erst mit einer Gummiummantelung von ca. 2mm Dicke versehen und anschließend mit dem aufmontierten Rad und zwei Gummibändern in den Motorschalen befestigt.



Wichtiges Schubladen-Detail: Der Servoarm muss so auf das Servo montiert werden, dass sich dieser nach dem Einschalten in der Mittelposition befindet.

beim Einschalten der Servo in der Setup-Sequenz des Sketches in der Mittelposition. Man hört dies durch ein deutliches Surren des Servomotors.

Den Abschluss der Sequenz erkennt man durch ein dreifaches Blinken der internen LED auf dem Arduino Nano. Da der Servomotor nun in der Mittelposition ist, kann der Servoarm auf die Welle des Motors geschraubt werden. Dabei sollte natürlich beachtet werden, dass sich die Welle beim Aufschrauben des Servoarms nicht wieder verdreht und der Servoarm senkrecht zum Bedienpanel/zur Schubladenblende zeigt.



Durch den Akku-Betrieb mit sechs AA-Zellen arbeitet der Ping-Pong-Trainer netzunabhängig.

Wurde das korrekt durchgeführt, positioniert sich der Servoarm beim Einschalten des Roboters immer in der Mittelposition. Zum Schließen der Schublade muss das bewegliche Abschussrohr ebenfalls in der Mittelposition gehalten werden, erst dann darf man die Schublade schließen. Grund ist die mechanische Kupplung durch die zylinderförmige Noppe auf dem Servo-Arm, der nur in dieser Position in den Schwenkmechanismus einrastet.

Bedienung

Nun kann der Spaß losgehen: Man füllt den Korb mit einigen Tischtennisbällen und positioniert den Ping-Pong-Trainer auf der einen Seite des Tischtennistisches. Nach dem Einschalten beginnt die Start-LED zu blinken. Die Frequenz, mit welcher die LED leuchtet, zeigt das ungefähre Schussintervall der Bälle an. Mit Hilfe der Drehregler können Schussintervall und Schussdistanz angepasst werden.

Der Drehregler für die Drallrichtung bestimmt, wie stark die Bälle mit Vorwärtsdrall (Topspin) respektive Rückwärtsdrall (Backspin) geschossen werden. Mit den drei Kippschaltern für die Schussrichtung wählt man, wie zu erwarten, die Richtung der Schussabgabe. Sind die Kippschalter oben, wird die entsprechende Richtung der Reihe nach angefahren. Sind alle Kippschalter unten, gilt das Zufallsprinzip.

Schließlich kann das Spiel durch Drücken der Starttaste gestartet werden. Der Ping-Pong-Trainer wartet einige Sekunden mit der ersten Schussabgabe, damit sich der Spieler an der gegenüberliegenden Tischseite in Position bringen kann. Die Ballabgabe stoppt, sobald der Korb leer ist oder die Starttaste erneut gedrückt wird. Wer lieber mit hohen oder flachen Bällen trainieren möchte, kann das Mittelstück des Bogenrohrs mit wenigen Handgriffen durch ein anderes ersetzen. Dem geneigten Maker und den Mitspielern werden sicher noch weitere Ideen zu Modifikationen kommen, was Stoff für viele angeregte Diskussionen und Fachsimpeleien bietet. —cm

Ein Veranstaltungsformat der Make:

C



Maker Faire

Das Format für Innovation & Macherkultur

Die nächsten Events



ker-faire.de

Die Macher der Maker Faire

Deutschlands größtes und wichtigstes Maker-Treffen wird von einem kleinen Team unseres Verlages, der Maker Media GmbH, organisiert. Wir stellen euch das Zweier-Team in einem Interview vor.





von Daniel Bachfeld



Wir von der Make-Redaktion sorgen dafür, dass regelmäßig alle zwei Monate ein neues Make-Magazin erscheint. Doch es gibt nicht nur das Magazin und die Make-Redaktion. Anderen Aktivitäten wie die Maker Faire werden zumeist von unserem Team *Make Events* geplant und durchgeführt. Wir nennen sie gerne *Die Fairies*, ein Wortspiel zwischen Faire und Fairy. Das kleine Team, bestehend aus Daniel Rohlfing und Kristina Fischer, ist vielseitig engagiert. Wir haben die beiden mal zur ihren Aufgaben rund um die Maker Faire befragt.

Make: Euer größtes Projekt ist die jährliche Maker Faire Hannover. Wie war es in diesem Jahr für euch?

Kristina: Es war ein unbeschreiblich schönes Gefühl, dass wir am 10. September nach drei Jahren endlich mal wieder ein rotes Band am Hannover Congress Centrum durchschneiden konnten, um die achte Maker Faire Hannover zu eröffnen.

Daniel: Die Vorbereitungen zur Veranstaltung waren jedoch noch nie so anstrengend. Wir hatten an vielen Stellen gut zu kämpfen. Irgendwie kam es uns vor, als wenn alle verlernt hätten, was es zu einer Messevorbereitung bedarf. Vielleicht lag es aber auch nur daran, dass wir nahezu überall neue Ansprechpartner hatten, welche die Maker Faire nur vom Namen kannten. Dazu unglaubliche Preissteigerungen, zu Beginn ein ausbleibendes Sponsoring und auch die Anzahl der Maker-Anmeldungen ließen über Monate zu wünschen übrig. Zu groß war noch die Verunsicherung.

Make: Davon dürften die wenigsten auf der Maker Faire etwas mitbekommen haben. Für die meisten war es eine erfolgreiche und gelungene Veranstaltung.

Kristina: Ja, danke. Am Ende waren es dann doch 200 Stände, unzählige großartige



Daniel und Kristina (ganz rechts) werden von vielen Helfern an den zwei Veranstaltungstagen unterstützt.

Maker-Projekte, zahlreiche spannende Vorträge, diverse Workshops und spektakuläre Highlights, sowohl im Außenbereich als auch in der *Dark Gallery*, unserer abgedunkelten Halle für Licht-Projekte. Die Hallen waren voll und unser Ziel erreicht. Alle waren happy.

Daniel: Die vielen positiven Feedbacks taten uns sehr gut. Wir haben es gemeistert und sind schon ein wenig stolz drauf.

Make: Was motiviert euch bezüglich der Maker Faire persönlich am meisten?

Kristina: Wie Daniel gerade schon sagte, die positiven Feedbacks auf jeden Fall. Ansonsten auch, dass wir mit unserer Arbeit ermöglichen können, dass Menschen mit den gleichen Interessen zusammenkommen und bei diesem Treffen eine solch positive Energie herrscht, sodass am Ende der Veranstaltung jeder mit einem Strahlen im Gesicht nach Hause geht – Aussteller wie Besucher.

Daniel: Da bin ich ganz bei Kristina. Bei mir sind es auch die leuchtenden Augen unserer Besucher beim Verlassen der Veranstaltung, voller Begeisterung. Besonders bei den Kindern. Das motiviert mich jedes Jahr aufs Neue, da ich damit die Bestätigung erhalte, dass ich etwas Sinnvolles mache. Zugleich legen wir Grundsteine für künftige Leser. Wer durch die Maker Faire inspiriert wird, dem bieten wir mit der Make nachhaltig viele spannende Projektideen.

Make: Und was war euer persönliches Highlight 2022?

Kristina: Mein persönliches Highlight war zum einen, dass wir endlich wieder eine

Veranstaltung in Präsenz durchführen konnten und zum anderen, dass ich schließlich die vielen Maker, von denen ich viele schon über Jahre kenne, wieder persönlich treffen und mich mit ihnen austauschen konnte. **Daniel:** Mein Highlight ist nicht ein einzelner Maker oder ein Projekt, hier fällt es einem schwer, sich zu entscheiden. Allgemein be-

"Die Maker Faire Hannover ist die größte Maker Faire in Deutschland und damit DER Treffpunkt der deutschen Maker Community. Da wegen Corona viele Veranstaltungen ausgefallen sind, hat es mal wieder richtig gut getan, sich zu treffen und auszutauschen!"

> (Andreas Kahler, Vorstand, FabLab München e.V.)

trachtet ist es wohl die sehr lockere Atmosphäre auf der gesamten Veranstaltung. Hier fühlt sich nahezu jeder aufgehoben und wohl – und das merkt man im Miteinander. Es herrscht kein Konkurrenzdenken vor, keine Ellenbogenmentalität. Jeder ist ansprechbar, hilft und teilt sein Wissen gerne. Persönliches Highlight war und ist es, dass meine beiden Töchter (6 + 2 Jahre) immer noch begeistert sind und mich regelmäßig fragen, wann sie das nächste Mal auf die Maker Faire dürfen. Sie können es kaum abwarten, wieder Zahnbürstenroboter zu basteln oder Makey zu knuddeln und die ganzen "Robotiere" (gemeint ist R2D2) zu treffen.

Make: In diesem Jahr gab es erstmals einen Lehrertag. Was hat es damit auf sich?

Daniel: An Schulen gibt es immer mehr Makerspaces. Einige Schulen präsentieren sich mit ihren Schülerprojekten auch als Aussteller auf der Maker Faire Hannover, Andere Schulen sind interessiert, was es mit einem schulischen Makerspace auf sich hat und immer mehr Lehrer interessieren sich für Maker-Projekte, die sie im Unterricht praxisnah einsetzen können. So haben sich beispielsweise über unsere Webseite Make Education nach kurzer Zeit über 2000 Lehrkräfte für die kostenfreien Angebote registriert. Mit unserem Angebot möchten wir Lehrer bei der kreativen und praxisorientierten Unterrichtsgestaltung in den naturwissenschaftlichen Fächern unterstützen. Den Bereich Make Education wollen wir nun ausbauen. Dazu zählte bereits die erste Lehrerkonferenz, die parallel zur Maker Faire Hannover mit über 80 Teilnehmern stattfand. Hier präsentierten Lehrer anderen Lehrern etwa, welche Wege sie gegangen sind oder es wurden auch Schülerprojekte von der KGS Pattensen vorgestellt.

Kristina: Als Ausklang gab es eine Podiumsdiskussion zu den Fragestellungen, ob Maker-Projekte zum Curriculum passen und wie man Rückhalt der Schulleitung bekommt, solchen Unterricht durchzuführen. Es ging



Am parallel zur Maker Faire stattfindenden Lehrertag tauschten sich rund 80 Lehrer rund um das Thema Make Education und Makerspaces in Schulen aus.

"Mein Sohn ist nun völlig angefixt. So viele tolle Projekte von engagierten Menschen vorgestellt. So geht MINT-Förderung. Der Lötkolben läuft nun heiß. Danke für diese klasse Aktion!"

(Jochen Springhorn, Besucher)

in dem Zusammenhang aber auch um das Thema Berufsorientierung. Den Lehrertag hatten wir zusammen mit dem NLQ (Niedersächsisches Landesinstitut für schulische Qualitätsentwicklung) und der Region Hannover veranstaltet. Die Teilnehmer kamen überwiegend aus Niedersachsen, wir konnten aber auch Lehrer aus angrenzenden Bundesländern begrüßen. Wir wollen das Format 2023 fortführen.

Make: Wir erhalten immer wieder die Frage, wie die Maker Faire finanziert wird. Wird die Maker Faire finanziell gefördert?

Daniel: Es gibt tatsächlich einen kleinen Zuschuss von der Region Hannover aus dem Team der Beschäftigungsförderung. Wenn ich die Personalkosten außen vor lasse, sind das in etwa fünf oder sechs Prozent der Gesamtkosten. Ansonsten müssen wir jedes Jahr aufs Neue versuchen, Firmen von einem Sponsoring der Community-Veranstaltung zu überzeugen und mit unserem Budget gut hauszuhalten. Dazu zählt es auch, die Werbemaßnahmen so zu platzieren, dass wir ausreichend Besuchertickets verkaufen. Mit der diesjährigen Teilnehmerzahl schafften wir es immerhin, die Re-Finanzierung der Maker Faire sicherzustellen. Was viele nämlich nicht wissen, 85% der Aussteller sind private Maker, die für ihre Teilnahme keine Standgebühr bezahlen. Von einer größeren Fördersumme, etwa von MINT-freundlichen Stiftungen oder von unserer jährlichen Schirmherrin aus dem BMBF, träumen wir auch weiterhin.

Make: Wer die diesjährige Maker Faire verpasst hat, wo kann man sich am besten informieren?

Kristina: Unsere Ausstellerliste (Meet-the-Makers) ist nach wie vor online. Zudem haben wir auf unserer Webseite maker-faire.de einige Fotos der Veranstaltung abgebildet und diverse Videos verlinkt. Unser offizielles Video ist hier ebenfalls zu finden, oder auch auf dem Make-YouTube-Channel (siehe Link oben). Dies spiegelt sehr gelungen die Veranstaltung wider und steigert zugleich die Vorfreude auf die nächste Maker Faire Hannover.

Daniel: Ich empfehle zudem unseren kostenfreien Maker-Faire-Newsletter zu abonnieren (siehe Link). Hier bleibt man nicht nur auf dem Laufenden in Sachen Maker Faire, sondern erfährt auch noch News, Termine und Tipps zu anderen Maker-Aktivitäten und Projekten im deutschsprachigen Raum.

Make: Gibt es denn schon Pläne für die nächste Maker Faire Hannover?

Kristina: Highlights stehen noch nicht fest, falls du das meinst. Ansonsten wollen wir die 200er-Marke an Ausstellungsständen gerne knacken. Der Call for Makers ist bereits geöffnet (siehe Link).

Daniel: Freut euch auf den 19. und 20. August und plant gerne schon jetzt eure Teilnahme ein. Den Besucherticket-Shop öffnen wir mit einem Early-Bird-Angebot pünktlich zum Erscheinen der nächsten Make-Ausgabe im Februar.

Make: Ihr macht aber nicht nur die Maker Faire Hannover. Was war sonst noch?

Daniel: In den zwei Jahren der Pandemie und des Verbots von Präsenz-Veranstaltungen haben wir einige neue Projekte konzipiert und zum Teil auch umgesetzt. Da gab es beispielsweise *Make Projects*, wo Maker ihre eigenen Projekte digital präsentieren konnten. Leider mussten wir das Experiment aufgeben, da



Laut der Besucherbefragung empfehlen 96% die Maker Faire Hannover weiter.

"Zwei Tage Maker Faire Hannover, sind wie zwei Wochen Urlaub auf den Seychellen. Warum ich jedes Jahr wiederkomme? Es macht wirklich Spaß und der beginnt schon mit dem Aufbau. Alles ist perfekt organisiert, es ist immer jemand da, den man ansprechen kann."

(Jochen Enderlein, Horatius Steam)

wir keinen Weg gefunden haben, damit Reichweite zu erzielen und Geld zu verdienen. Dann noch die erste digitale Maker Faire und auch die Entwicklung der Plattform Make Education für Lehrer. In diesem Jahr konzentrierten wir uns auf Workshop-Angebote und Kooperationen. Mit dem einen möchten wir gezielt einen Mehrwert für unsere Leser oder auch Schüler bieten, mit dem anderen unsere Bekanntheit am Markt erhöhen. Zum einen bei der eigentlichen Leserzielgruppe, zum anderen auch beim Nachwuchs.

Make: Im Frühjahr hattet ihr ein Webinar zum Thema EAGLE angeboten. Was steckte dahinter?

Kristina: Die Idee kam in einem Gespräch mit Michael Barabas vom dpunkt.verlag auf. Unser Referent war Prof. Dr. Francesco P. Volpe, Autor des Buches *Leiterplattendesign mit EAGLE*. Wir hatten das kompakte Webinar unseren Lesern für 99 Euro angeboten und es wurde ganz gut angenommen. "Die Maker Faire in Hannover war der perfekte Ort, um unser neu gegründetes Unternehmen und Produkte (Filamente aus Recyclingkunststoffen) das erste Mal zu präsentieren. Ein großes Lob an das Organisationsteam – wir sind nächstes Jahr wieder mit dabei."

(Alexander Datzinger, GF nobufil)

Make: Wird es weitere solcher Crash-Kurse geben?

Daniel: Das wissen wir noch nicht. Die Nachfrage nach Webinaren und digitalen Event-Formaten ist aufgrund des Wegfalls von pandemiebedingten Einschränkungen stark zurückgegangen. Ganz ausgeschlossen ist das aber nicht. Das hängt von den Bedürfnissen und dem Wissensdurst unserer Leser ab. Bei Bedarf darf man uns gerne anschreiben.

Make: Erstmalig bietet ihr außerhalb von Veranstaltungen die beliebten Makey-Löt-Workshops an. Was steckt dahinter?

Daniel: Das ist richtig. Die Stadtbibliothek Hannover ist derzeit dabei sich neu aufzustellen und möchte insbesondere im außerschulischen Angebot attraktiver werden. So suchte der neue Direktor nach regionalen Kooperationspartnern im MINT-Bereich. Im Rahmen eines Förderprojektes galt es Schülern handwerkliche Kompetenz zu vermitteln, die dem beruflichen Einstieg und späteren Werdegang in technisch und handwerklich versierten Berufsfeldern dienlich ist. Wir hatten dann unsere Löt-Workshops ins Spiel gebracht, die wir auf Maker Faires und in Schulen durchführen. Das stieß auf großes Interesse. Nebenbei wird vermittelt, wie ein Schaltkreis aufgebaut ist. Es entsteht ein Grundverständnis für eine Vielzahl von elektronischen Bauteilen. Es wurden bereits einige Workshops mit Schulklassen durchgeführt, weitere sind geplant. Der Zuspruch ist gut und die Feedbacks durchweg positiv. Wir können uns vorstellen, das Angebot eventuell auch außerhalb von Hannover anzubieten.

Make: Erstmals gab es eine Kooperation mit der Code Week Germany, die vom 8. bis 23. Oktober stattfand. Wie kam es dazu?

Daniel: Die Code Week Europe bringt seit 2013 einmal jährlich im Herbst Menschen aus ganz Europa zusammen und fördert mit praxisorientierten Lernangeboten das Verständnis für eine zunehmend digitalisierte Welt. Dazu gibt es allein in Deutschland über 1000 Aktivitäten in Form von bundesweiten Coding- oder Tüftel-Workshops. Die Code Week hat genau wie wir das Ziel, Begeisterung für den kreativen Umgang mit Technik zu schaffen. Nach einem ersten Austausch im Juli war klar, dass wir gemeinsam mehr bewegen können, zeitgleich von der jeweiligen Reichweite profitieren würden. Auf der Maker Faire Hannover wurde dann auf unserer Showbühne die Code Week vorgestellt und stieß auf reges Interesse. Jeder Teilnehmer der Code Week erhielt nun wiederum auf Wunsch eine kostenfreie Ausgabe der Make. In Kürze wird es ein Gespräch geben, wie wir die Zusammenarbeit für die Zukunft weiter voranbringen können. Wir freuen uns darauf

Make: Ende September konnten euch einige Leser in Leipzig auf der Messe modell-hobby-spiel persönlich antreffen. Warum habt ihr da ausgestellt?

Daniel: Um die Make vorzustellen. In der Modellbau-Szene ist die Make noch nicht so bekannt, obwohl es immer mal wieder spannende Artikel im Heft zu dem Thema gibt. Um Aufmerksamkeit zu erzielen und Vertrauen zu schaffen, bietet es sich an, auf entsprechende Messen zu gehen. Die Projektleiterin der Leipziger Veranstaltung sah große Interessenüberschneidungen zu unseren Aktivitäten und Zielgruppen, sodass wir eine Medienpartnerschaft vereinbart hatten.

Kristina: Und ja, wir konnten auch ein paar Leser am Stand begrüßen und nette Gespräche führen, das ist richtig. Beim nächsten Mal wird dann auch ein Redakteur dabei sein, um die elektronischen Fachfragen beantworten zu können. Beim Fachsimpeln waren wir dann raus.

Make: Wenn jetzt jemand mit uns kooperieren will oder die Maker Faire finanziell unterstützen möchte, an wen sollte sich die Person wenden?

Daniel: An mich. Am besten per E-Mail an dnr@maker-media.de. Sollte ich nicht der richtige Ansprechpartner sein, bemühe ich mich, dass das Anliegen an die richtige Stelle gelangt. Auf jeden Fall gibt es eine Antwort.



Unsere erfolgreichen Lötkurse mit Makey finden jetzt auch in Hannovers Stadtbibliotheken statt.

Make: Vielen herzlichen Dank an euch beide! — dab

"Seit der Maker Faire wurde ich auf diversen sozialen Medien angeschrieben und für unser Mitwirken gelobt. Das gibt mir die Motivation weiter zu bauen und den weiten Weg nach Hannover auch 2023 wieder auf mich zu nehmen."

(Alexander, KosyMo SciFi Modellbau)

Maker Faire Termine 2023

Ort	Datum
Heilbronn*	11. Februar
Dortmund/Ruhr	25./26. März
Minden-Lübbecke*	11./13. Mai
Wien*	3./4. Juni
Hannover	19./20. August
Sindelfingen*	November
*in Planung	

Exklusiv für Abonnenten: Make-Artikel online



Schon länger erscheinen Make-Artikel nicht nur gedruckt im Heft, sondern auch auf *heise online* – dort in aller Regel aber hinter der Paywall, die *heise*+ heißt. Um hinter die zu kommen, brauchten Sie bisher ein spezielles *heise*+-Abo. Das ist ab sofort anders: Jetzt können Sie als Make-Abonnent automatisch alle *heise*+-Artikel lesen, die aus der Make-Redaktion stammen – ohne Aufpreis!

Dafür müssen Sie lediglich Ihre Abo-Nummer mit einem kostenlosen Benutzerkonto bei heise online verknüpfen. Wenn Sie ein digitales Abo oder Plus-Abo haben, sollte beides bereits zusammengeführt sein, dann müssen Sie nichts weiter tun. Falls Sie unser Magazin als gedrucktes Heft abonniert haben, steht Ihre Abo-Nummer zum Beispiel auf jedem Adressaufkleber auf dem Heft. Unter dem Link unten finden Sie eine detaillierte Anleitung, die zeigt, wo genau die Nummer zu finden ist und wie Sie diese dann Ihrem Benutzerkonto bei heise online bekannt machen. Falls Sie ein solches Konto noch nicht haben, gibt es dort ebenfalls den Link, um ein neues anzulegen.

Wenn Sie sich anschließend bei heise online anmelden, können Sie alle Artikel hinter der heise+-Paywall lesen, die aus der Make-Redaktion kommen. Es lohnt sich! Bisher han-



Auf heise online sind alle Make-Artikel hinter der Paywall markiert – als Make-Abonnent können Sie die jetzt kostenlos lesen.

delte es sich bei "unseren" heise+-Beiträgen zwar in der Regel um Artikel, die bereits im Heft veröffentlicht wurden. In Zukunft werden Sie als Abonnent aber zunehmend Artikel vorab online lesen können, die erst später im Heft auftauchen – so erschien unsere Geschenke-Strecke von Seite 68 online bereits am 24. November, außerdem in ausführlicherer Form. Des Weiteren planen wir, in Zukunft noch zusätzliche Artikel exklusiv für unsere Abonnenten zu veröffentlichen, die man in der gedruckten Ausgabe nicht findet. Der erste dieser Art ist die Anleitung zum IKEA-Pfefferkuchen-Smarthome (siehe unten). — pek

make-magazin.de/xq72

Anleitung online: IKEA-Pfefferkuchen-Smarthome basteln

Alle Jahre wieder verkauft das schwedische Möbelhaus die Pfefferkuchen-Immobilie Vintersaga. Wie man die zu einem Weihnachts-Smarthome aufrüstet, das nicht nur festlich illuminiert wird, sondern auch gleich selbst noch für die passende musikalische Untermalung sorgt, auf einem integrierten Display wahlweise den Weihnachtmann erscheinen lässt oder Temperatur und Luftfeuchte anzeigt, das beschreiben wir ausführlich online – exklusiv für unsere Abonnenten (siehe auch Kasten oben).

Von außen steuert man das ganze wahlweise über Bluetooth (BLE) per App für Android oder iOS oder über eine IR-Fernbedienung. Im Innern werkelt ein in Basic programmierter Picaxe-Controller auf dem von Make entwickelten NanoAxe-Board. Natürlich ist das Prinzip der Steuerung nicht auf ein solches weihnachtliches Projekt begrenzt: Auf ganz ähnliche Weise lassen sich Spielzeuge, Lego-Bauten oder Teile einer Modell-Eisenbahn beleuchten, beschallen, animieren und fernsteuern. Fürs solche Projekte kann die Anleitung einfach als Inspiration dienen. Und falls Sie Gefallen am Basic-Controller Picaxe und dem NanoAxe-Board finden: Als Make-Abonnent finden Sie inzwischen eine ganze Reihe von Artikeln rund um diese Komponenten online bei heise+, die aus dem Make-Special Picaxe stammen. —pek

make-magazin.de/xq72



Draußen schwedische Pfefferkuchen, drinnen Elektronik und ein Picaxe-Controller: Fertig ist die perfekte Weihnachtstimmung.



Agile Softwareentwicklung im Unternehmen

Der nächste Schritt: Von der Software- zur Produktentwicklung

Online – 26. Januar 2023

Coden ist gut – mit der Produkt-Denke wird's noch besser

Viele Unternehmen entwickeln ihre Software **agil** – mal mehr, mal weniger, meist mit Erfolg und dem Gefühl, auf dem richtigen Weg zu sein. Aber das ist nur eine Seite der Medaille. Denn wenn das, was da entsteht, auch **erfolgreich** sein soll, dann muss die Software **als Produkt gedacht und entwickelt** werden.

Highlights aus dem Programm:

- Runter von der Insel! Agile Softwareentwicklung zu Ende gedacht Konstantin Diener
- Das Produkt richtig bauen: 10-mal schneller von der Idee bis zum Kunden ein Erfahrungsbericht John Fletcher, Till Voß
- Das richtige Produkt finden: Product Discovery f
 ür mobile Whiteboards Miriam Soltwedel
- Das richtige Produkt bauen: Gute Produkte sind mehr als Software Steffen Oehme

Ein Event für alle, die in ihrem Team Verantwortung dafür übernehmen, dass Software nicht nur agil, sondern auch erfolgreich entwickelt wird: für **Softwareentwickler:innen**, **Softwarearchitekt:innen** und **Teamleads**.

asu.inside-agile.de

Workshop am 2. Februar: Product-Discovery-Techniken für Entwickler

Veranstalter







^{Jetzt} Frühbucher-Rabatt ^{sichern!}

Der Polyformer macht aus PET-Flaschen Filament

Als Maker sind wir beim 3D-Druck auf Filamentrollen angewiesen. In Entwicklungsländern wie Ruanda sind diese aber zum Teil recht teuer. Dort lohnt es sich, alte PET-Flaschen zu Filament zu recyceln. Der Polyformer macht es möglich.

von Ákos Fodor



lames Chou

ilamente für den 3D-Druck sind nicht überall auf der Welt so leicht und günstig zu bekommen wie bei uns. Ungenutzten Kunststoff dafür zu recyceln, ist daher an manchen Orten ein naheliegender Gedanke und kann sogar die Wertstoffkette durch einen Zwischenschritt unterstützen. Yang Reiten Cheng (kurz: Reiten) aus Kalifornien hat zu diesem Zweck eine Open-Source-Maschine gebaut, die PET-Flaschen in Filament verwandelt: den Polyformer.

Funktional ist er von Entwürfen wie dem *Recreator3D* inspiriert und verwendet ebenfalls *Pulltrusion* (deutsch: Strangziehen): Anstatt die PET-Flasche zu häckseln, wird sie mit einem Spezialwerkzeug zunächst in einen langen schmalen Streifen geschnitten und anschließend in ein modifiziertes aufgeheiztes Hotend geführt. Am unteren Ende tritt daraufhin ein Filament aus, das mithilfe eines Motors direkt auf eine Rolle gewickelt wird. Stellt man die Temperatur und Geschwindigkeit über das Web-Interface richtig ein, soll ein Filamentdurchmesser von 1,75mm möglich sein und eine 500ml-Flasche etwa 5m PET-Filament ergeben.

Optisch wirkt der Polyformer wie ein kommerzielles Produkt, weil er im Betrieb zugeklappt die Mechanik versteckt. Reiten hat als Produktdesigner die Maschine dennoch so entworfen, dass sie möglichst einfach nachzubauen ist. Daher lässt sich ein Großteil (ca. 2,5kg) der verwendeten Teile mit einem FDM-Drucker fertigen. Das Material für seinen ersten Polyformer erhielt der Maker dafür von einer US-amerikanischen Firma, die PET professionell recycelt.

Auch Swaleh Owais, der zurzeit in Kigali, Ruanda arbeitet, ist auf den Polyformer aufmerksam geworden. Im E-Commerce Center Rwanda (ECC), einem lokalen Makerspace, unterstützt er kleine und mittelständische Unternehmen bei ihren Projekten. Dort sind 3D-Drucker ein wichtiger wirtschaftlicher Faktor, denn sie ermöglichen ruandischen Designern, Lösungen für lokale Bedürfnisse zu entwickeln und schnell zu produzieren. Allerdings koste laut Owais eine importierte 11-Euro-Filamentrolle dort etwa 45 Euro und sei eine hohe Einstiegshürde. Mit Reitens Unterstützung gelang es beiden, aus PET-Flaschen Filamente für ein Zehntel des Importpreises selbst herzustellen. Außerdem hat Owais aus dem ursprünglichen Polyformer eine Lite-Version entwickelt, die weniger Ressourcen benötigt und sich dadurch im ECC schneller und günstiger produzieren lässt.

Gemeinsam haben die beiden Maker für ihre Leistung beim Hackaday Prize 2022 den dritten Platz erzielt. Mehr Informationen gibt es über den Link. —*akf*

make-magazin.de/xfsb



Zuerst wird die PET-Flasche in einen langen Streifen geschnitten.



Der Streifen wird anschließend in ein modifiziertes Hotend eingeführt, erhitzt und unten als Filament herausgezogen.



Ein Großteil des Polyformers kommt selbst aus dem 3D-Drucker. Das soll den Nachbau vereinfachen.

Synthesizer-Modul mit Raspberry Pico

Das EuroPi-Projekt benutzt einen Raspberry Pico als Basis, um in einem Eurorack-Synthesizer andere Module zu steuern. Dabei definieren Micro-Python-Skripte die Funktion, die man bequem aus einem Menü auswählt. So erhält man ein sehr kostengünstiges Multifunktionsmodul.

von Carsten Wartmann



Is ich eher zufällig über das EuroPi-Projekt auf GitHub gestolpert bin, war ich sofort begeistert: Es benutzt meinen Lieblings-Mikroprozessor, wird in MicroPython programmiert und ich hatte schon lange nichts mehr für meine Synthesizer gebastelt. Ich schaute mir das Projekt an und durchwühlte meine Bastelkisten. Tatsächlich hatte ich alles an Bauteilen (aus ähnlichen Projekten), um direkt loslegen zu können. Also lud ich mir die Gerber-Dateien für die zwei Platinen und die Frontplatte herunter und füllte meinen Warenkorb bei einem chinesischen PCB-Dienstleister. Aber ich merkte: Ich wollte am liebsten sofort loslegen. Also parkte ich den Warenkorb erst einmal und begann auf einem Breadboard Teile des Systems aufzubauen. Schnell war klar, dass sich der recht modulare Aufbau um den Pico herum in Grenzen hielt, ein paar OpAmps (Operationsverstärker), Widerstände, Taster und ein OLED. Das war schnell zusammen gesteckt, die Software kam per Thonny auf den Pico und schon konnte ich die ersten Tests machen.

Ich schaute nochmals auf den Schaltplan, das sollte doch knapp auf eine Lochrasterplatine passen? Alle Frontplatten in meinem System sind sowieso 3D-gedruckt, damit wurde dann jegliche Bestellung unnötig. Also startete ich mit dem ersten OpAmp und versuchte einen kompakten Aufbau auszutüfteln, den ich dann sozusagen auf der Platine kopieren konnte. Das lief besser als gedacht und der Platz reichte auch. Leider musste ich am Ende einige Verbindungen doch mit Kabeln machen und hatte mich bei sechs der stehenden Widerstände verrechnet und musste sie tauschen. Da die Anschlussbeinchen teils als Leiterbahnen benutzt wurden habe ich die Widerstände abgeschnitten und unten auf der Platine durch SMD-Teile ersetzt.

Inzwischen entwarf ich die Frontplatte in Blender (siehe Link). Dazu konnte ich bereits in 3D vorhandene Teile benutzen und so war das nur eine Sache von etwa 40 Minuten. Zwei gedruckte Potiknöpfe hatte ich noch und daher war die Frontplatte in weniger als zwei Stunden fertig. Ich war etwas skeptisch, ob sich die Taster und die Knöpfe ins Gehege kommen würden, aber das Gegenteil ist der Fall: Während man mit dem Knopf eine Option wählt, kann man bequem mit dem Zeigefinger einen Taster drücken.

Nach weiteren Tests ging es dann an das Verkabeln von Frontplatte und dem Board, was bei der großen Anzahl von Buchsen, Anzeigen und Knöpfen eine Fleißarbeit war – am Ende windet sich ein kleiner Kabelbaum nach hinten. Dann der große Augenblick: Ja, alles funktioniert auch in meinem kleinen System! Ich werde nun noch die Frontplatte beschriften und dann kann ich damit beginnen, ein paar eigene Ideen umzusetzen und meine eigenen Skripte zu programmieren. —*caw*

https://make-magazin.de/xqqg



Der erste Test auf einem Breadboard, eine Signalform ist auf dem Oszilloskop zu erkennen



Die fertige und getestete Lochrasterplatine bei der Verkabelung der Frontplatte



Der EuroPi in meinem Mini-Eurorack-System bei ersten Tests

Hack und Upgrade: Mr Beam II Air Assist

Mit diesem Hack wird beim beliebten Lasercutter Mr Beam II ein Air-Assist-System nachgerüstet, dass die Leistung und Qualität der Schnitte nochmals deutlich erhöht.

von Martin Siegmann



as Münchner Start-Up *Mr Beam Lasers GmbH* veröffentlichte bereits 2016 die zweite Generation des selbst entwickelten Desktoptlasers *Mr Beam*. Der *Mr Beam II* bietet ein breites Spektrum an bearbeitbaren Werkstoffen. Dabei gilt: Je genauer vor einem Laserjob die Fokussierung des Laserkopfes vorgenommen wird, umso höher ist später die Qualität der Gravur oder des Schnittes. Besonders beim Schneiden werden Anwender erfahren, dass bereits kleine Abweichungen für viel Nacharbeit sorgen, da der Schnitt nicht ausreichend in die Tiefe geht.

Als Aufrüstung, um diese Probleme zu beheben, bietet sich eine Luftdüse an, die verbranntes Material aus dem Schnitt des Lasers bläst. Dies nennt man *Air-Assist* und Schnitte werden damit tiefer und sauberer. Um den Umbau so einfach wie möglich zu halten, wird ein separates Luftsystem integriert, was Eingriffe in die Elektronik und Software unnötig macht: Dies spart sowohl Arbeit bei der Integration in das bestehende Gerät als auch bei möglicherweise auftretenden Fehlern.

Damit außer mir als dem Entwickler auch weitere Anwender das System nachbauen können, habe ich das Projekt auf *cults3D* veröffentlicht und stelle dort neben den notwendigen 3D-Druckteilen eine detaillierte Anleitung zur Verfügung, wie der Umbau am Lasercutter vorzunehmen ist. Dauerhaft verändert wird durch den Umbau nur das Gehäuse des Desktop-Lasers. Dort sind drei kleine Löcher für den verlegten Luftschlauch und zwei Schrauben nötig. Nach der Montage ist die Luftdüse am Laserkopf dank Magneten an- und abclipbar.

Der um das Air-Assist-System ergänzte Laser ist weiterhin bedienbar wie der unveränderte Mr Beam II. Beim Starten eines Laserjobs schaltet man manuell den Kompressor zu und der Laser arbeitet wie gewohnt seinen G-Code ab. Nach dem Ende schaltet man den Kompressor wieder ab und entnimmt die Werkstücke.

Ergebnisse der Aufrüstung sind vor allem ein großer Komfort und eine höhere Verlässlichkeit. Reste von Asche und schwarze Finger beim Entnehmen der Teile bleiben aus, da die Teile bereits saubergepustet wurden. Schneidjobs allgemein sind einfacher vorzunehmen, da die Leistung des Lasers besser ausgenutzt werden kann; damit sind neben höheren Schnitttiefen auch höhere Schnittgeschwindigkeiten möglich. Von einem Tester gab es bereits eine Rückmeldung, dass er Sperrholz mit 4mm Dicke schneiden konnte. Schneller schneidet man beispielsweise auch Kraftplex mit ca. 15 % kürzeren Laserjobs. Auf weitere Möglichkeiten, was mit dem Gerät nun möglich ist, bin ich selbst gespannt. -caw

https://heise.de/s/7YJd



Die Druckteile wurden in OnShape entworfen. Nach dem Vermessen des Laserkopfes konnten die Teile in dessen Freiräume hineinkonstruiert werden.



Das fertige Magnetpanel im aufgeschraubten Gehäuse. Die Magnete halten die Luftdüse und sind nötig, da das Aluminium-Gehäuse selbst nicht magnetisierbar ist.



Der fertige Air-Assist im Gerät. Abgenommen bleiben Energiekette und Luftschlauch mit dem Druckteil verbunden.

Whack-A-Mole mit dem Raspberry Pico

Das Reaktionsspiel Whack-A-Mole besteht aus wenigen Elementen und eignet sich perfekt, um in die objektorientierte Programmierung am Raspberry Pico einzusteigen. Im Nu verwandeln sich vier Knöpfe und ein Display dank MicroPython zu einem unterhaltsamen Zeitvertreib.

von Stefan Draeger



ermutlich kennt jeder das Reaktionsspiel Whack-A-Mole (auch Whac-A-Mole oder jap. Mogura Taiji) in der einen oder anderen Variante: Ein Brett mit mehreren Löchern, eine Handvoll frecher Maulwürfe, die zufällig darin erscheinen und ein Knüppel, um ihnen den Garaus zu machen. Tierlieb ist das zwar nicht, es macht aber Spaß, seine Reflexe auf die Probe zu stellen und sich mit anderen zu messen außerdem sind die Maulwürfe ja nicht echt. Mit dem Raspberry Pi Pico habe ich diesen Spielspaß in ein kleineres Format übersetzt. Als Einstieg in die objektorientierte Programmierung zeige ich dir, wie du selbst ein Whack-A-Mole bauen und programmieren kannst. Dabei lernst du, Klassen auszulagern, an anderer Stelle aufzurufen und wie du Interrupts verwenden kannst, die dein Programm unterbrechen, egal, was es gerade tut.

Die Idee

Um den Raspberry Pi Pico zu schützen und das Projekt mechanisch zu vereinfachen, habe ich den Gummihammer und die Maulwürfe gegen vier farbige Taster und ein TFT-Display getauscht. Auf dem Bildschirm erscheinen während des Spiels farbige Rechtecke, die zu den Farben der jeweiligen Taster passen. Drückt man den richtigen Taster, erhält man einen Punkt, drückt man auf die falsche Farbe, wird ein Leben abgezogen. Und wenn alle Leben verbraucht sind, ist das Spiel vorbei.

Aufbau der Schaltung

Für den fliegenden Aufbau habe ich zwei Steckbretter verwendet: Auf dem einen Steckbrett sitzen der Raspberry Pi Pico und das TFT-Display, auf dem anderen die vier Taster 1. Überprüfe beim Verbinden des Displays in jedem Fall, ob die Pin-Outs deines TFT-Moduls mit denen im Anschlussplan übereinstimmen. Falls nicht, tausche die Kabel entsprechend.

Entwickeln mit Thonny IDE

Zum Programmieren des Raspberry Pi Pico verwenden wir die Entwicklungsumgebung Thonny IDE, welche du kostenfrei für Microsoft Windows, macOS und Linux herunterladen kannst (Link siehe Kurzinfo). Dieses kleine Tool beinhaltet Python 3.10 und wird mit praktischen Funktionen ausgeliefert, die dir das Lernen und Programmieren auf dem Mikrocontroller in MicroPython erleichtern. Da wir vom Betriebssystem aus keinen direkten Zugriff auf das Dateisystem des Pico haben, werden wir mit der Thonny IDE auch Dateien und Ordner auf dem Mikrocontroller erstellen und übertragen.

Falls du den Pico das erste Mal verwendest, musst du auf diesem noch MicroPython installieren. Starte dazu die Thonny IDE und schließe den Mikrocontroller an. Klicke im

Kurzinfo

- » Objektorientierte Programmierung mit MicroPython und Thonny kennenlernen
- » Einfache Grafiken als Spielelemente auf einem **Display anzeigen**
- » Laufende Programme mit Interrupts unterbrechen

Checkliste

Zeitaufwand: 4 Stunden



ca. 35 Euro

Material

- » Raspberry Pi Pico
- inkl. Datenkabel
- » 1,77-Zoll-TFT-Display
- » 4 Taster verschiedenfarbig,
- 12mm x 12mm
- » 2 Steckbretter 400 Pin
- » Steckbrettkabel

Werkzeug

- » Computer
- » Thonny IDE

Mehr zum Thema

» Carsten Wartmann, Elektronik steuern mit dem Pi Pico für Anfänger, Make 5/22, S. 40

- » Hans-Martin Hilbig, Stromausfall-Monitor mit dem Pico, Make 4/22, S. 62
- Carsten Wartmann, Extra-Tastatur für Videokonferenzen, Make 3/21, S. 8







So müsst ihr die Hardware miteinander verbinden.



2 Die Module für das Display findest du auf Github. Lade sie anschließend in den Ordner lib auf dem Pico.



3 So sollte nachher die Struktur auf dem Pico aussehen.

Thonny-Fenster rechts unten in der Ecke auf die Statusleiste und wähle den Menüpunkt *MicroPython installieren*. Folge anschließend den Anweisungen.

Module für das Display

Um das TFT-Display ansteuern und programmieren zu können, benötigen wir das zusätzliche Modul *IL19431*. Der Vorteil dieses Moduls ist, dass es keine zusätzlichen Abhängigkeiten von anderen Modulen hat und somit sehr klein ist. Du findest einen GitHub-Zweig des originalen Moduls auf dem in der Kurzinfo verlinkten GitHub-Repository. In diesem Zweig habe ich ein paar Funktionen hinzugefügt, um Rechtecke, Linien und Kreise zeichnen zu können.

Folgende Dateien benötigst du:

- glcdfont.py
- ili934xnew.py

– tt14.py – tt24.py

– tt32.py

Vom Computer auf den Pico

Klicke in Thonny auf das Menü Ansicht und dann den Menüpunkt Dateien. Jetzt erscheint im Thonny-Fenster links eine Spalte, die dir Zugriff auf die Dateien des Computers und des Pico erlaubt. Da sich auf dem Pico noch keine befinden, ist das Feld links unten leer. Mache dort einen Rechtsklick und wähle Ordner erstellen. Nenne diesen Ordner lib und bestätige anschließend. Öffne den Ordner lib danach mit einem Doppelklick. Navigiere anschließend im Thonny-Dateifenster zu den heruntergeladenen Display-Modulen auf deinem Computer und klicke sie nacheinander mit einem Rechtsklick an. Lade sie abschließend mit Upload nach /lib auf den Pico 2. Jetzt ist das Display einsatzbereit und wir können damit beginnen, die Spiel-Logik zu programmieren.

Klassen und Objekte

Als Einstieg in die objektorientierte Programmierung verwenden wir für das Whack-A-Mole-Spiel *Klassen* und *Objekte*. In den Klassen legen wir fest, welche Eigenschaften ein Objekt haben kann. Anschließen erstellen wir eigenständige Objekte als *Instanzen* dieser Klassen. Nehmen wir als Beispiel die bunten Quadrate im Spiel: Während die Klasse bestimmt, dass ein Quadrat eine *Größe* und *Farbe* haben kann, geben wir erst beim Erstellen einer Instanz an, welche *Größe* und *Farbe* es haben soll. So basieren vier verschiedenfarbige Quadrate zwar auf derselben Klasse, sind jedoch eigenständige Instanzen bzw. Objekte.

Dieser Ansatz wird wichtiger, je größer unsere Programme werden. Indem wir die Logik in Klassen separieren, sorgen wir dafür, dass unser Quellcode übersichtlich bleibt. Des Weiteren können wir so auch doppelten Code erkennen und diesen ggf. in einer separaten Funktionen vereinigen.

Um dir eine weitere Möglichkeit zu zeigen, dein Programm zu strukturieren, habe ich außerdem den Quellcode des Spiels in mehrere Dateien aufgeteilt und die Klassen ausgelagert.

Die Bausteine des Spiels:

- main.py: Hauptprogramm, steuert den Spielverlauf und verbindet alle Komponenten
- game.py: Ausgelagerte Klasse Game, steuert Leben, Zeit und Punkte, erstellt und löscht die farbigen Quadrate (Maulwürfe)
- square.py: Ausgelagerte Klasse Square, legt die möglichen Eigenschaften der Quadrate fest
- __init__.py: Macht die Klassen Game und Square von außen zugänglich

Im GitHub-Repository des Projekts findest du alle Code-Beispiele und kannst sie entweder gleich auf den Pico laden ③ und losspielen oder du nutzt sie zum Abgleich mit den Listings im Artikel. Lange Code-Zeilen sind im Heft nach einer Klammer oder einem Komma mit Umbrüchen getrennt und eingerückt, können aber in Thonny in eine Zeile geschrieben werden. Wie der Code aufgebaut ist, erkläre ich dir in den folgenden Abschnitten. Du wirst sehen: Selbst beim Entwickeln eines simplen kleinen Spieles kannst du bereits an deinen Skills auf dem Weg zu einem richtigen Programmierer arbeiten.

Die Klasse Game

Erstellen wir zunächst in *lib* (auf dem Pico) einen weiteren Ordner namens *whackamole*, um unsere Klassen als einzelne Dateien dort abzulegen. Die erste davon lautet *game.py*. Sie wird die Klasse Game beinhalten, welche wir Stück für Stück mit der Logik unseres Spiels befüllen.

Damit wir die Funktionen unseres Display-Objekts aufrufen können, müssen wir als Erstes ein paar Module importieren.

from ili934xnew import color565
import tt14

Darauf folgt die Klasse Game. Diese enthält einen Konstruktor, welchen wir benötigen, um eine Instanz dieser Klasse zu erzeugen. Im Konstruktor __init__() definieren wir die Parameter für unser Display, Punkte, Zeit sowie die Anzahl der Leben und die Variable self. death, auf die wir später im Detail eingehen.

class Game:

```
def __init__(self, display, lives):
    self.display = display
    self.points = 0
    self.time = 0
    self.lives = lives
    self.death = False
```

Mit der Funktion draw_frame() schaffen wir auf dem Display den Rahmen für den Spielstatus. Dazu erzeugen wir ein Rechteck, das mit einer Linie unterteilt wird, und platzieren oben den Titel *Whack a mole* sowie weiter unten verteilt die Label *Punkte, Leben* und *Zeit* innerhalb des Rahmens **4**.

```
def draw_frame(self):
    self.display.erase()
    self.display.draw_rectangle(
        3, 3, 124, 155,
        color565(255, 255, 255))
    self.display.draw_line(
        3, 25, 128, 25,
        color565(255, 255, 255))
```

self.display.set_pos(28, 10)

```
self.display.print("Whack a mole")
self.display.set_pos(10, 40)
self.display.print("Punkte")
self.display.set_pos(91, 40)
self.display.print("Leben")
```

```
self.display.set_pos(10, 80)
self.display.print("Zeit")
```

self.update_live()

Da sich die *Punkte*, die *Zeit* sowie die Anzahl der *Leben* während des Spielens verändern, setzen wir die Platzhalter dafür in separate Funktionen:

update_points(self) aktualisiert die Punktzahl des Spielers. Dazu überschreibt die Funktion als Erstes mit einem schwarzen Rechteck die vorherige Anzeige. Danach wird die Schriftgröße auf 14, die Schriftfarbe auf Weiß sowie die Hintergrundfarbe auf Schwarz eingestellt. Die Farben werden im RGB-Format angegeben, also z.B. (0, 0, 0) für Schwarz. Mit dem Befehl set.display.set_pos() setzen wir die Cursorposition für den Text. Anschließend gibt self.display.print() den Punktestand mithilfe der Variable self.points aus, die wir zuvor hochgezählt (inkrementiert) und in einen String umgewandelt haben.

```
def update_points(self):
    self.display.fill_rectangle(
        10, 54, 45, 20,
        color565(0, 0, 0))
    self.display.set_font(tt14)
    self.display.set_color(
        color565(255, 255, 255),
        color565(0, 0, 0))
    self.display.set_pos(20, 57)
    self.points += 1
    self.display.print(
        str(self.points))
```

update_live(self) aktualisiert die Leben, indem eines abgezogen wird. Wenn der Wert der Variable self.lives gleich 0 ist, wird self.death auf True gesetzt und das Spiel ist beendet.

```
def update_live(self):
    self.display.fill_rectangle(
        91, 54, 35, 20,
        color565(0, 0, 0))
    self.display.set_font(tt14)
    self.display.set_color(
        color565(255, 255, 255),
        color565(0, 0, 0))
    self.display.set_pos(101, 57)
```

```
self.lives -= 1
self.display.print(
```

```
str(self.lives))
print(self.lives)
if self.lives == 0:
    self.death = True
else:
```

self.death = False

increment_time(self) zählt jede Sekunde den Wert time um 1 hoch, und show_time(self) zeigt während des Spiels die verstrichene Zeit an. Dazu wird der alte Wert gelöscht und der neue auf dem TFT-Display ausgegeben.

```
def increment_time(self):
    self.time += 1

def show_time(self):
    self.display.fill_rectangle(
```

10, 99, 115, 20, color565(0, 0, 0)) self.display.set_pos(30, 99)

```
self.display.set_pos(set, be)
self.display.print(
    str(self.time)+" Sek.")
```

is_running(self) gibt dem Spiel die Rückmeldung, ob es noch läuft. Solange Leben vorhanden sind, steht self.death auf False.

def is_running(self):
 return not self.death

Zum Schluss implementieren wir noch zwei Hilfsmethoden, die im Spielverlauf unsere Quadrate zeichnen und entfernen werden.

```
def remove_square(self, square):
    self.display.fill_rectangle(
        square.x,
        square.y,
        square.width,
        color565(0, 0, 0))

def draw_square(self, square):
    self.display.fill_rectangle(
        square.x,
```

square.y, square.width, square.width, square.color))

Das Löschen mithilfe eines schwarz gefüllten Rechtecks geht deutlich schneller, als das komplette Display zu leeren und neu zu zeichnen.

Die Klasse Square

Damit die Klasse Game überhaupt Quadrat-Instanzen erstellen kann, benötigen wir zusätzlich die Klasse Square und legen dafür eine neue Datei namens *square.py* im Ordner *whackamole* an. Auch hier müssen wir das Display-Modul importieren. In der Klasse Square erstellen wir dann zuerst den Konstruktor __init_(). Die Parameter, die sich innerhalb der Klammer befinden, bestimmen



4 Nach dem Einschalten des Pico begrüßt uns der Statusbildschirm mit einer Animation.

später die *Position, Breite, Farbe, Instanz* und den *Index* eines dargestellten Quadrates. Da die Breite und Höhe eines Quadrates identisch sind, verwenden wir die Variable self.width für beides.

from ili934xnew import color565

Auf Klassen von außen zugreifen

Um auf die Funktionen der Klassen Game und Square zugreifen zu können und damit Python den Ordner *whackamole* als Paket behandelt, müssen wir beide erst einmal von außen zugänglich machen. Dazu erzeugen wir die Datei __*init__.py*, in die wir lediglich die Imports derjenigen Dateien schreiben, welche wir einbinden wollen.

from .game import Game
from .square import Square

Erzeugen des Spielablaufs

Unser Whack-A-Mole-Spiel wird in einer Schleife ablaufen, die von außen über die Funktion game.is_running() gesteuert wird. Dafür erstellen wir ein Programm namens *main.py* im Hauptverzeichnis unseres Pico, damit es automatisch beim Einschalten gestartet wird.

In *main.py* importieren wir dann als Erstes alle benötigten Module für das Display, time für eine kleine Pause, random für den Zufallsgenerator sowie unsere Klassen Game und Square.

from whackamole import Game, Square

Damit das Display auch etwas darstellt, müssen wir es zunächst initialisieren. Dafür erstellen wir ein *SPI*- und ein *Display-Objekt*, löschen den Bildschirm und lassen das System 3 Sekunden warten.

```
dc=Pin(15),
rst=Pin(14),
w=160, h=128, r=4)
```

display.erase()
time.sleep(3)

Wenn du wie ich ein 1,77-Zoll-TFT-Display mit einer Auflösung von 160 \times 128 Bildpunkten verwendest, musst du an dem Code nichts ändern. Andernfalls musst du die Werte für w und h an dein Display anpassen.

Nachdem das Display initialisiert ist, definieren wir die Variablen last_square und last_button, die in späteren Funktionen verwendet werden. Danach setzen wir die Leben auf 4 und aktivieren die Statusanzeige mit game.draw_frame(). Dadurch wird ebenfalls game.update_live() ausgeführt, was die Leben nicht nur anzeigt, sondern sie gleichzeitig auf drei reduziert. Die Funktion game. update_points0 schenkt uns einen Punkt zu Spielbeginn.

last_square = None
last_button = None

lives = 4

game = Game(display, lives)
game.draw_frame()
game.update_points()
game.show_time()

Zufällige Quadrate

Als Nächstes erzeugen wir in *main.py* für jedes unserer farbigen Quadrate eine eigene Instanz und legen diese in die Liste squares [] ab.

```
color565(0, <mark>255, 0</mark>),
display, 2)
```

```
squares = [square_red,
square_green,
square_blue,
```

square_yellow]

Mit der Funktion find_square() suchen wir im Spielverlauf aus der Liste squares[] zufällig Quadrate. Und da wir immer ein anderes Quadrat anzeigen lassen wollen, als das vorherige, wiederholen wir find_square() so lange, bis sich das neue Quadrat vom alten unterscheidet. Die Variable inner_square wird dafür mit square bzw. dem vorherigen Quadrat abgeglichen.

```
def find_square(square):
    inner_square = random.choice(
        squares)
```

```
if (square is not None and
    inner_square == square):
    return find_square(inner_square)
else:
    return inner_square
```

Damit ist die grafische Darstellung programmiert. Im nächsten Schritt fangen wir die Aktion eines Tasters ab und überprüfen, ob dieser zu dem jeweils angezeigten Quadrat passt.

Taster und Interrupts

Um die vier farbigen Taster 🜖 in unserem Spiel verwenden zu können, binden wir sie über *main.py* ein. Dazu legen wir fest, an welchem Pin die jeweiligen Taster angeschlossen sind. Wird während des Spielens einer von ihnen gedrückt, springt der Wert seines zugehörigen Pins von LOW auf HIGH.

Als Interrupt (engl. unterbrechen) bezeichnet man in der Informatik das kurzzeitige Pausieren eines laufenden Programms, um kurz etwas anderes (relevantes) auszuführen. Diese Funktion eignet sich hervorragend für unsere Taster, denn wir können mit ihr jederzeit feststellen, ob einer von ihnen gedrückt wurde – auch wenn innerhalb der späteren while-Schleife gerade andere Prozesse laufen.

Die Pins unserer Taster definieren wir daher über die Funktion irq() als Interrupts. Ändert sich der Status eines Pins, wird die Funktion button_handler() ausgeführt und der Pin des betätigten Tasters als Parameter übergeben.

```
button_red.irq(
    trigger = machine.Pin.IRQ_RISING,
    handler = button_handler)
button_green.irq(
```

trigger = machine.Pin.IRQ_RISING, handler = button_handler)

```
button_blue.irq(
    trigger = machine.Pin.IRQ_RISING,
    handler = button_handler)
```

button_yellow.irq(

```
trigger = machine.Pin.IRQ_RISING,
handler = button_handler)
```

Die Funktion button_handler() überprüft anschließend, ob der betätigte Taster zum angezeigten Quadrat passt. Wenn ja, werden die Punkte mit game.update_points() hochgezählt, wenn nicht, wird ein Leben mit game.update_live() abgezogen.

def button_handler(pin):

global last_square
global game
global last_button

if (pin is button_red and last_button is not pin):

last_button = pin

Projekt

```
if last_square.index == 1:
   game.update_points()
else:
   game.update_live()
elif (pin is button_green and
        last_button is not pin):
```

```
last_button = pin
if last_square.index == 2:
  game.update_points()
else:
  game.update_live()
```

```
elif (pin is button_blue and last_button is not pin):
```

```
last_button = pin
if last_square.index == 3:
  game.update_points()
else:
  game.update_live()
```

```
elif (pin is button_yellow and
last_button is not pin):
```

```
last_button = pin
if last_square.index == 4:
  game.update_points()
else:
  game.update_live()
```

Sind alle Leben verbraucht, wird die interne Variable self.death in der Klasse Game auf True gesetzt und das Spiel beendet. Zum Neustart müssen wir lediglich das USB-Kabel trennen und wieder anschließen. Falls wir uns noch in der Thonny IDE befinden, geht auch ein Soft-Reset über das Menü Ausführen und EOF senden/Neustart.

Das Spiel in Schleife

Nachdem wir alle Bestandteile des Spiels vorbereitet haben, widmen wir uns als Letztes dem Herzstück unseres Whack-A-Mole: der while-Schleife, die das Spiel am Laufen hält. Um unsere quadratischen Maulwürfe im Sekundentakt auszutauschen, benötigen wir zwischendurch kleine Pausen. Im Normalfall würde man hier aus dem Modul time die Funktion sleep nutzen. Diese sollten wir jedoch in unserem Programm nicht verwenden, denn mit time.sleep() würde der Mikrocontroller für die eingestellte Zeit eine Pause einlegen, in der auch die Betätigung eines Tasters nicht erkannt wird.

Also zählen wir, anstatt zu pausieren, die Millisekunden, die seit dem Einschalten des Mikrocontrollers vergangen sind. Mit diesem Wert, der fortlaufend hochgezählt wird, können wir ausrechnen, ob eine bestimmte Zeit vergangen ist und dann eine Aktion ausführen. Dafür merken wir uns den Zeitstempel der Aktion als Variable last_action und gleichen mit ihr in jedem Durchlauf die *alte vergangene* Zeit mit der aktuell vergangenen Zeit ab. Ist eine Sekunde verstrichen, zählt game.increment_ time() die Zeit hoch und aktualisieren diese auf dem Display mit game.show_time().

```
PAUSE = 1000
last_action = time.ticks_ms()
while game.is_running():
    if (last_action <
        time.ticks_ms()-PAUSE):
    last_action = time.ticks_ms()</pre>
```

```
game.increment_time()
game.show_time()
if last_square:
   game.remove_square(last_square)
square = find_square(last_square)
game.draw_square(square)
last_square = square
```

Da bei Spielbeginn kein farbiges Quadrat existieren soll, müssen wir prüfen, ob die Variable last_square einen Wert hat und gegebenenfalls ein fehlerhaftes Quadrat mit der Funktion game.remove_square() entfernen. Danach suchen wir mit der Funktion find_square() ein neues Quadrat aus der Liste squares[] und zeichnen es mit der Funktion game.draw_square() auf das Display. Abschließend überschreiben wir die Variable last_square mit dem Objekt unseres neuen Quadrates.

Mögliche Erweiterungen

Ich habe dir in diesem Artikel gezeigt, wie du Klassen und Funktionen anlegst und aufrufst. Nun kannst du im nächsten Schritt selbstständig noch eine weitere Funktion hinzufügen, um das Spiel neu zu starten, nachdem es beendet wurde, z. B. durch das Betätigen eines Tasters. Des Weiteren kannst du auch implementieren, dass das Intervall, in dem ein Quadrat angezeigt wird, mit der Zeit immer kleiner wird und somit die Schwierigkeit immer weiter steigt. —*akf*



5 Für das Whack-A-Mole verwende ich bunte Taster statt Maulwürfe.



Auch als Heft + PDF mit 29 % Rabatt

Dieses c't-Sonderheft räumt auf mit Mythen rund ums E-Auto und schafft einen realen Überblick zu Vor- und Nachteilen der E-Mobilität.

- Leitfaden zum Kauf eines E-Autos
- Kostenvergleich: Storm vs. Sprit
- Fahrberichte und Tests
- Den Akku richtig nutzen und laden
- Überschussladen Strom aus Photovoltaik nutzen
- Auch als Bundle mit Buch "E-Autos einfach erklärt" vom dpunkt-Verlag erhältlich!

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



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



TI



Eine hohe Ganggenauigkeit ist bei älteren Pendeluhren manuell schwer einzustellen. Diese Aufgabe kann auch ein Mikrocontroller übernehmen und ermittelt nicht nur die zeitlichen Abweichungen, sondern gleicht sie direkt im laufenden Betrieb aus. Wie das im Detail funktioniert, beschreibt der folgende Artikel.

von Martin Simeth

it dem Tod meiner Mutter erbte ich eine antike Pendeluhr, die mehr schlecht als recht funktionierte und mehrere Jahre ein Schattendasein im Keller fristete. In meinem neu gestalteten Wohnzimmer sollte sie nun endlich einen exponierten Platz bekommen. Doch zuerst musste ich sie wieder zum Laufen bringen. Wie sich herausstellte, genügte die gründliche Reinigung der Lager aber nicht, um das Pendel wieder präzise schwingen zu lassen. Und da ich die Uhr nicht fortlaufend nachstellen wollte, ließ ich mir etwas einfallen, was diesen Vorgang automatisiert. Wie ich das gelöst habe, beschreibe ich hier. Der zugehörige Sketch steht im Github-Repository des Projekts zum Download bereit (siehe Link in der Kurzinfo).

Ganggenauigkeit einer Pendeluhr

Aus dem Physikunterricht ist vielleicht noch bekannt, dass die Frequenz eines idealen Pendels, an dessen Ende sich eine punktförmige Masse befindet, nur von seiner Länge abhängt. Die Größe der Masse hat keinen Einfluss auf die Frequenz.

Bei einer realen Pendeluhr wird die Masse aber über die gesamte Pendellänge verteilt. Es muss also die wirksame Pendellänge betrachtet werden. Die Frequenz des Pendels lässt sich nämlich durch das Verstellen der Pendellinse anpassen – obwohl die Gesamtlänge des Pendels unverändert bleibt. Bei den meisten antiken Uhren wird dazu die Pendellinse mithilfe einer Mutter in der Höhe verstellt. Wenn die Uhr nach einer Weile an Genauigkeit verliert, muss die Pendellinse abgesenkt oder angehoben werden, um das Fehlverhalten auszugleichen.

Leider haben neben mechanischer Reibung auch Temperatur, Luftdruck oder Luftfeuchtigkeit einen Einfluss auf die Pendelfrequenz. So kann selbst bei intensiver Pflege eine perfekt eingestellte Uhr am nächsten Tag schon wieder davonlaufen.

Die Idee

Unter der Maßgabe, an der Uhr keine großen Eingriffe zu machen, wollte ich das Nachstellen der Pendellinse automatisieren: Ein Arduino, der *DCF77*-Empfänger einer Funkuhr 1 und der Lesekopf-Schlitten eines ausgeschlachteten CD-Laufwerks 2 nehmen mir diese Arbeit zukünftig ab.

Die Pendelschwingungen werden über 24 Stunden (86400 Sekunden) mithilfe eines Sensors erfasst. Nach Ablauf dieser Zeit ruft der Funkempfänger die genaue Uhrzeit ab und teilt sie dem Arduino mit. Dieser vergleicht beide Werte und im Idealfall stimmen die vergangenen Sekunden mit den Pendelzyklen überein. Falls die Uhr vor- oder nachgeht, wird anschließend ein zusätzlich angebrachtes

Kurzinfo

- » Die Genauigkeit eines Pendels mit einem Mikrocontroller prüfen
- » Einen Motortreiber improvisieren
- » Reed-Schalter mit Hardware und Software entprellen

Checkliste

Zeitaufwand: 2 Tage (ohne Debugging)



Kosten: 20 Euro zzgl. Pendeluhr

Material

- » Pendeluhr
- » Arduino Pro Mini mit 16MHz und 5V
- » DCF77-Empfänger
- » CD- oder DVD-Laufwerk
- zum Ausschlachten » Powerbank mit 2000mAh
- » Reed-Schalter
- » Magnet
- » Kabel
- » Aceton sowie ein säure- und harzfreies Fett für die Reinigung der Mechanik

Werkzeug

- » Lötkolben
- » Heißklebepistole
- » Externes FTDI-Programmier-Board
- » Computer
 » Arduino-IDE
- » Geduld beim Debuggen

Mehr zum Thema

» Carsten Meyer, Breakout-Boards, Make 1/21, S. 10

- » Martin Simeth, Unendlichkeits-Pendel, Make 2/19, S. 58
- » Daniel Bachfeld, Strom sparen bei ESP-Mikrocontrollern, Make 3/21, S. 84





Elektronik und Powerbank passen problemlos in das Uhrengehäuse. Das Getriebe habe ich mit Aceton gereinigt und danach mit einem säure- und harzfreien Fett behandelt.

Ein Pendel berechnen

 $T=2\pi \sqrt{2}$

Periodendauer eines idealen Pendels

Um grob die Länge oder Periodendauer eines Uhrenpendels abzuschätzen, können wir die vereinfachte Formel für ein mathematisches Pendel verwenden. Meine Uhr hat z.B. eine Periodendauer von ca. 2 Sekunden und eine sich daraus ergebende Halbschwingung von 1 Sekunde. Um die Länge des Pendels zu errechnen, nehmen wir für die Gravitation g den Wert 9,81m/s² und für T die 2 Sekunden. Daraus ergibt sich eine ungefähre Länge von 0,99m. Wäre mein Pendel 1 Zentimeter länger, ergäbe sich eine Periodendauer von etwa 2,01 Sekunden. Normalerweise bräuchte die Uhr



Länge eines idealen Pendels

43200 Perioden (86400 Sekunden/2), um 24 Stunden zu laufen. Mit (2,01s/2) · 86400 ergäben sich jedoch ganze 86618 Sekunden und die Uhr ginge 3,6 Minuten am Tag nach. Ein Zentimeter ist ziemlich viel, Veränderungen treten aber bereits bei wenigen Millimetern auf. Außerdem kommt erschwerend hinzu, dass die Gravitation je nach Standort unterschiedlich ist. Am Äquator müssten wir mit 9,78m/s² rechnen und auf dem Mond mit 1,62m/s². Für einen Uhrenhersteller ist es also nahezu unmöglich, eine Pendeluhr in der Fabrik perfekt einzustellen.



🔒 Der am Pendel befestigte Magnet schließt den Reed-Schalter jedes Mal, wenn er ihn passiert.



2 Dieser Schlitten bewegt normalerweise den Lesekopf im CD-Laufwerk.

Gewicht hinter der Pendellinse vom Lesekopf-Schlitten hoch- oder heruntergefahren.

Die Bausteine im Detail

Die Stromversorgung: Da ich an der betreffenden Wand kein unschönes 230V-Kabel verlegen wollte, kam nur der Batteriebetrieb infrage. Auch sollte der Batteriewechsel möglichst einfach sein. Deswegen entschied ich mich für eine 5V-Powerbank mit 2000mAh, die über ein USB-Kabel an den *Arduino* angeschlossen wird. Zum Aufladen kann man die Powerbank einfach abziehen.

Der Arduino: Die meisten Arduinos haben mit ca. 20mA eine recht hohe Stromaufnahme. Das liegt am integrierten USB-Chip, der permanent etwa 15mA verbraucht. Mit den verfügbaren 2000mAh der Powerbank kommen wir dann maximal auf eine Laufzeit von

2000mAh / 20mA = 100h

Da mir das zu kurz war, wählte ich alternativ den Arduino Pro Mini, da er weder über einen USB-Anschluss noch den dafür notwendigen Chip verfügt. Man benötigt zwar ein externes FTDI-Board, um ihn zu programmieren und zu debuggen, aber auch 15mA weniger Strom. Zusätzlich habe ich die Power-LED ausgelötet, was weitere 2mA einspart. Die von mir verwendete 16MHz-Version mit 5V Betriebsspannung kann unter Umgehung des Low-Drop-Out-Reglers (LDO) direkt aus der Powerbank versorgt werden. Dazu muss das USB-Kabel entsprechend präpariert werden. Da der Arduino überwiegend im Power-Down-Mode arbeiten wird, ergibt sich ein benötigter Strom von etwa 100µA. Das reicht ungefähr für

2000mAh / 0,1mA = 20000h

oder ca. 833 Tage, wenn man die Selbstentladung sowie den ab und zu anfallenden Motorstrom nicht berücksichtigt.





Der Pendelsensor: Die naheliegende Idee, eine Lichtschranke zu verwenden, scheiterte ebenfalls am Stromverbrauch. Lichtschranken unter 10mA sind kaum zu finden. Dasselbe gilt für Hall-Sensoren. Beide hätten die Batterielaufzeit auf etwa 200 Stunden verkürzt.

Die Lösung besteht daher aus einem einfachen Reed-Schalter, der über einen am Pendelarm angeklebten Magneten im Pendeltakt geschlossen wird 3. Dadurch weckt er den Arduino aus dem Power-Down-Mode mittels Interrupt auf, der Pendelzähler wird um zwei erhöht (dazu später mehr) und der Arduino legt sich wieder schlafen. Absolut notwendig ist eine gute Entprellung des Reed-Schalters - also das Verhindern einer ungewollten, mehrfachen Betätigung –, da wir keine Phantom-Takte zählen wollen. Auf der Hardware-Ebene habe ich das mit den Widerständen R3 und R4 sowie dem Kondensator C1 gelöst 4. Des Weiteren dürfen keine Pendeltakte übersehen werden.

Der Funkempfänger: Für den genauen Zeitabgleich verwende ich einen *DCF77*-Empfänger mit 3,3V, wie es ihn in einschlägigen Shops zu kaufen gibt. Anstatt diesen mithilfe eines *Enable*-Pins zwischen aktivem und Standby-Betrieb umzuschalten, wählte ich eine effizientere Lösung: Der Arduino schaltet die Versorgungsspannung des Empfängers über einen Ausgangsport und einen entsprechend dimensionierten Spannungsteiler R1 und R2, da der Rest des Systems mit 5V arbeitet. Wichtig ist, dass man im Programm die UTC-Zeit für die Zeitabfrage verwendet. Sonst würde die Regelung bei jedem Sommer-Winterzeit-Wechsel außer Tritt kommen.

Der Lesekopf-Schlitten: Leider habe ich ein Exemplar mit Bürstenmotor erwischt. Ein Schrittmotor wäre für die Regelung hilfreicher gewesen, da dem System dann die genaue Position des Schlittens bekannt wäre. Der Arduino muss also schätzen, wie lange der Motor eingeschaltet werden muss, um das Gewicht an die gewünschte Position zu bringen. Den Lesekopf habe ich durch ein zusätzliches Gewicht (etwa 15g) beschwert S und den Schlitten rückseitig an das Pendel geklebt. Er sorgt mit seiner Gewichtsverlagerung für die Änderung der wirksamen Pendellänge: Ich kann damit +- 30 Sekunden Gangunterschied am Tag ausgleichen. Da diese Werte relativ sind und sich von Uhr zu Uhr unterscheiden können, muss beim Nachbauen etwas experimentiert werden.

(K)ein Motortreiber: Der Motor des Schlittens muss sowohl für Rechts- als auch Linkslauf



Frontansicht: Da sich der Reed-Schalter an einem der Umkehrpunkte des Pendels befindet, wird er nur alle 2 Sekunden geschlossen. Der Watchdog wird jede Sekunde ausgeführt. S Der Lesekopfschlitten muss sich nur minimal bewegen, um Gangungenauigkeiten auszugleichen. Mit meinem heutigen Wissen würde ich den Schlitten möglichst weit unten platzieren, da er dort den größten Einfluss auf die Pendel-Frequenz hat.



6 Genial einfach: Die gleichzeitig geschalteten Ausgangs-Pins für UP oder DOWN steuern den Motor. Aber Vorsicht: Alle Pins sollten synchron laufen, sonst gibt es einen Kurzschluss.



(3) Hat wdtCounter den Zählerstand 2, sind seit dem letzten Pendeldurchgang 3 Sekunden vergangen. Es hat also einen Aussetzer gegeben und wdtCounter wurde nicht von PendelISR() zurückgesetzt. Verpasste Sekunden werden gezählt und wdtCounter korrigiert. Damit auch mehrere aufeinanderfolgende Aussetzer erkannt werden, zählt wdtCounter modulo 3 und würde theoretisch zwischen 2 und 1 hin und her springen, bis der Reed-Schalter getriggert wird.

angesteuert werden, wozu normalerweise eine Vollbrücke (H-Brücke) verwendet wird. Da er allerdings nur maximal 30mA benötigt, habe ich einen einfacheren Ansatz gewählt:

Legt man den Motor zwischen zwei Ausgangs-Ports am Arduino, kann man die Drehrichtung des Motors darüber steuern: Haben beide Ports denselben Pegel, steht der Motor still. Unterscheiden sich die Pegel, dreht sich der Motor entweder in die eine oder in die andere Richtung. Laut Datenblatt kann ein einziger Ausgang 40mA liefern bzw. aufnehmen, ab 20mA sinkt aber die Ausgangsspannung. Um den Spannungsabfall über die Port-Treiber des ATmega gering zu halten, habe ich für die Plus- und Minus-Anschlüsse des Motors jeweils 5 Ports zusammengeschaltet 6. Bei dieser Vorgehensweise muss man aber höllisch aufpassen, dass die Software die Ports immer schön synchron betreibt, sonst erzeugt man einen Kurzschluss.

Die Software

Nachdem der Arduino eingeschaltet wurde und alle Komponenten initialisiert hat, wird zuerst die aktuelle *DCF*-Zeit eingelesen. Das kann je nach Empfangsleistung und Entfernung zum Sender zwischen 3 und 8 Minuten dauern. Ist eine valide Zeit empfangen worden, wechselt die Software in eine Endlosschleife, deren Kern eine einfache *State-Machine* ist, die nacheinander immer drei Zustände durchläuft:

Sleep: Hier schläft der Arduino die meiste Zeit, um Strom zu sparen. Mit jedem fallenden Reed-Schalter-Pegel (alle 2 Sekunden) wacht er auf 70 und vergleicht den Wert der aktuellen Pendelsekunden mit den angestrebten 86400 Sekunden eines Tages. Sind diese und somit 24 Stunden erreicht, wird in den Zustand *Clock* gewechselt, ansonsten wieder geschlafen.

Clock: Der DCF77-Empfänger wird gestartet und nach 3 bis 8 Minuten die aktuelle DCF-Zeit abgespeichert. Davon werden die alte DCF-Zeit abgezogen und 24 Stunden addiert. Das Ergebnis sind die Sekunden, die tatsächlich nach 86400 Pendelsekunden vergangen sind. Natürlich müssen auch noch die 3 bis 8 Minuten berücksichtigt werden, die der DCF-Empfänger für die Messung benötigt hat. Um wieviele Sekunden die Pendeluhr nun voroder nachgeht, wird in der Buchhaltung als Variable AllTimeDiff vermerkt. Anschließend wird in den *Adjust*-Zustand gewechselt.

Adjust: Ist die Gangabweichung größer als 5 Sekunden, wird das Gewicht am Pendel korrigiert, aber nur, wenn die Tendenz in die falsche Richtung läuft. Geht die Uhr vor, aber die Abweichung hat sich in den letzten 24 Stunden verringert, muss das Gewicht nicht bewegt werden. Geht sie jedoch vor und die Ungenauigkeit hat sich verschlimmert, muss das Gewicht bewegt werden. Wie lange und in welche Richtung sich der Motor daraufhin bewegen soll, ergibt sich aus dem aktuellen Fehler. Danach wird wieder in den Zustand *Sleep* gewechselt.

Zwei Interrupt-Service-Routinen (ISR) unterstützen das System: der Watchdog ISR(WDT_ vect) und der vom Reed-Schalter getriggerte Interrupt PendelISR(). Ihr Zusammenspiel ermöglicht das Zählen der Pendelsekunden, das Energiemanagement, das Software-Entprellen des Reed-Schalters und das Entdecken übersehener Takte.

Der Watchdog-Interrupt ⁽³⁾ ist in meinem Aufbau auf eine Sekunde eingestellt. Bei jedem Auslösen wird die globale Variable wdtCounter um 1 hochgezählt und modulo 3 auf Werte zwischen 0 und 2 reduziert. Entspricht wdtCounter versehentlich zwei, wurde der Reed-Schalter ausgelassen und ein Takt übersehen. Daraufhin korrigiert der Watchdog wdtCounter wieder auf 1, addiert verpasste Sekunden als MissedSeconds und vermerkt dies zu Debug-Zwecken.

Der Pendel-Interrupt (2) wird alle 2 Sekunden ausgeführt, wenn das Pendel den Reed-Schalter passiert und die Richtung wechselt. Ist wdtCounter ungleich 0, werden der Watchdog samt wdtCounter zurückgesetzt und 2 Sekunden für den verstrichenen Pendelzyklus erfasst. Steht wdtCounter (noch) auf



Wenn wdtCounter ungleich 0 ist, ist mindestens eine Sekunde seit dem letzten Pendeldurchgang vergangen, denn der Watchdog hat wdtCounter mindestens einmal hochgezählt. Da Pendeldurchgänge nur alle 2 Sekunden stattfinden, gab es also keinen Preller und die Anzahl der Pendelsekunden wird erhöht.

null, wenn PendelISR() getriggert wurde, handelt es sich um einen Preller. Der Reed-Schalter wurde also versehentlich mehrmals in unter einer Sekunde betätigt.

Dass sowohl Preller als auch Aussetzer softwareseitig erkannt werden, hilft beim Debuggen der perfekten Position von Magnet und Reed-Schalter. Ansonsten erledigt beides in erster Linie die Hardware-Entprellung.

Das Aufziehen der Uhr

Wenn ich die Uhr aufziehe, schwingt das Pendel zwar langsam aus, jedoch werden die Zahnräder nicht mehr angetrieben. Da in diesem Zustand allerdings noch Reed-Impulse kommen, würde dies als Gangungenauigkeit interpretiert werden. Deswegen muss man das Pendel anhalten, die Uhr aufziehen, und dann wieder anstoßen.

Eine mögliche Erweiterung

Da ich einen eher unruhigen Schlaf habe, habe ich das Schlagwerk meiner Uhr deaktiviert. Das ist schade, weil es mich tagsüber nicht stören würde. Aufgrund des DCF-Empfängers kann meine Pendeluhr jetzt aber Tag- und Nachtstunden unterscheiden. Daher will ich als Nächstes das Schlagwerk mit einem Servo tagsüber freigeben und zu den Schlafzeiten wieder sperren. —*akf*



HANNOVER 2023

A static static

Die Kongressmesse für Security-Experten!

- Rund 50 Vorträge zu den neuesten Trends und Lösungen auf drei Bühnen
- 20 Expert Talks liefern wichtige Impulse
- 30 praxisnahe Workshops vertiefen Ihr Wissen
- Start-up-Bereich und Recruiting Area

Bis 31. Dezember kostenlos anmelden:



Geschenktipps fürs Maker-Labor

Andere zu Weihnachten beschenken oder sich selbst einen Wunsch erfüllen: Die Make-Redaktion stellt ihre persönlichen Kaufempfehlungen für Zubehör im Elektronik-Labor und für die Maker-Werkstatt vor.





von Daniel Bachfeld, Heinz Behling, Ákos Fodor, Peter König, Carsten Meyer und Carsten Wartmann

Vierzehn Geschenketipps auf der Grundlage von praxiserprobten Produkten: Die Make-Redakteure haben in ihren heimischen Laboren und im Büro Geräte teils im langjährigen Einsatz, die sie guten Gewissens weiterempfehlen können. Sei es als Weihnachtsgeschenk für einen Maker in der Familie oder Freundeskreis oder als Geschenk an sich selbst, nach diesem doch anstrengenden Jahr. Wir haben unsere Erfahrungen nebst Produktbeschreibungen zusammengefasst und schreiben, wofür sich ein Gerät eignet.

Diesen Artikel gibt es auch in einer ausführlicheren Fassung auf heise+, auf den unsere Abonnenten seit kurzem Zugriff haben. Den Link dorthin finden Sie unter dem Short-Link. Wie Sie mit ihrem Print-Abo auf unsere heise+-Inhalte zugreifen können, erklärt Ihnen der Artikel auf Seite 48. —dab

Bauteiltester Multi Function Tester T7

Ich hätte nicht gedacht, dass mir ein kleines Kästchen für weniger als 20 Euro so oft hilft: Tut es der gerade ausgelötete Transistor vielleicht doch noch? Welchen Wert hat der unleserliche Metallfilmwiderstand, bedeutet der Scheibenkondensator-Aufdruck "100" nun 10 oder 100pF, und welche Pinbelegung könnte der MOSFET aus der Wühlkiste haben? Solche Fragen beantwortet der Bauteiltester T7 aus dem China-Shop. Er ist mit einem kleinen Farbdisplay ausgestattet, das Messwerte und Pinbelegung übersichtlich anzeigt; es gibt noch eine billigere Variante, die mit einem einfarbigen Display geliefert wird.

Die Bedienung beschränkt sich auf zwei Schritte: Bauteil in der Textool-Fassung festklemmen (oder mit den mitgelieferten kurzen Prüfkabeln anschließen) und den Startknopf drücken. Bei passiven Bauteilen (auch Induktivitäten!) zeigt es den Wert mit brauchbarer Genauigkeit (2%) an, bei Dioden und Z-Dioden die Durchlassspannung und bei bipolaren Transistoren die Stromverstärkung (hfe), die Basis-Schwellenspannung (wichtig zur Unterscheidung Ge/Si) und, falls messbar, auch den Reststrom (etwa bei uralten Germanium-Transistoren). Bei Elkos zeigt es zusätzlich den Serienwiderstand (ESR) an.

Bei MOSFETs ermittelt es sogar Gate-Kapazität, Gate-Schwellenspannung und On-Widerstand, sodass man den Transistor mit etwas Sachkenntnis grob einschätzen kann: Hochstrom-MOSFETs haben erhebliche Gate-Kapazitäten, Hochspannungstypen (meist) eine hohe Schwellenspannung. Durch den eingebauten Spannungswandler werden Z-Dioden bis 24V zuverlässig erkannt. Das zigarettenschachtelgroße Gerät bietet einen eingebauten Akku, der über die Micro-USB-Buchse geladen wird. Wenn Sie diesen Tester haben, werden Sie die bei manchen Multimetern eingebauten Bauteil-Testfunktionen schnell vergessen. —*cm*

NameMulti Function Tester T7BezugsquelleeBay, AliExpressPreis20 €

Oszilloskop Rigol 1102Z-E

Mit komplizierteren Projekten des Makers steigt der Wunsch, der Elektronik tiefer auf den Grund zu gehen. Dies führt dann nach Grundausstattung mit Multimeter und Bauteiltester zur Suche nach einem Oszilloskop. Mit Oszilloskopen lassen sich schnelle, periodische und kurzzeitige zeitliche Änderungen im Spannungsverlauf einer Schaltung darstellen.

Das Rigol 1102Z-E ist ein solides Oszilloskop mit zwei Kanälen plus externem Trigger, 100MHz Bandbreite bei 1GSa/s (Abtastfrequenz, 109 Samples/s). Als E-Commerce-Modell ist es mit allen Software-Funktionen der Modellreihe ausgestattet, die sonst extra kosten. *Rigol* ist ein Hersteller aus China mit Präsenz und Support in Süddeutschland. Im Lieferumfang sind zwei einfache (1 × und 10 × umschaltbar) Tastköpfe, ein USB-Kabel und natürlich ein Netzkabel. Ein USB-Port an der Front kann Speicher-Sticks aufnehmen, der Messdaten und Screenshots speichert. Auf der Rückseite befinden sich ein Trigger-Ausgang, ein USB-Port und eine Netzwerkbuchse, mit denen man das Gerät per Rigol-Software unter Windows steuern kann. Unter Linux wird es durch diverse Open-Source-Tools unterstützt.

Durch die schiere Menge an Funktionen und Bedienelementen sollte man sich systematisch mit dem deutschen, 260-seitigen Handbuch einarbeiten. Dieses führt den Anwender von der Aufstellung, Sicherheit über Tastkopfkalibrierung bis zur ersten Messung. Das zuerst ungewohnt breite Display hat seinen Sinn, wenn links und rechts von den Messwerten Menüs angezeigt werden, um die verschiedenen weiteren Möglichkeiten des Gerätes zu bedienen: X/Y-Abtastung, Trigger, Messfunktionen, Cursor, automatische Messungen, mathematische Funktionen, serielle Protokolle decodieren und vieles mehr. —*caw*

NameRigol 1102Z-EBezugsquellehttps://rigolshop.eu/Preis320 €



Bauteiltester Multi Function Tester T7



Oszilloskop Rigol 1102Z-E

Funktionsgenerator FY6800

Funktionsgeneratoren liefern Signale verschiedener Formen und stufenlos einstellbarer Frequenz, Amplitude und Offset, um etwa bei Verstärkern den Freguenzgang zu bewerten. Das Modell JY6800 von FeelTech ist ein digitaler, arbiträrer Funktionsgenerator. Arbiträr steht für beliebig und meint beliebige Signalformen. Die periodischen Signale erzeugt der Generator vereinfacht gesagt, indem er in seinem ROM abgelegte Werte nacheinander über einen 14-bittigen D/A-Wandler ausgibt. Je schneller dies erfolgt, desto höher die Frequenz des ausgegebenen Signals. Im FY6800-60 sind 33 Signalformen bereits in ROM-Tabellen mit jeweils bis zu 8192 Stufen vorbelegt, darunter Sinus, Rechteck, Sägezahn, Trapez und diverse Impulsarten sowie Rauschen.

Sinus-Signale lassen sich mit bis zu 60MHz auf 2 Ausgängen (Kanälen) mit maximalen 20V (Vpp, Peak to Peak) ausgeben, allerdings leidet bei größeren Amplituden bei Frequenzen ab 20MHz die Signalqualität. Bei kleineren Amplituden bleibt das Signal bis zu 60 MHz sauber. Rechteck geht bis 25MHz mit 10Vpp, alle anderen Formen nur bis 10MHz. Bis zu 64 eigene periodische Signalformen kann man per USB auf das Gerät aufspielen.

Die Bedienelemente sind mehrfach belegt: Ein großer Drehknopf (mit Rastpunkten) dient zur Auswahl der Signalform und dem Einstellen von Frequenz, Amplitude, Offset und Phase. Der Kanal 1 lässt sich mit externen Quellen per BNC oder direkt über das Signal von Kanal 2 modulieren und zwar wahlweise in der Amplitude, Frequenz oder Phase. Zusätzlich ist ein Frequenzzähler im Gerät zur Messung weiterer externer Signale verbaut. Das FY6800 lässt sich über USB vom PC aus fernsteuern. Aufgrund seiner Popularität findet man im Internet auch viele Vorschläge für Verbesserung der Hardware und alternative Software. —dab

NameFY6800BezugsquelleAliExpress, ebay, Banggood, AmazonPreis120 bis 160 €

Tischmultimeter OWON XDM1241

Das Owon XDM1241 Tischmultimeter für 120 Euro fiel mir auf der Suche nach einem Ersatzgerät ins Auge. Für die Bereichs- und Funktionswahl gibt es zahlreiche Knöpfe. Die Funktion wählt man auf dem Hauptpanel, die Autorange-Funktion stellt etwa bei der Spannungsmessung den passenden Bereich ein. Alternativ wählt man ihn manuell über Knöpfe neben dem farbigen 3,5-Zoll-TFT-Display.

Als Gleichspannungsbereiche sind 50mV, 500mV, 5V, 50V, 500V und 1000V wählbar. Die Auflösung des XDM1241 gibt der Hersteller mit 55.000 counts an, also beim 5V-Bereich 5V/55.000 \approx 0,1mV. Die Genauigkeit für Gleichspannungsmessungen liegt bei 0,05%+5(Digits). Gleichströme lassen sich in den Bereichen 500µA bis 5A mit einer Genauigkeit von 0,15%+10(Digits) messen. Für meine Zwecke ist das mehr als ausreichend. Beim Messen reagiert das Gerät sehr fix bis zur ersten Anzeige der Werte in großen Lettern, die man auch aus sehr flachen Blickwinkeln noch ablesen kann – auch im Dunkeln. Natürlich kann es auch Wechselströme und -spannungen messen, sogar True RMS. Die Frequenzzählerfunktion arbeitet zwischen 0,001Hz und 60MHz.

Der Durchgangsprüfer piept ohne Verzögerung. Die Widerstandsmessbereiche reichen von 500 Ohm mit einer Auflösung von 0,01 Ohm bis zu 50 Megaohm mit einer Genauigkeit von 0,15%+5. Ebenso unterstützt das Gerät Kapazitätsmessungen zwischen 1nF und 50mF. Das XDM1241 unterstützt über seine USB-Schnittstelle den Standard SCPI, mit dem es sich vom PC steuern lässt. In meiner Laborpraxis hat sich das Gerät bewährt, ich muss aber nicht auf das Mikrovolt genau messen. Wichtiger ist mir ein großes, klares Display und die schnelle Bedienung. Ein Manko hat es: Das Gerät ist sehr leicht und verschiebt sich je nach Tischoberfläche schnell. —*dab*

NameOWON XD1241BezugsquelleAliExpress, eBay, AmazonPreis120 bis 180 €



Funktionsgenerator FY6800

Tischmultimeter OWON XDM1241

Labornetzteil Quatpower LN-3003

Bei der Entwicklung eigener Projekte braucht man im Labor eine zuverlässige Stromversorgung. Dieses kompakte Netzteil im stabilen Voll-Metallgehäuse versorgt Schaltungen mit 0 bis 30V und liefert bis zu 3A Strom. Die Kühlung des Netzteils erfolgt bei Bedarf über einen automatisch zugeschalteten Lüfter an der Rückseite des Gehäuses, der akustisch erfreulich zurückhaltend ist.

Spannung und Strombegrenzung sind über je zwei Potentiometer (Grob- und Feineinstellung) an der Frontseite einstellbar. Die Achsen dieser Potis sind gedämpft, also etwas schwergängig, um ein unbewusstes Verstellen etwa beim Berühren mit einem Kabel zu verhindern, insbesondere in Richtung höherer Spannung (was das versorgte Gerät sehr übel nehmen kann).

Die Strombegrenzung arbeitet zuverlässig. Spannungs- und Stromanzeige erfolgen mit je einer Nachkommastelle auf einem gut lesbaren, beleuchteten LC-Display. Der Stromausgang erfolgt über zwei Buchsen an der Vorderseite, in die die Bananenstecker der beiden mitgelieferten, etwa 70cm langen Kabel passen. Laut Handbuch soll die Ausgangsspannung eine Restwelligkeit von maximal 200mV_{ss} haben. Ich habe das Netzteil schon einige Jahre im Labor, konnte dabei aber mit dem Oszilloskop nie mehr als 60mV_{ss} messen. Bei geringeren Spannungen (bis zu 10V) liegt der Wert meist bei 35mV_{ss}. Maximal 3A reichen selbst für die Versorgung von recht mäkeligen Raspberry-Pi-4-Boards voll aus. Auch wenn noch stromhungriges Zubehör wie ein schneller USB3-Stick angeschlossen ist, fällt die Spannung nur um 2mV ab.

Ich bin bei meinen Projekten nie an die Leistungsgrenzen des Netzteils gestoßen. Das und der günstige Preis machen das LN-3003 deshalb zu meiner Empfehlung. —hgb

NameQuatpower LN-3003Bezugsquellehttps://www.pollin.dePreis44,95 €

Lötstation Weller WE1010

Gespräche über die richtige Lötstation arten schnell in Glaubenskämpfe aus: Ersa, Weller, SBC und andere Hersteller spalten die Gemeinde. Manche meinen, nur mit Magnastat-Kolben und gradgenauer Temperaturregelung saubere Lötstellen produzieren zu können, anderen reicht ein Ersa Tip 260, dessen ungeregelte Temperatur irgendwo zwischen 300 und 350 Grad liegt. Ich denke, löten kann man mit allen Produkten.

Für mich ist es jedoch wichtig, zuverlässig Ersatzteile wie Lötspitzen und Austauschkolben kaufen zu können und die Temperatur frei einstellen zu können. Und vor allem: Weiche Kabel, die sich den Bewegungen des Kolbens nicht widersetzen. Ich arbeite seit längerem mit der Lötstation WE1010 von Weller, die diese Kriterien erfüllt. Der Kolben WP 70 nimmt 70 W auf, um auch größere Lötstellen erwärmen zu können. Die Station selbst hat 85W. Die Aufheizzeit ist sehr kurz, nach weniger als 30 Sekunden erreicht die Spitze 350 Grad. Die Spitzen sind (kalt) ohne Werkzeug wechselbar, im Prinzip (dann mit Werkzeug) auch im laufenden Betrieb, etwa wenn man für einige Lötstellen eine feinere Spitze benötigt. Sie stammen aus der ET-Familie von Weller und haben eine hohe Lebensdauer.

Im Vergleich dazu verzundern Spitzen von Billigstationen recht schnell und bilden Ablagerungen, mit denen sich nur noch schwer gute Lötstellen anfertigen lassen. Im Betrieb kann man die Temperatur durch zwei Tasten erhöhen oder verringern. Eine Temperatur lässt sich als Zieltemperatur einstellen, auf die nach dem Einschalten geheizt wird. Wer des öfteren die Temperatur wechseln muss, kann sich sein Gerät mit unserer Anleitung (Make 6/18) um zwei Vorwahltasten für Temperaturen erweitern (siehe Link).

Die Station erfüllt für mich zuverlässig ihren Zweck und die Handhabung des gut geformten Lötkolbens macht auch bei längeren Lötsitzungen Spaß. —dab

 Name
 Weller WE1010

 Bezugsquelle
 z.B. Reichelt

 Preise
 ca. 150 €



Labornetzteil Quatpower LN-3003



Lötstation Weller WE1010

Entlötkolben EPH-40

Entlöten falsch eingebauter oder defekter Teile kann teure Boards retten und so nicht nur bei der aktuellen Chip-Mangellage Geld sparen. Noch sparsamer wird es mit diesem noch nicht einmal 6 Euro teuren Entlötkolben. Diese Lötanlage besteht aus einer Kombination von 40Watt-Lötkolben und manueller Entlötpumpe. Der Entlötvorgang ist sehr einfach und selbst Anfänger kommen damit gleich zurecht: Da man Lötkolben und Entlötpume mit nur einer Hand hält und bedient. kann man die Platine sicher mit der freien Hand halten und positionieren. Nach dem Spannen des Pumpenkolbens einfach die hohle Lötspitze senkrecht auf die vom Lötzinn zu befreiende Stelle setzen und die Taste der Pumpe drücken. Die Lötstelle ist anschließend sauber.

Das funktioniert auch bei doppelseitigen Platinen gut. Selbst zweireihige Kontaktleisten wie beispielsweise die auf Raspberry-Boards sind damit in kurzer Zeit ausgelötet. Die hohle Spitze berührt die Lötstelle rundherum und erhitzt die Leiterbahnen inklusive Durchkontaktierungen gleichmäßig. So bleiben fast nie Lötzinnreste zurück. Für SMD-Bauteile ist der Entlötkolben allerdings nicht geeignet.

Die Einhand-Entlötanlage besitzt keinen Netzschalter am 1,25m langen Kabel und keine Temperaturregelung. Der Lötkolben ist in etwa einer Minute aufgeheizt und leistet auch an Lötstellen mit erhöhtem Wärmebedarf (Masse-Leiterbahnen) gute Dienste. Ein Halter oder Ständer fehlt im Lieferumfang. Berrybase hat einen geeigneten für 3,30 Euro im Programm, Ersatz-Lötspitzen kosten 50 Cent.

Für Gelegenheits-Entlöter ist der EPH-40 eine sehr gute Alternative zu einer erheblich teureren Entlötanlage und macht sich schon nach nur einem geretteten ESP-Board bezahlt. — hgb

NameEPH-40Bezugsquellehttps://www.berrybase.dePreis5.90 €

Digitale Entlötstation ZD-915

Entlötstationen mit Vakuumtechnik sind vor allem gefragt, wenn man viel ältere Geräte repariert oder ausschlachtet. Gedacht sind sie für das Entlöten von THT-Bauteilen (Durchstecktechnik) und Pin-Headern, nicht für *SMD* (Surface Mounted Devices). Eine recht günstige Station ist die ZD-915 aus China, sie tut bei mir seit Jahren ihren Dienst.

Im Karton der ZD-915 befinden sich eine große Basisstation mit LC-Display, ein Netzkabel, eine Entlötpistole mit einem Schlauch für die Luftansaugung und einem Kabel für die Stromzufuhr, drei Spitzen mit den Lochdurchmessern 0,8, 1,0 und 1,3 mm, drei Nadeln zum Reinigen des Kolbens, einige Ersatzfilter für den Sammelbehälter und den Luftanschluss sowie ein Ständer, der an die Station angesteckt wird.

Am besten übt man an ein paar alten Platinen und lernt die Arbeitsweise. Das gerade und dichte Aufsetzen sowie das Timing von Heizen und Saugen, die kreisenden Bewegungen der Entlötspitze, um auch Lötzinn aus dem Bohrloch in der Platine zu bekommen, müssen geübt werden. Weiterhin muss auch die Temperatur (160–480°C) an der Station passend gewählt werden. Etwas frisches Lötzinn oder Flussmittel hilft vor allem bei sehr alten Lötstellen.

Weder das Design noch das recht laute Betriebsgeräusch von Pumpe und Lüfter verursachen Freudensprünge. Die Aufheizzeit ist durch die nur 80W Leistung mit 1,5 Minuten recht lang und bei sehr großen Massebahnen auf der Platine hilft das Vorwärmen der Lötstellen mit einem starken Lötkolben oder Heißluft. Ein Problem der ZD-915 ist, das sie nach einem Einsatz gern mal verstopft. Mit ein paar Hacks aus dem Internet (siehe Link) erhöht man praktisch kostenlos den Luftdurchsatz sowie die Verlässlichkeit und hat dann eine günstige Entlötstation. —*caw*

NameZD-915 digitale EntlötstationBezugsquelleEbay/AmazonPreis110 €







Digitale Entlötstation ZD-915
Preheater MHP30

Aufmerksam wurde ich auf den MHP30 durch unseren Make-Autor Guido Burger, der das Gerät zum Auslöten der RP2040-Chips von Pi-Pico-Platinen benutzte. Da es die ICs anfangs nur für ausgewählte Hersteller gab, er aber eigene Platinen damit bestücken wollte, griff er auf diesen Trick zurück.

Auslöten von SMD-Bauteilen ist so eine Sache: mit Heizpistole, drei freien Händen und Sie wissen schon. Mit der kleinen, offiziell nur als *Preheater* bezeichneten Heizplatte ist das Lötzinn auf Platinen lokal in wenigen Sekunden weich und Bauteile lassen sich leicht abheben. Andersherum funktioniert die Platte auch zum Verlöten von SMD-Bauteilen auf kleineren Platinen. Die aufgetragene Lötpaste wird weich und zieht das Bauteil gerade. Da der Preheater MHP30 nur eine vergleichsweise kleine Fläche hat, muss man die Platine hin- und herschieben und warten, bis die Temperatur ausreichend hoch ist. Große Platine kann man damit nicht sinnvoll bestücken.

Zur Spannungsversorgung des bis zu 60W aufnehmenden MHP30 dient ein USB-C-Netzteil mit Power Delivery (PD). Je mehr Leistung das Netzteil hat, desto schneller ist die zwischen 100 und maximal 350 Grad einstellbare Temperatur erreicht. Mein Laptop-Netzteil ist dafür ideal und erreicht 250 Grad binnen 60 Sekunden. Mit einem kleinen PD-Travel-Charger vom Discounter für 10 Euro kann man den Preheater auch betreiben, das dauert dann aber mehr als doppelt so lang. Ein kleines OLED auf der Vorderseite des Preheaters zeigt den aktuellen Modus und die Temperatur an. Eine LED signalisiert per Farbe zusätzlich den erreichten Temperaturbereich. Zwei kleine Bedienknöpfe auf der Rückseite dienen zur Konfiguration von Presets für drei Zieltemperaturen und fürs Starten des Heizmodus.

Ich nutze den MHP in der Regel zum Entstücken von Mikrocontroller-Platinen, auf denen zu viele Stromfresser-ICs einen längeren Akkubetrieb vereiteln. — dab

NameMHP30Bezugsquelleebay, Amazon, AliExpressPreis30 bis 130 €

Abisolierzange Weicon No. 5

Isolierte Kabel mit Drähten (ein Leiter) oder Litzen (vieldrähtiger Leiter) kennt wohl jeder Maker. Das nötige Abisolieren kann mit Messer, Seitenschneider oder gar den Zähnen erledigt werden. Das alles ist aber weder sicher noch gesund. Neben den Schäden am Maker besteht besonders bei Messern und Zangen die Gefahr, auch den Leiter zu beschädigen, was später zu einem Kabelbruch führen kann. Nach langem herummurksen mit oben genannten Hacks und Zangen, die man peinlich genau auf einen Leiterdurchmesser einstellen muss, habe ich mir vor Jahren eine *Weicon Abisolierzange No. 5* gekauft und wurde nicht enttäuscht: Egal ob bei Elektroinstallation oder Elektronikbasteln, die Zange funktioniert sekundenschnell und sehr verlässlich.

Die Weicon No. 5 ist geeignet für alle gängigen flexiblen und massiven Leiter von 0,2 – 6,0 mm² Querschnitt, der Hersteller produziert in Deutschland und stellt alle möglichen Zertifikate zur Sicherheit (TÜV/ GS) und der Qualität der Messer zum Download bereit.

Die Weicon ist eine automatische Abisolierzange, das bedeutet in diesem Kontext, dass das Kabel mit nur einer Betätigung festgehalten wird, die Schneiden sich auf den Leiterdurchmesser einstellen und dann abisoliert wird. Durch den Festhaltemechanismus wird dabei kein Zug auf das Kabel ausgeübt. Ein von 5-12mm verstellbarer Anschlag definiert die Länge des abisolierten Leiters und ermöglicht eine hohe Wiederholgenauigkeit für die Verwendung des Kabels in Kabelschuhen und Klemmen. Ein Kabelschneider für Kabel bis 2mm Durchmesser ist in das Werkzeug integriert. Durch eine Arretierung kann die Zange platzsparend in geschlossener Position verriegelt werden. Die Messer sind auswechselbar. —*caw*

NameWeicon No.5BezugsquelleELVPreis15 €



Abisolierzange Weicon No. 5



Preheater MHP30

Messschieber Mitotoyu CD-15APX

Vor allem für den 3D-Druck muss ich an Bauteilen oder zu reparierenden Dingen messen, um die Teile dann im CAD konstruieren zu können. Dazu ist ein genauer und vor allem zuverlässiger Messschieber unabdingbar. Mein 25 Jahre alter analoger Messschieber ist noch im Top-Zustand, allerdings werden meine Augen schlechter und etwas mehr Bequemlichkeit darf es dann auch sein.

So habe ich mir eines der Top-Modelle am Markt gekauft: den *Mitotoyu* CD-15APX. Batterielebensdauer über drei Jahre bei täglicher Benutzung, der Batteriealarm in der Anzeige warnt früh genug, sodass man sich eine neue Batterie bestellen kann. Das Display ist kontrastreich und mit 9mm Höhe gut abzulesen. Das für mich beste Feature ist die absolute Messung, d.h. der Messschieber verliert, auch wenn er ausgeschaltet ist, seine Messung nicht und man muss ihn nicht *Nullen* nach dem Anschalten: Der angezeigte Wert ist wie beim analogen Pendant exakt der eingestellte. Für die schnelle Differenzmessung oder Schrittmessung zwischendurch ist der *Zero/ABS*-Knopf gedacht, nach dem Abschalten befindet sich der Schieber dann wieder im Absolutmodus mit dem korrekten Nullpunkt.

Die Verarbeitungsqualität ist sehr hoch, es gibt kein Spiel, Lichtspalte oder kratzenden Lauf des Schiebers. Der auf +/- 0,02mm Genauigkeit spezifizierte Schieber kommt mit einem Kalibrierungsprotokoll, die Anzeige löst auf 0,01mm auf. Der Messschieber ist staubdicht und gegen starkes Strahlwasser (IP66) abgedichtet. Die Messflächen sind exakt geschliffen und gehärtet, ein flacher Tiefenmessstab ist vorhanden. Das Spiel der Schieberlaufflächen kann natürlich eingestellt werden, sollte es jemals nötig werden. —*caw*

 Name
 Mitotoyu CD-15APX, ABSOLUTE AOS 500-181-30

 Bezugsquelle
 www.pruefmittel24.com

 Preis
 135 €

Li-Ion-Ladegerät Nitecore SC2

Für viele meiner kleinen Projekte nutze ich die bekannten 18650-Rundzellen; die können ohne große Verluste 3,3V-Elektronik (fast) direkt versorgen und sind preiswert erhältlich – vor allem, wenn man sie aus alten Notebook-Akkupacks ausschlachtet. Auch in meine kleine Lieblings-Taschenlampe (siehe Bild) passen sie mit einem Adapter hinein und ersetzen dort die wenig dauerhaften drei AAA-Zellen. Problem bei den Li-Ion-Akkus ist nur: Wie bekommt man sie zuverlässig und explosionsfrei geladen?

Als Ladegerät habe ich mir deshalb vor einiger Zeit das Nitecore SC2 gegönnt, ein universelles Ladegerät für Li-Ion-Zellen aller Art (auch LiFePO4) bis hin zur dicken 26650, aber auch für NiMH-Akkuzellen. Das Gerät erkennt den eingelegten Typ, lädt mikroprozessorgesteuert mit automatischer Ladestromeinstellung je nach Akkukapazität und anschließendem Übergang in eine Erhaltungsladung. Auch tiefentladene Akkus lassen sich wieder reaktivieren.

Nachteilig am älteren Modell SC2 ist allerdings die wenig aussagekräftige LED-Betriebsanzeige; man muss immer wieder die Anleitung konsultieren, um den angezeigten Code zu entschlüsseln. Heute würde ich natürlich zum Modell D2-EU greifen, das mit einem LC-Display ausgestattet ist. Auch dieses Modell erkennt LiFePO4-Akkus wegen der sehr ähnlichen Zellenspannung nicht automatisch, zum Aktivieren des LiFePO4-Lademodus muss man den Modus-Taster nach Einlegen der Akkus zwei Sekunden gedrückt halten. Die Lader sind auch mit vier Ladeschächten verfügbar. —*cm*

NameNitecore SC, D2, D4BezugsquelleReicheltPreisab 25 €



Messschieber Mitotoyu CD-15APX



Li-Ion-Ladegerät Nitecore SC2

3D-Drucker Prusa MINI+

3D-Drucker sind ein hervorragendes Werkzeug, um seine Ideen in etwas Greifbares zu verwandeln. Der Prusa MINI+ bietet für diesen Zweck einen komfortablen Einstieg und eignet sich aufgrund seiner Zuverlässigkeit sowohl für Anfänger als auch Profis.

Mit seiner kompakten Größe und einem Druckvolumen von 18cm × 18cm × 18cm ist er der kleinste Filamentdrucker der Prusa-Serie, kann aber qualitativ mit seinen größeren Geschwistern mithalten. Mühelos verarbeitet er *PLA, PETG, ASA* und andere Kunststoffe mit bemerkenswerter Präzision, nivelliert sich selbst und erlaubt dank eines magnetischen Druckbetts das schnelle Wechseln flexibler Federstahl-Druckplatten. Mit ihnen lassen sich Drucke ganz leicht vom Druckbett ablösen. Was den MINI+ neben der Druckqualität so besonders macht, ist Prusas Ökosystem. Maker bekommen hier alles aus einer Hand: Drucker, Software (PrusaSlicer) und die hauseigenen Filamente (Prusament) sind aufeinander abgestimmt und werden stetig weiterentwickelt. Außerdem bietet Prusa mit der Plattform Printables tausende von 3D-Modellen an – teilweise sogar inkl. Druckeinstellungen. Natürlich lassen sich auch Kunststoffe anderer Hersteller verarbeiten. Aber wer will, kann mit dem Prusa-Gesamtpaket schnell und einfach etwas drucken, ohne sich groß mit der Technik, Profilen und Einstellungen zu beschäftigen.

Auch wenn der Prusa MINI+ nicht das günstigste Modell in seiner Gewichtsklasse sein mag, überzeugt das Gesamtpaket: Als Maker kann man sich getrost auf die eigenen Projekte konzentrieren und weniger Zeit mit Unzuverlässigkeiten verschwenden. Sollte dennoch mal etwas klemmen, bietet Prusa einen mehrsprachigen Support an, der gern auch auf Deutsch weiterhilft. —*akf*

 Name
 Prusa MINI+

 Bezugsquelle
 prusa3d.com

 Preis
 459 € (Bausatz) oder 489 € (halbmontiert)

3D-Scanner OpenScan Mini

Für die Ausstattung der Maker-Werkstatt gehört ein 3D-Scanner ganz sicher zur Kür, nicht zur Pflicht. Nützlich macht sich ein Gerät wie der OpenScan Mini (ausführlich vorgestellt in Make 3/22, S. 26) dort aber durchaus, etwa wenn Ersatz für zerbrochene Gehäuseklappen oder verschusselte Brettspielfiguren auf dem 3D-Drucker gefertigt werden sollen.

Bis zu 9cm in allen drei Dimensionen darf das Zielobjekt beim OpenScan Mini groß sein. Der Scanner rotiert schrittweise, gleichzeitig wandert am Rotor-Halbring eine Kamera samt Ringlicht rundherum und schießt eine Fotoserie aus unterschiedlichen Blickwinkeln. Die Bilddaten gehen zur Berechnung in die Cloud und kommen nach kurzer Zeit als erstaunlich fein aufgelöstes und detailliertes 3D-Modell im OBJ-Format zurück. Als 3D-Druckvorlagen taugen die Scans in der Regel ohne viel Nachbearbeitung.

Im OpenScan Mini arbeitet ein Raspberry 3 oder 4, für den es ein fertiges Image zum Herunterladen gibt. Gesteuert wird der Scanner bequem über den Browser eines Rechners im selben WLAN.

Den OpenScan Mini gibt es nur als Bausatz, der je nach frei konfigurierbarer Ausstattung zwischen 98 und 302 Euro kostet. Als Minimum umfasst das Kit lediglich das spezielle Pi-Shield sowie das Ringlicht für den Scanner zum Selberlöten, dazu Motoren, Netzteil und Kleinteile. In der Maximalausstattung ist alles dabei, von 3D-Druck-Teilen über die (sehr empfehlenswerte) Arducam IMX519 mit Autofokus und 16 Megapixeln bis hin zum Raspberry Pi(!) 4B+ 2GB mit 16GB SD-Karte. Aus diesen Teilen lässt sich der Scanner leicht an einem Nachmittag zusammenbauen und ist ohne aufwändige Kalibrierung sofort einsatzbereit. —pek

NameOpenScan MiniBezugsquelleopenscan.eu/shopPreis98 € bis 302 €



3D-Drucker Prusa MINI+



3D-Scanner OpenScan Mini

Magische Rosenlichter mit App-Steuerung

Planen Sie eine Märchenhochzeit? Oder hätten Sie gern ein schönes Stimmungslicht zum Abschalten im Alltagsstress? Oder lieben Sie außergewöhnliche Dekoration? Dann illuminieren Sie diese dekorierten Glasglocken in allen Farben des Regenbogens bequem mit einem Fingertipp vom Smartphone aus.

von Eike Müller und Alessa Wuthenow



er schönste Tag im Leben ist für alle Brautpaare ein magisches Erlebnis. Um die Magie noch intensiver auf die Gäste zu übertragen, wollte meine Tochter (die Braut) auf jedem Tisch eine "verzauberte Rose" à la Disneys Die Schöne und das Biest platzieren. Dabei handelt es sich um eine Rose unter einer Glasglocke. Die Rose sollte verschiedene Stimmungen durch Licht- und Farbeffekte ausdrücken. Die Ansteuerung sollte beguem via Handy über eine App erfolgen. Und da es eine Winterhochzeit war, durften natürlich auch die Eisblumen auf dem Glas der Glocke nicht fehlen. Und so begann ein Vater-Tochter-Projekt, an dessen Ende auch durch die Tischdekoration ein märchenhafter Abend stand.

Das Glasglockenspiel im Überblick

Das Gesamtsystem besteht aus 13 Rosenlichtern, die einzeln oder zusammen über eine App im WLAN gesteuert werden können 1. Die Anzahl der Rosenlichter ist im Prinzip aber völlig variabel. Alle bis auf eines sind identisch aufgebaut (Typ 1). Das Rosenlicht für den Brauttisch (Typ 2) ist etwas größer, hat mehr LEDs, zusätzlich noch ein Mikrofon und einen 7-Band-Equalizer verbaut. Dadurch können einzelne LED-Effekte bei diesem besonderen Rosenlicht zusätzliche Parameter erhalten; beispielsweise kann die Leuchtintensität der LED-Effekte so zentral über den Schallpegel im Raum gesteuert werden. Das Herzstück aller Rosenlichter bildet je ein Controller-Board ESP32 Dev Kit C V2.

Dieser Artikel beschreibt den Bau eines einzelnen Magischen Rosenlichtes. Die Vorgehensweise beim Oberteil ist dabei unabhängig vom Typ. Beim Unterteil wird vorrangig der Typ 2 beschrieben, da der Typ 1 nur eine Vereinfachung des Typs 2 darstellt. Mehr Informationen zum Typ 1 finden Sie in den Projektdaten (siehe Link in der Kurzinfo).

Der Ausgangspunkt

Für die Magischen Rosenlichter dienen Glasglocken von *Woolworth* als Grundlage **2**. Sie besitzen ein Unterteil aus Holz. Es können aber natürlich auch andere Glasglocken verwendet werden. Allerdings muss man bei einer abweichenden Größe darauf achten, dass die Ausfräsungen für den oder die Lichtring(e) im Boden eventuell anzupassen sind. Praktisch am Holzboden unserer Glocken erwies sich, dass das Material recht einfach bearbeitet werden kann, was das "Verstecken" der Elektronik erleichtert.

Die Glockenoberteile

Zunächst sollte die Glasglocke mit Wasser, Spülmittel und einem Tuch von innen und außen gereinigt werden, sodass alle Ver-

Kurzinfo

» RGB-LED-Ringe im Fuß von Glasglocken für stimmungsvolle, animierte Lichteffekte

- » Zentrale Steuerung beguem per App übers WLAN
- » Lichteffekte beliebig konfigurierbar
- » Luxusausführung reagiert zusätzlich auf Schallpegel

Checkliste

Zeitaufwand:



Etwa 2 bis 3 Stunden pro Oberteil (je nach Deko-Anspruch und Aufwand) sowie 6 bis 10 Stunden pro Unterteil

Kosten: 85 bis 110 Euro pro Glocke (je nach Glockengröße und Ausbaustufe der Elektronik)

Werkzeug

.....

- » Oberfräse
- » Bohrmaschine
- mit 10mm Bohrer für Edelstahl
- » Feines Schleifpapier 200er
- » Universalkleber
- z.B. UHU-Alleskleber Kraft » Klebstoff für Verklebungen
- Kunststoff/Holz und Metall/Holz » sehr dünner Klebestift
- etwa 2-Way-Glue von ZIG
- » Schere
- » Haushaltshandschuhe um Fingerabdrücke auf dem Glas zu vermeiden
- » Seitenschneider
- » Lötkolben
- » Multimeter
- » Oszilloskop

Mehr zum Thema

» Video: Ein paar Lichteffekte des Magischen Rosenlichts in Aktion





schmutzungen wie Fingerabdrücke oder Wasserflecken darauf verschwunden sind. Die saubere Glocke sollte man von nun an am besten nur noch mit Haushaltshandschuhen anfassen, damit keine neuen Flecken auf das Glas kommen.

Für das Eisrankenmuster auf der Außenseite der Glasglocke haben wir den 2-Way-Glue benutzt, einen sehr dünnen Klebestift, mit dem man relativ filigrane Linien malen kann, wie mit einem richtigen Stift. Jede Ranke wurde einzeln mit dem Klebestift vorgezeichnet und die Stelle anschließend mit etwas Spiegelsand berieselt, bevor der Kleber getrocknet ist 3 Man sollte hierbei unbedingt eine große Schüssel unterstellen, um den

Material pro Glocke

- » Glasglocke für Typ 1: Ø 16cm, Höhe 27cm; für Typ 2: Ø 21cm, Höhe 34cm
- » 2 Kunststoffrosen, eine davon zum Zerschneiden für einzelne Rosenblätter » 2 durchsichtige Kunststoffdiamanten
- » 2 große Kunststoffperlen, Öffnung in etwa so groß wie Rosenstieldurchmesser
- » 3 runde, durchsichtige Gummi-Anschlagpuffer, Breite ca. 10mm, Höhe ca. 4mm
- » Spiegelsand
- » RGB-LED-Ring(e) Typ 1: ein Ring mit 60 LEDs, Typ 2: neun Ringe mit insgesamt 241 LEDs Kabel verschiedene Farben und Stärken bis
- ca. 0,5mm² Polystyrol-Platte 2,5 mm glatt und matt (opal),
- in Größe des Glockenbodens
- Edelstahlschale als Sockel, ausreichend groß für den Akku » Schalter
- » ESP32 Dev Kit C V2 Controller-Board
- » MSGEQ7 7-Band-Equalizer (nur für Typ 2)
- » MAX9814 Mikrofon-Modul (nur für Typ 2)
- » Anschluss für externes Netzteil optional
- » Akku für Typ 1 ca. 20000mAh (Leistung mindestens 10W); Typ 2 ca. 30000mAh (reicht sicher für einen Abend)
- » Anschlusskabel für den Akku
- » Farbe für das Unterteil optional
- » Transparentes Jongliertuch als Staubschutz, ca. 60cm x 60cm



Der Systemaufbau. Das einzelne Rosenlicht vom Typ 2 kann dank Mikrofon zusätzliche Daten für LED-Effekte aller anderen Rosenlichter vom Typ 1 liefern (grüne Pfeile).

vorbeirieselnden Sand aufzufangen! Die verschnörkelten Verzierungen begannen wir sowohl an der Oberseite wie auch entlang der Öffnung der Glocke und ließen sie in der Mitte der Glockenhöhe entgegen ranken. Oben am Scheitelpunkt sollte für den nächsten Schritt eine kleine kreisförmige Fläche frei bleiben.

Von nun an muss die Glasglocke sehr vorsichtig behandelt werden, vor allem sollte man unter keinen Umständen das Eisrankenmuster berühren, da sich der Spiegelsand beim Darüberreiben mit der Hand oder anderen Gegenständen leider teilweise wieder ablöst.

Jetzt soll die Glocke noch einen dekorativen "Griff" bekommen, den man allerdings nicht zum Anheben der Glocke benutzen kann, weil er leider nicht stabil genug für das Gewicht der Glocke ist. Für den Griff verbindet man die beiden Kunststoffdiamanten sowie die Kunststoffperle als Verbindungsstück dazwischen mittels Alleskleber. Es empfiehlt sich, dies immer Stück für Stück zu machen und jeweils zu warten, bis der Kleber vollständig



Bisranken entstehen aus dem Spiegelsand.

getrocknet ist. Nach dem Trocknen des fertigen Griffes wird dieser mit Alleskleber am Scheitelpunkt der Glocke befestigt **4**.

Der Stiel der Kunststoffrose wird nun von Hand in eine schöne Form gebogen und mit einem Seitenschneider gekürzt. Hier sollte man vorher ausprobieren, welche Länge einem gefällt. Die Rose sollte so unter die Glocke passen, dass die Blüte nicht oben an das Glas gedrückt wird. Am besten stellt man die gebogene Rose einmal mittig und gerade unter die Glocke. Falls zu viele grüne Blätter an der Rose vorhanden sind, können diese noch mit dem Seitenschneider abgetrennt werden.

Die Elektronik

Im Unterteil des Rosenlichtes wird die Steuerungselektronik, die Stromversorgung und die LED-Beleuchtung untergebracht (siehe Kasten *Schaltung*). Ausgangspunkt ist die mit der originalen Glasglocke gelieferte Bodenplatte aus Holz. Deren Oberfläche ist mitunter stellenweise etwas grob und sollte mit feinem Schleifpapier geglättet werden.

Um die Elektronik zu verstecken, müssen auf der Unterseite zunächst einige Vertiefungen eingebracht werden. Dazu eignet sich am besten eine Oberfräse (oder eine CNC-Fräse, falls vorhanden). Hier ist Vorsicht geboten: Die Stärke der Bodenplatte beträgt nur ca. 8mm für die kleinere bzw. ca. 11mm für die größere Glasglocke. An den Stellen, an denen später die Elektronik sitzt, wählten wir einen einfachen Fräser mit 6mm Durchmesser, an den Stellen der Verkabelung einen mit 14mm Durchmesser **(5)**. Auch auf der Oberseite sind kleine Vertiefungen notwendig, um die Verdrahtung zwischen den LED-Ringen unterzubringen. Nach dem Fräsen muss noch eine 10mm Bohrung gesetzt werden, durch



die später der Anschluss der LED-Ringe geführt wird.

Um die Ausfräsungen möglichst sauber einzubringen, eignet sich eine einfache Hilfskonstruktion mit einem vertikalen und einem horizontalen Anschlag für die Oberfräse (Details und Bilder dazu siehe Link in der Kurzinfo). In der Mitte dieser Konstruktion klemmt man die zu bearbeitende Bodenplatte mit etwas Abstand zu den Anschlägen ein. Wenn die Anschläge etwa die gleiche Höhe haben wie die fixierte Bodenplatte, werden die Ausfräsungen schön senkrecht.

Optional kann man das Unterteil danach noch passend lackieren. Da unter der Bodenplatte der Rosenglocke noch eine Edelstahlschale als Sockel angebracht werden sollte, wählten wir eine Lackierung in Mattsilber. Nachdem der Lack getrocknet ist, die Zuleitungen für die Stromversorgung und die Steuerungsleitung an die LED-Ringe löten (Länge ca. 10cm). Die LED-Ringe danach auf der Oberseite der Bodenplatte mit Universalkleber befestigen **(6)**. Achtung: Der Strom zu den LED-Ringen kann bis zu 3A(!) betragen. Daher sollte der Leitungsquerschnitt der Versorgungsleitung hier mindestens 0,25mm², besser 0,5mm² sein.

Als Diffusor über den LEDs eignet sich eine Polystyrol-Platte von 2,5mm Stärke. Diese muss auf die Größe der Bodenplatte zugeschnitten werden, sodass sie quasi als Deckel mit Universalkleber auf deren Rand befestigt werden kann. Vor dem Verkleben sollte auf jeden Fall nochmal geprüft werden, ob die LED-Ringe korrekt funktionieren, da man später nicht mehr ohne weiteres an sie herankommt. Jetzt klebt man auf der Unterseite die Komponenten der Schaltung (siehe Kasten) auf 7. Für die Spannungsverteilung benutzen wir eine kleine Lochrasterplatine (8). Nach dem Trocknen des Universalklebers verdrahtet man dann die einzelnen Komponenten.

Den Verdrahtungsplan für den Typ 1 finden Sie in den Projektdaten (Link in der Kurzinfo). Nachdem alles richtig verbunden ist, sollte man die Funktion grundlegend testen, denn solange man den Sockel aus einer Metallschale noch nicht montiert hat, lässt es sich an der Elektronik besser hantieren.

Software aufspielen

Als erstes muss die Software auf den ESP32-Controller aufgespielt werden. Dies geschieht am besten via Visual Studio Code mit installierter PlatformIO-IDE-Extension. In den Projektdaten finden Sie den Ordner RoseLight-Firmware. Dieser beinhaltet den kompletten Firmware-Quellcode für den ESP32-Controller. Verbinden Sie den USB-Port des PC mit dem ESP32-Board.

Achtung: Bitte für die Programmierung die Schaltung **nicht** an den Akku anschließen! Eine Versorgung über den USB-Port des PCs ist völlig ausreichend!

Über den kleinen Pfeil in der unteren Leiste von Visual Studio Code wird die Firmware gebaut und auf den ESP32 hochgeladen (9). Wahrscheinlich müssen Sie zuvor noch den upload_port in der Datei plattformio.ini anpassen. Unter Windows können Sie den Port am einfachsten über den Gerätemanager rausfinden.

Wenn der Flash-Vorgang erfolgreich war, sollten die LED-Ringe nach einem *Power-On*-Reset nach etwa 15 Sekunden dauerhaft rot leuchten. Dies ist zunächst einmal das Zei-



chen, dass die Verbindung zum WLAN fehlgeschlagen ist.

Für den Typ 1 sollten an dieser Stelle keine weiteren Tests notwendig sein. Für den Typ 2 sollten Sie noch die korrekte Funktion von Mikrofon und Equalizer-Chip MSGEQ7 überprüfen. Am besten eignet sich hierzu ein Oszilloskop. Wenn man dieses an Pin 3 (OUT) und

6 Die Verkabelung der LED-Ringe legt man in die zuvor ausgefräste Nut. Hier sind die Ringe des größeren Rosenlichts vom Typ 2 zu sehen, Typ 1 hat nur einen Ring.





S Der Glasglocken-Boden von oben (links) und von unten (rechts). In blau sind die Frästiefen und in schwarz die Längen und Breiten in Millimetern bemaßt.



Schaltung

Die Schaltung ist recht einfach aufgebaut. Herzstück ist das allseits bekannte *ESP-WROOM-32-*Modul. Über den Pin 27 wird vom Modul die Ausgabe der Effekte auf den LED-Ringen gesteuert. Der Widerstand R2 dient zum Schutz des Eingangs der ersten LED. Das Mikrofonmodul U5 mit eingebautem Verstärker erfasst die Umgebungsgeräusche am Tisch. Der Ausgang des Moduls geht an den Baustein U6 MSGEQ7. Der MSGEQ7 ist ein 7-Band-Equalizer. Die Peak-Werte der einzelnen Frequenzen werden seriell vom ESP32 über den Analogeingang 34 eingelesen. Je nachdem wie das Signal aussieht, kann man hier zum Glätten noch einen kleinen Kondensator vom Eingang 34 gegen Masse legen. Über die Pins 18 und 19 kann die Software den Typ der Elektronik zur Laufzeit ermitteln, da bei Typ 1 auf Pin 18 der HIGH-Pegel anliegt, bei Typ 2 hingegen auf Pin 19.





8 Die Lochrasterplatine im Detail, der IC U6 (MSGEQ7) ist ebenfalls dort untergebracht.

Pin 4 (*Strobe*) des MSGEQ7 anschließt, muss ein Signalverlauf ähnlich wie in Bild 10 zu sehen sein.

Wenn alles richtig verdrahtet wurde, ändern sich die Equalizerwerte entsprechend des Signals, das das Mikrofon einfängt.

Um den Akku zur Stromversorgung des Rosenlichtes zu verstecken und dieses etwas höher zu setzen, wird unter der Bodenplatte eine Edelstahlschale mit flachem Boden montiert 1. In die Mitte des Schalenbodens bohrt man ein Loch von 10mm für das Versorgungskabel. Als Verbindung zwischen Akku und Elektronik eignet sich gut ein abgeschnittenes USB-Kabel mit USB-A-Stecker. Das offene Ende des Kabels wird durch das Loch gezogen, an die Elektronik angeschlossen und die Edelstahlschale danach mittig mit der Bodenplatte verklebt.

Die Hochzeit von Oberteil und Unterteil

Ober- und Unterteil des *Magischen Rosenlichtes* sind nun fertig. Aber wie bei jeder Hochzeit: Beide sind nur zusammen komplett! Um sicherzustellen, dass die Glasglocke auf dem Unterteil nicht verrutschen kann, werden drei Anschlagpuffer jeweils ca. 120° versetzt auf der Polystyrol-Platte aufgeklebt (**D**. Sie sollten bei aufgesetzter Glasglocke mit deren Innenseite Kontakt haben und diese dadurch gegen Verrutschen sichern.

Als Orientierung, wie weit die Puffer von der Mitte entfernt sitzen müssen, kann man den leuchtenden LED-Ring nutzen, über dem die Glasglocke später sitzen wird: Die Puffer sollten dabei nicht direkt mittig auf dem Ring angebracht werden, sondern etwa einen hal-



(9) An der richtigen Stelle im Ablauf muss man auf dem Board die Taste "Boot" mehrere Sekunden drücken, bis der Flash-Prozess beginnt.

ben Zentimeter weiter innen, sodass sie den Lichtring gerade so "berühren". Alternativ kann man den Durchmesser der Glockenöffnung einfach mit einem Lineal messen und die Puffer im Abstand des Radius minus eines halben Zentimeters von der Mitte ankleben.

Damit die Rose später auch gerade in der Glasglocke steht und auf dem glatten Polystyrol-Untergrund nicht zur Seite abrutscht, wird in die Mitte der Polystyrol-Platte eine einzelne Kunststoffperle mit dem Alleskleber befestigt. Hierbei sollte die eine Öffnung der Perle gerade nach oben zeigen. Nachdem der Kleber vollständig getrocknet ist, wird die Kunststoffrose mit dem Stiel in die Perlenöffnung gestellt. Wenn sie senkrecht darinsteht, wird sie mit Alleskleber fixiert. Eventuell ist es notwendig, die Rose während des Trocknens zu stützen. Sie sollte danach nicht mehr von allein umfallen können.

Man kann an dieser Stelle bei Lichtern vom Typ 1 noch drei oder vier "heruntergefallene" Blütenblätter auf dem Glockenboden verteilen, das sieht lebendiger aus. Dazu wird die zweite Kunststoffrose vorsichtig mit einer Schere aufgetrennt und einzelne Blütenblätter aus dieser herausgeschnitten. Bei Typ 2 würden diese Blütenblätter am Boden allerdings zu viele LEDs verdecken.

Zu guter Letzt wird die Glasglocke vorsichtig über die Rose gestülpt und auf der Polystyrol-Platte an den Anschlagpuffern aufgesetzt.

Damit das Rosenlicht noch bei vielen schönen Gelegenheiten seine zauberhafte Wirkung entfalten kann, sollte das Glas höchstens mit Haushaltshandschuhen und nie auf dem Eisrankenmuster angefasst werden. Optimalerweise greift man ans Unterteil, wenn die Glocke transportiert oder angehoben werden muss. Zum Schutz gegen Staub und andere Verunreinigungen auf dem Glas eignet sich übrigens sehr gut ein Jongliertuch als Abdeckung: Dieses ist so leicht, dass es mangels Eigengewicht kaum über das verzierte Glas reibt und außerdem weitestgehend transparent, sodass die Rose auch im abgedeckten Zustand schön und magisch aussieht.



Zyklisches Abholen der Equalizerwerte vom MSGEQ7



1 Das fertige Unterteil von unten gesehen

Die Konfiguration

Die Ansteuerung und Konfiguration der *Magischen Rosenlichter* erfolgt über die kostenlose Android-App *Magic Rose Light Control.* Man kann sie einfach über den *Google Play Store* herunterladen. Der Quellcode der App befindet sich bei den Projektdaten (Link in der Kurzinfo).



Ditt drei auf der Platte angeklebten Gummipuffern kann die Glasglocke nicht verrutschen.

Die wichtige Voraussetzung: Die Rosenlichter und das Smartphone, auf dem die App läuft, müssen sich im selben WLAN-Netzwerk befinden **1**.

Die einzelnen Schritte der nun folgenden Netzwerkkonfiguration beschreiben wir ausführlich online (siehe Link in der Kurzinfo). Knapp gesagt, müssen im ersten Schritt die *Magischen Rosenlichter* in das WLAN-Netzwerk integriert und dann im zweiten Schritt mit der App gekoppelt werden. Betreibt man App und Rosenlichter häufiger im selben WLAN, muss man die Konfiguration nur einmal vornehmen, da sie gespeichert wird.

Sind Lichter und App gekoppelt, muss als letzter Konfigurationsschritt noch die Datenbank und – falls gewünscht – ein Set mit vordefinierten Effekten eingerichtet werden. Wechseln Sie dazu in der App auf die Seite *Datenbank*. Hier betätigen Sie bitte den Button *LED-EFFEKTE NEU INITIALISIEREN* und bestä tigen mit *JA*.

Um die vorinstallierten LED-Effekte einzurichten, tippen Sie auf die Schaltfläche *EFFEKT-PRESET*, *HOCHZEIT'*. Wenn Sie anschließend auf die Seite *Led Effekte* wechseln, sollte die Anzeige in etwa so aussehen wie auf Bild **(B)**.

Verwendung

LED-Effekt aufrufen: Wechseln Sie dazu in der App auf die Seite *LED Effekte*. Durch einen Doppeltap auf den jeweiligen Listeneintrag wählt man einen Effekt und das oder die gekoppelten Rosenlicht(er) sollte(n) unmittelbar den gewählten Effekt anzeigen **4**.

LED-Effekt erstellen oder bearbeiten: Betätigen Sie für einen neuen Effekt den But-



B Die in der App vorgefertigten Effekte des Presets "Hochzeit"

ton *ADD*. Um einen bestehenden LED-Effekt abzuändern, genügt ein Tap auf den kleinen Stift im betreffenden Listeneintrag. In beiden Fällen öffnet sich eine Eingabemaske, um die Effektparameter zu konfigurieren **(b)**.

Die Eingabemaske gliedert sich grob in zwei Bereiche: In den roten Bereich gibt man Name und Beschreibung an, die später in der LED-Effekt-Liste angezeigt werden. Auch der Basis-LED-Effekt wird hier festgelegt sowie welche *Magischen Rosenlichter* den Effekt zeigen sollen. Der blaue Bereich, die Parameterliste, baut sich dynamisch auf, in



Hier steht die Rose in einem Feuerring.

🖂 🌒 🖬 📥 🕨 😡	🖇 훅 [@] 70 % 🚺 09:02
Name	G
Beschreibung	
Effekt auswählen	
Effekt auswählen	
Geräte auswählen	
Parameterliste	
ABBRECHEN	SPEICHERN

Abhängigkeit vom ausgewählten Basis-LED-Effekt. Auf Bild () ist das zum Beispiel für den Basis-Effekt *Changing color* zu sehen.

Die Parameterliste ist scrollbar. Die Parameter werden auf verschiedene Weise angepasst, etwa als Slider, Checkbox, Auswahlmenü oder durch Antippen als Button wie bei den Farbwerten **1**/2.

LED-Effekt löschen: Hierfür wechseln Sie wieder zur Seite *LED Effekte*. In der Liste der LED-Effekte tippen Sie auf das kleine rote Kreuz. Nach einer Sicherheitsabfrage wird der Effekt gelöscht.

Wir wünschen Ihnen unvergessliche Feste und stimmungsvolle Abende im Schein der Magischen Rosenlichter! — pek

) 📥 🖬 🖎 😏 🛸 🐺 🖏 70 % 🛄 09:11	
ne	Name
Effekt auswählen	Hochzeitstanz
Multi color	Beschreibung
	Farbwechsel Rosa und Blau 5s
Single color	Effekt auswählen
Rainbow	Changing color
Rainbow 2	Geräte auswählen
Eire	Tisch5
	Parameterliste
Snowflake	Helligkeit Typ 1 🛛 🗧 50 %
Snow globe	Helliokeit Tvp 2 🔹 50 %
Heart	
	Farbe 1 #FFFE00CA
ABBRECHEN	ABBRECHEN SPEICHERN
	ABBRECHEN SPEICHERN
	ABBRECHEN SPEICHERN
ABBRECHEN	ABBRECHEN SPEICHERN
ABBRECHEN ABBRECHEN	
ABBRECHEN	
ABBRECHEN	
ABBRECHEN	ABBRECHEN SPEICHERN
ABBRECHEN	ABBRECHEN SPEICHERN
ABBRECHEN	ABBRECHEN SPEICHERN
ABBRECHEN	
ABBRECHEN	
ABBRECHEN	ABBRECHEN SPEICHERN

🕼 Auswahl der Lichtfarbe. Der Balken am oberen Rand zeigt den ausgewählten Farbwert.

ABBRECHEN

SPEICHERN

WIR MACHEN Keine werbung. Wir Machen Euch ein Angebot.



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

Ich möchte c't 3 Monate lang mit über 30 % 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.

Digital filtern und oszillieren

Signalverarbeitung in Kürzewürze: Mit nur drei Programmzeilen kann man Messwerte filtern und interpolieren, mit fünf Zeilen Sinus- und Cosinusschwingungen erzeugen und mit sieben ein Bandpassfilter realisieren - ganz ohne Fließkomma- oder gar Trigonometrie-Funktionen, sondern nur mit Bit-Shifts und Ganzzahl-Multiplikationen. Unsere Programmschnipsel eignen sich prima für kleine Mikrocontroller und kompakte FPGA-Implementationen und kommen ohne den sonst üblichen mathematischen Overkill aus.

von Carsten Meyer



Digitale Signalverarbeitung ist vielen Makern noch ein Buch mit sieben Siegeln - dabei kann man Filter und Oszillatoren auch abseits von Audio-Signalen gut gebrauchen: Sei es, um rauschende oder zufällig schwankende Messungen zu mitteln, eine LED "Atmen" zu lassen oder einen PID-Regler zu implementieren. Ein Filter ist eine Komponente, die ein Signal beeinflusst, indem es zum Beispiel ein tieffrequentes Rumpeln oder ein Rauschen (das können auch springende Messwerte sein) unterdrückt oder bestimmte Frequenzanteile hervorhebt.

Die Scheu, sich näher mit digitalen Filtern und Oszillatoren zu beschäftigen, dürfte dem in jeder Publikation zum Thema dargelegten mathematischen Overhead geschuldet sein: Sich mit Formeln zu beschäftigen, bei denen man noch nicht einmal die Symbole kennt, ist nicht jedes Makers Sache. Ganz ohne Hintergrund kommen wir auch in diesem Beitrag nicht aus, aber mehr als die Grundrechenarten werden Sie im Folgenden nicht brauchen – versprochen!

Voraussetzung für eine erfolgreiche digitale Filterung ist, dass die Messwerte in stets gleichem zeitlichen Abstand eintreffen und auch die Filterfunktion im gleichen Rhythmus ausgeführt wird. Sporadisch eintreffende Messwerte sind deutlich schwieriger zu behandeln und sollen wegen der nötigen Vorbehandlung nicht das Thema dieses Beitrags sein.

Sampling

Üblicherweise erhält man seine Messwerte durch Auslesen eines Sensors oder eines A/D-Wandlers innerhalb einer Programmschleife. Deren Laufzeit ist, von Interrupts abgesehen, ziemlich konstant, aber meist zu kurz: Mit einer Datenrate von 1 Million Messwerten (Samples) pro Sekunde, was die On-Chip-Wandler moderner Mikrocontroller durchaus hergeben, ist einem nicht gedient, wenn man nur die aktuelle Temperatur weiterverarbeiten will.

Das Sampling mit fest vorgegebener Rate findet man allerorten: Etwa, wenn Sie jeden Morgen pünktlich um Acht auf das Außenthermometer schauen, mit Ihrem Digital-Oszilloskop Signale beurteilen oder auch beim Anhören einer Audio-CD: Hier trafen die Messwerte einst 44100 mal pro Sekunde auf den Audio-Wandler im Aufnahme-Studio, also im Abstand von $1/f_s = 22,7$ Mikrosekunden. Die Spanne der Sampling-Zeitabstände ist mithin ausgesprochen groß: Von vielen Stunden (Thermometer) bis hin zu Bruchteilen einer Nanosekunde (teures Digital-Oszilloskop).

Die Wahl der richtigen Abtastrate ist willkürlich, folgt aber gewissen Regeln: Wenn Sie den Tages-Temperaturverlauf weiterverarbeiten wollen, genügt es natürlich nicht, nur einmal morgens auf das Thermometer zu

Kurzinfo

- » Digitale Signale und Messwerte filtern in drei Programmzeilen
- » Sinus/Cosinus-Oszillator in zwei Zeilen C-Code
- » Für Fortgeschrittene: Biquad-Filter mit Bandpass-Funktion
- » Code-Beispiele für den ESP32



schauen; hier wäre ein Abstand von einer halben Stunde angezeigt. Ist dagegen ein Audio-Signal in guter Qualität zu verarbeiten, sollten Sie sich zwischen den Messungen nicht mehr als 25µs Zeit lassen.

Zu viel ist, wie bereits angeführt, dann nicht mehr hilfreich. Der schwedische Ingenieur Harry Nyquist stellte schon 1927 fest, dass ein analoges Signal nur mit etwas mehr als der doppelten Signalfrequenz abgetastet werden muss, um aus seinen (heute natürlich digitalen) Stufen das analoge Ausgangssignal vollständig rekonstruieren zu können. Deshalb hat man die Sampling-Frequenz der klassischen Audio-CD auch auf 44,1 kHz gelegt, und deshalb genügt es auch, das Außenthermometer für den Tagestrend nur jede halbe Stunde abzulesen. Von dieser Regel sollte man nur abweichen, wenn die Messwerte zufälligen Schwankungen unterliegen – sei es durch Ablesefehler wie im Thermometer-Beispiel oder durch das Rauschen eines Vorverstärkers. In solchen Fällen wählt man die Abtastfrequenz höher und mittelt dann die einzelnen Messwerte. Nur das ist übrigens der Grund, warum Audio-A/D-Wandler mit mehr als 44,1 oder 48 kHz Sampling-Rate überhaupt sinnvoll sind.

Im Takt bleiben

Der erste Schritt bei der Signalverarbeitung wird also sein, sich beim Abrufen der Samples vom A/D-Wandler oder Sensor etwas mehr Zeit zu lassen, indem man eine Warteschleife (Delay) zwischen den Messungen einführt





oder (besser) den Wandlungsvorgang von einem Timer-Interrupt auslösen lässt. Letztere Methode hat den Vorteil, dass die Laufzeit der Messwert-Aufnahme und der danach ausgeführten Verarbeitung keinen Einfluss auf die Filterung nehmen – man muss nur dafür sorgen, dass deren Gesamt-Laufzeit nicht länger wird als die Zeit zwischen den Timer-Ticks.

Üblicherweise wird man die Messwert-Aufnahme (das Sampling) und die Signalverarbeitung nicht in der (stets möglichst kurz zu haltenden) Interrupt-Routine selbst erledigen. Ein bewährtes Verfahren ist, in der Interrupt-Routine nur ein *Semaphor* zu setzen. Ein solches Flag zeigt dem Hauptprogramm mit dem Wert *true* an, dass es wieder Zeit ist, einen Messwert abzuholen und zu verarbeiten. Nach der Verarbeitung setzt man das Semaphor in der verarbeitenden Routine auf *false*; anschließend wartet man erneut, bis es vom Interrupt wieder angeknipst wird. Unsere Beispielprogramme für den ESP32 (online unter dem Link im Info-Kasten) machen von dieser Methode regen Gebrauch.

Gleitend mitteln

Eine der einfachsten und auch Mathematik-Laien verständlichen Methoden der Filterung ist die Bildung eines Mittelwerts: Um eine integrierende Tiefpasswirkung zu erreichen, die den hochfrequent "rauschenden" Teil mindert, addiert man stetig eine bestimmte Anzahl n eintreffender Messwerte und teilt das Ergebnis durch n. Im simpelsten Fall nimmt man nur zwei Werte: den letzten und den aktuellen; die addiert man und teilt das Ergebnis durch 2. Bei einem "rauschenden" Sensor bleibt so das Nutzsignal erhalten, während sich die unerwünschten Schwankungen halbiert haben. Das gleitende Mittel wird zum Beispiel bei der Notierung von Börsenkursen angewendet; die "Messwerte" sind hier die sekundenaktuell ermittelten Kurse. Der Kursverlauf ergibt sich



RC-Glied als Tiefpassfilter und seine digitale Entsprechung, bestehend aus zwei Multiplikationen, einer Addition und einem Verzögerungselement (d.h. vorheriges Ergebnis, um einen Sampling-Takt verzögert). aus einem gleitenden Mittelwert der letzten Minute oder Stunde.

Kurze Mittelwert-Filter lassen sich problemlos auf einem Mikrocontroller implementieren, indem man die Messwerte in einen *n* Stützstellen langen Ringpuffer schreibt, den Inhalt dann aufsummiert und durch *n* teilt. Um eine niedrige Grenzfrequenz (im Verhältnis zur Abtastrate) zu erzielen, wird *n* aber schnell unhandlich groß: Will man etwa aus einem Audio-Signal mit 48 kHz Sampling-Rate nur die allertiefsten Bässe ausfiltern, sind schon einige tausend Stütz- und damit Speicherstellen nötig, die allesamt aufsummiert werden wollen. Tiefe Frequenzen erstrecken sich ja aufgrund ihrer langen Periodendauer über viele Samples.

Echte Filter

Das einfachste Filter der analogen Welt ist das RC-Tiefpassfilter, das sich digital mit wenigen Elementen nachbilden lässt ①. Es besteht nur aus einem einzigen Verzögerungselement – im Bild das Quadrat, das das Ergebnis des jeweils letzten Durchlaufs aufbewahrt. In der Praxis ist das einfach eine Variable – entweder global oder in der Routine als *static* deklariert, damit sie zwischen den Aufrufen ihren Wert behält und nicht vergänglich auf dem Stack angelegt wird.

Schon diese Anordnung gehört zu den so genannten *Infinite Impulse Response*- oder IIR-Filtern: Bei unendlich großer Gleitkomma-Genauigkeit würde sich der Ausgangs- dem Eingangswert nur annähern, aber nie ganz erreichen. Das ist der große Unterschied zu dem oben erwähnten Mittelwert-Filtern, die zur Klasse der *Finite Impulse Response*- oder FIR-Filtern gehören – bei denen dauert es nur *n* Durchläufe, bis ein stabiler Zustand erreicht ist.

Das digitale RC-Glied arbeitet folgendermaßen: Ein Teil des Eingangssignals wird stetig zu einem Wert addiert, der aus einem Teil der um einen Sampling-Takt verzögerten Summe besteht; das Ausgangssignal nähert sich also mit jedem Schritt immer weiter dem Eingangswert an. Als Formel niedergeschrieben sähe das so aus:

 $Filterwert = (Input \cdot K2) + (Filterwert_{alt} \cdot K1)$

Es ist ersichtlich, dass sich der Filterwert mit jedem Durchlauf beziehungsweise Sampling-Takt umso heftiger ändert, je größer K2 und je kleiner K1 gewählt wird. Ist K2 = 1 und K1 = 0, folgt der Ausgang unmittelbar dem Eingangssignal, mit K2 = 0 und K1 = 1 ändert sich der Ausgangswert überhaupt nicht. Die Summe beider Koeffizienten muss stets 1 betragen, damit das Filter im Durchlassbereich eine nominale Verstärkung von 1 aufweist. Wäre das nicht der Fall, würde der Ausgangspegel durch die fortlaufende Addition schon nach wenigen Takten an die Decke stoßen.

Geschwind oder gemächlich

Die Koeffizienten K1 und K2 der Multiplikationsglieder bestimmen also, wie rasch sich der Ausgangs- an den Eingangswert annähert – und damit natürlich die Grenzfrequenz, also jene, bei der eine nennenswerte Dämpfung (per Definition -3dB, also das 0,708-fache eines sinusförmigen Eingangssignals) einsetzt, weil der Ausgangswert dem Eingangssignal nicht mehr in der nötigen Geschwindigkeit folgen kann. K1 berechnet sich amtlich nach der Formel

 $K1 = e^{-(2\pi \cdot fg/fs)}$

mit f_g = gewünschte Grenzfrequenz (Hz) und f_s = Samplingrate (Hz), womit für K2 = 1 - K1 übrig bleibt. Beispiel: Für eine Grenzfrequenz von 500 Hz bei 48kHz Abtastrate wird K1 zu 0,9375 und K2 zu 0,0625.

Da die Grenzfrequenz immer von der verwendeten Samplingrate abhängt, schreibt man den Ausdruck $2\pi \cdot f_g/f_s$ auch gern verkürzt als kleines Omega (ω). Überschlägig rechnet man für (im Verhältnis zur Samplingrate niedrigen Grenzfrequenzen, also geringem ω) mit einem Faktor von

 $K2 = 2\pi f_{o}/f_{s}$ und K1 = 1 - K2

Die Abweichung der Näherung zu den mit der ersten Formel exakt berechneten Faktoren ist in der Praxis vernachlässigbar, so lange die Grenzfrequenz kleiner als etwa ein Fünfzigstel der Samplingfrequenz ist. In C sähe diese Filterfunktion dann so aus:

```
float lpfilter_6db(float inp) {
   static float delay;
   float k1 = 0.9375;
   float k2 = 1 - k1;
   delay = (inp * k2) + (delay * k1);
   return delay;
}
```

Nachteilig ist, dass hier zwei Faktoren und ebenso viele Multiplikationen berechnet wer-



2 Durch Umstellen der Elemente lässt sich die Multiplikation mit K1 eliminieren; hier wird der negative Wert der Speicher-Variablen zum Eingang addiert.

den müssen. Der Faktor K1 lässt sich eliminieren, indem man die Anordnung wie in Bild umstellt. Unsere C-Filterroutine reduziert sich somit auf:

```
float lpfilter_6db(float inp) {
   static float delay;
   float k2 = 0.0625;
   delay = delay + (inp-delay)*k2;
   return delay;
}
```

Diese Routine ist gleichwertig zur ersten, kommt aber mit weniger Rechenschritten (und vor allem mit nur einer einzigen Multiplikation) aus. Das entstandene Tiefpassfilter weist wie sein analoges RC-Pendant eine *Flankensteilheit* von 6 dB pro Oktave auf, das heißt, oberhalb der Grenzfrequenz fällt der Ausgangspegel auf die Hälfte, wenn sich die Eingangsfrequenz verdoppelt. Unser 500-Hz-Filter würde bei 1 kHz also nur noch die Hälfte des Eingangssignals passieren lassen. Da hier nur K2 benötigt wird, berechnen wir seine Grenzfrequenz überschlägig direkt mit

 $K2 = 2\pi \cdot f_o/f_s$

oder genauer mit $K2 = 1 - e^{-(2\pi \cdot fg/f_s)}$

Ein Hochpassfilter (*Differentiator*) erhält man übrigens, indem man das Ausgangssignal schlicht vom Eingangssignal abzieht. Hier gilt: Unterhalb der Grenzfrequenz fällt der Ausgangspegel auf die Hälfte, wenn sich die Eingangsfrequenz halbiert:

```
float hpfilter_6db(float inp) {
   static float delay;
   float k2 = 0.0625;
   delay = delay + (inp-delay)*k2;
   return (inp-delay);
}
```

Da digitale Filter im Durchlassbereich verlustfrei arbeiten, kann man sie zum Erzielen einer höheren Flankensteilheit ohne weiteres hintereinanderschalten. Im folgenden Beispiel sind zwei Filter in Serie geschaltet, womit sich eine Flankensteilheit von 12 dB pro Oktave ergibt. Das ist als Integrator für verrauschte Signale schon ganz brauchbar, ebenso für die Anwendung im Audio-Bereich:

```
float lpfilter_12db(float inp) {
   static float delay1, delay2;
   float k2 = 0.0625;
   delay1 = delay1+(inp-delay1)*k2;
   delay2 = delay2+(delay1-delay2)*k2;
   return delay2;
}
```



Eingangs- (blau) und Ausgangssignal (gelb) unseres Testaufbaus mit dem 12dB-Tiefpass: Das 100-Hz-Rechtecksignal am ADC wird gefiltert und gleich wieder am DAC-Pin ausgegeben.



Mit der Hochpass-Routine werden die steigenden und fallenden Flanken des Rechtecksignals betont, hier mit 10 kHz Samplingrate und einem K2-Integer von 20.



Signal am DAC-Ausgang mit unserem Biquad-Sinus-Programm: Die Treppenstufen sind der relativ niedrig eingestellten Abtastrate und der mit 8 Bit recht begrenzten Auflösung des ESP32-DAC geschuldet. Auch der DAC selbst arbeitet nicht perfekt, wie die Umschalt-Spikes an den Treppenstufen zeigen.



Die Sinus/Cosinus-Routine zeichnet in der Scope-Clock des Autors alle Kreise und berechnet die Winkel der Zeiger und der rotierenden Objekte - etwa wenn in *Asteroids*-Manier ein UFO auftaucht, auf Elemente des Zifferblatts schießt und diese kreisend zu Boden fallen.

Integer statt Gleitkomma

Die in unseren Beispielen verwendete Gleitkomma-Arithmetik ist bei Mikrocontrollern wegen der Berechnungszeit und des in der Regel immer knappen Programmspeichers unbeliebt; das Einbinden der umfangreichen Float-Libraries vermeidet man daher gern. Floats lassen sich durch Integer-Werte ersetzen, wenn man die Faktoren und Werte in ein willkürliches Festkomma-Format bringt, sie also mit einem konstanten Faktor multipliziert. Wenn der verwendete Mikrocontroller keinen Hardware-Multiplizierer besitzt, kann man gegebenenfalls stattdessen mit Bit-Shifts arbeiten: Bekanntlich multipliziert zum Beispiel ein Shift um ein Bit nach links den Wert mit 2; eine Division durch 2 erreicht man um ein Shift von einem Bit nach rechts.

Um Gleitkomma-Operationen zu vermeiden, haben wir hier in den folgenden Routinen die Gleitkomma-Variablen durch Integer-Werte mit einem festen 8-Bit-"Nachkomma" ersetzt. Das um den Faktor 256 zu große Ergebnis wird deshalb in return (delayed >> 8) also wieder um 8 Bit nach rechts verschoben:

int32_t lpfilter_6db(int32_t inp) {
 static int32_t delayed;
 int32_t k2 = 20;
 int32_t diff;
 diff = ((inp << 8) - delayed) * k2;
 delayed = delayed + (diff >> 8);
 return (delayed >> 8);
}

Einziger Nachteil der Festkomma-Darstellung ist, dass die Grenzfrequenz nicht mehr ganz so fein wie unter der Verwendung von Gleitkomma-Werten einzustellen ist; dass von den 32 Bits der Eingangs-und Ausgangswerte nur 24 berechnet werden, sollte für die allermeisten Anwendungen ohne Belang sein. Bei 10 kHz Samplingrate beträgt die Frequenzauflösung (Stufigkeit der Einstellung) des obigen Filters dann rund 6,22 Hz. Überschlägig berechnet sich die Grenzfrequenz unserer Integer-Filter bei niedrigen K2 also mit

 $f_{q} = K2 \cdot f_{s} \cdot 0,000622$

oder in der Gegenrichtung

 $K2 = f_g/(f_s \cdot 0,000622)$

Bei höheren Grenzfrequenzen (etwa ab einem Fünfzigstel der Sampling-Rate) zieht man besser die Formel K2 = 256 - 256 $\cdot e^{-(2m\cdot fg/fs)}$ heran, unter Berücksichtigung des Faktors 256 (wegen der Verschiebung um 8 Bit). Zur einfacheren Berechnung haben wir unter dem Link im Info-Kasten neben den Sourcen und Programmschnipseln auch ein Excel-Sheet mit exakten Berechnungen von Grenzfrequenz und K-Faktoren hinterlegt, die für alle hier vorgestellten Routinen gelten.

Wie oben erwähnt funktionieren die Filter nur dann, wenn man sie in einer Schleife regelmäßig und in gleichen zeitlichen Abständen aufruft. Auf das Thema Timer-Interrupts kommen wir später noch zu sprechen. Hier verwenden wir die Integer-Version des Tiefpass-Filters, zumal unser ADC und DAC im Mikrocontroller ohnehin nur Ganzzahl-Werte verstehen:

```
void loop() {
    int32_t dac_val, adc_val;
    ...
    (Warte auf Timer-Interrupt)
    ...
    // ADC-Ergebnis ist 12 Bit breit:
    adc_val = analogRead(adc_pin);
    dac_val = lpfilter_6db(adc_val);
    // Unser DAC kann aber nur 8 Bit:
    dacWrite(dac_pin, dac_val >> 4);
}
```

}

Die im Arduino-Dialekt geschriebene Routine liest mit steter Regelmäßigkeit Werte vom Chip-eigenen Analog/Digital-Wandler (ADC) aus, filtert sie mit obigem 6-dB-Tiefpass und liefert die aufbereiteten Werte gleich wieder an einen Digital/Analog-Wandler (DAC).

Kleiner Einwurf

Ein gemeinsames Merkmal der vorgestellten Filter-Funktionen ist, dass sie keine Resonanz aufweisen; das kann von Vorteil sein (Messtechnik), aber auch von Nachteil (Audio- und Musikelektronik-Anwendungen). Gerade im Audio- und Effektbereich wünscht man sich oft so genannte Peaking-Filter, die einen bestimmten Frequenzbereich im Audio-Spektrum hervorheben oder auch abschwächen können, etwa in einer Klangregelstufe. Filter dieser Art können bei besonderen Anforderungen, etwa für das Bandpassfilter eines Messgerätes, beliebig kompliziert werden; ganze Bücher lassen sich mit den Berechnungsgrundlagen für rückgekoppelte Infinite Impulse Response Filter (IIR) füllen. So weit wollen wir es hier nicht kommen lassen - das hatten wir ja eingangs versprochen.

Für normale Anwendungen wie etwa eine Frequenzweiche gibt es eine Filterstruktur, die sich anlehnend an eine analoge Operationsverstärker-Schaltung *biquadratisches Filter* oder kurz *Biquad* nennt. Sie basiert auf einem bemerkenswert einfachen Sinus-Cosinus-Oszillator (Bild 3), der wiederum aus zwei der vorgestellten Tiefpassglieder und einer Rückkopplung "über alles" besteht. In Integer-Arithmetik sieht ein entsprechendes C-Programm so aus:

static int32_t sin_del, cos_del;

```
// Startwert = Sinus-Amplitude
if (init_val > 0) {
   cos_del=(init_val<<8);
   sin_del=0;
   }
   cos_del=cos_del-((sin_del*kf)>>8);
   sin_del=sin_del+((cos_del*kf)>>8);
   // oder Cosinus in cos_del:
   return (sin_del >> 8);
}
```

Sinus aus zwei Zeilen

Den zwei aktiven Zeilen sieht man (von der willkürlichen Bennenung der Variablen einmal abgesehen) beim besten Willen nicht an, dass sie perfekt saubere digitale Sinus- und Cosinusschwingungen erzeugen – und das ganz ohne Lookup-Tabellen oder trigonometrische Funktionen. Die Anwendung der Routine ist äußert einfach: Man ruft sie im setup()-Teil einmalig mit der gewünschten Amplitude in init_val und kf = 0 auf, also etwa biquad_ osc (100,0). Danach muss man nur noch dafür sorgen, dass sie in main() regelmäßig mit der Sampling-Rate aufgerufen wird, hier allerdings mit dem berechneten Frequenz-Faktor in kf und einem init_val von 0, also beispielsweise $dac_val = biquad_osc(0, 20).$

Die erzeugte Frequenz berechnet sich praktischerweise mit der gleichen Formel wie für unsere Filter. Das Funktionsprinzip wird im Effekt-DSP FV-1 von Spin Semiconductor für die LFOs (Low Frequency Oscillators) angewendet, ist ansonsten aber eher wenig bekannt – was dazu führt, dass selbst fortgeschrittene Programmierer Sinus-Generatoren mit platzfressenden Lookup-Tables oder gar sin() – und cos()-Funktionen realisieren.

Durch seine Einfachheit lässt es sich problemlos in Hardware gießen: Für Interessierte haben wir eine VHDL-Implementierung für Gatter-Arrays online gestellt, die Sinusschwingungen mit beliebiger Auflösung (Bit-Breite) erzeugt oder auch Sinus- und Cosinus-Werte in atemberaubender Geschwindigkeit über einen vorgegebenen Winkel berechnet.

Das funktioniert mit der obigen Routine übrigens genauso, wenn auch nicht ganz so schnell wie in einem FPGA: Man gibt einmal einen Startwert für die Amplitude vor (Scheitelwert der Cosinus-Schwingung in init_val und einem K_r von 0) und und führt die Oszillator-Routine dann mit niedrigem K-Wert n-mal aus. Mit jedem Winkelschritt ergibt sich am Ausgang ein neuer Sinus- oder Cosinus-Wert. Mit einem $K_f = 1$ und acht Festkomma-Bits steigt der Winkel mit jedem Schritt um 0,2242 Grad. Benötigt man zum Beispiel die Sinus- und Cosinus-Werte für einen Winkel von 11,5°, führt man die Routine 11,5/0,2242 = 51 mal aus. Mit größeren K_r-Werten kommt man mit deutlich weniger Schritten aus, weil der Sinus



3 Der digitale Biquad-Oszillator besteht aus zwei Integratoren (Tiefpassfilter) und einer Rückkopplung.

dann "schneller" ist, allerdings sinkt dann auch die Auflösung.

Flotte Kreise

Eine nicht alltägliche Anwendung findet dieser Oszillator in der Luxus-Scope-Clock des Autors (siehe Bild S. 88): Da die Routine gleichzeitig Sinus- und Cosinus-Schwingungen liefert, eignet sie sich perfekt zum Zeichnen von Kreisen und Kreisabschnitten über XY-Koordinaten, hier gebraucht für das Zifferblatt. Mit unterschiedlichen init_val-Startbedingungen erreicht man die verschiedenden Kreisdurchmesser. Die Anzahl der Durchläufe bestimmt den Kreisabschnitt. Unser Kreisgenerator arbeitet deutlich schneller als der bekannte Bresenham-Kreisalgorithmus und vor allem kontinuierlich, was der Darstellungsqualität bei einem Vektordisplay zu Gute kommt

Natürlich wäre es möglich, den Oszillator auch in Gleitkomma-Arithmetik zu implementieren. Allerdings führt die begrenzte Genauigkeit der endlich vielen Stellen dann dazu, dass die Schwingungen nach ein paar Wellenzügen (eventuell auch erst nach ein paar hundert) versiegen oder sich durch Überlauf zu einem eher chaotischen Verhalten aufschaukeln können. Dieses Fehlverhalten ist kaum vorhersehbar und kann möglicherweise auch nur bei bestimmten K_r- und Amplitudenwerten auftauchen.



Hier wurde das Bandpass-Filter aus nebenstehender Routine so abgestimmt, dass es die zweite Oberwelle des eingangsseitigen Rechtecksignals betont. Der Dämpfungsfaktor K_q wurde für eine gute Trennschärfe recht niedrig gewählt.

Gedämpfte Bedingungen

Um aus dem Oszillator ein brauchbares Filter zu machen, muss man einerseits das Signal irgendwo zuführen und andererseits eine Dämpfung einfügen, die den rückgekoppelten Signalanteil stark drosselt. Im Filter-Diagramm wird dies durch einen zusätzlichen Multiplizierer für den Dämpfungsfaktor K_q erreicht: Zur Rückkopplung und zum Eingangssignal wird ein einstellbarer, negierter Anteil des ersten Integrator-Ausgangs addiert.

Dieses Filter liefert praktischerweise Hochpass-, Bandpass- und Tiefpassverhalten mit 12dB/Oktave Steilheit in einem Rutsch, je nach gewähltem Ausgang. Bei kleineren K_a liefert







das Filter eine sichtbare bis deutliche Überhöhung des Ausgangspegels nahe der Grenzfrequenz. Der Bandpass-Anteil wird schmalbandiger, das Filter also "schärfer". Ist K_q gleich 0, erhält man wieder obigen Oszillator, im Prinzip also ein schwingendes Filter. In der Ganzzahl-Variante ergibt sich folgende Routine:

Wie bei unseren anderen Integer-Routinen werden K_q und K_r hier mit einer 8-Bit-Verschiebung auf 1/256 skaliert, ein K_q von 256 entspricht also einem Gleitkomma-Faktor von "1.0". Ein musikalisch brauchbares Verhalten erreicht man mit Dämpfungsfaktoren zwischen 0,3 und 2 (entsprechend Integer-Werten von 76 bis 512), für die Anwendung als Frequenzweiche sind Werte nahe 1 (Integer 256) sinnvoll. Damit es im Betrieb durchstimmbar (in der Übergangsfrequenz änderbar) ist, übergeben wir der Routine neben dem Eingangswert auch gleich die gewünschte Frequenz und den Dämpfungsfaktor.

Beachten Sie, dass die Resonanz bei niedrigen K_q Werten sehr ausgeprägt werden kann; das Filter neigt dann zu Übersteuerungen, weil die gefilterten Werte nicht mehr in die effektive Breite des Ausgangsformats (bei unserem Versuchsaufbau die 8 Bit des DAC) passen. Bandpassfilter sind sinnvoll, um aus einem Signalgemisch bestimmte Töne herauszufiltern. Ein Anwendungsbeispiel wäre ein Programm, das ein Mikrofonsignal entgegennimmt und dann auf Pfiff eine Aktion auslöst.

Ein kleiner Nachteil dieses Konzepts ist, dass unser Filter nur für Übergangsfrequenzen stabil arbeitet, die nicht höher als ein Viertel der Sampling-Rate liegen, das heißt, K_r sollte nicht größer als 200 (0,8 in Gleitkomma-Darstellung – hier gilt die Näherungsformel nicht mehr, man verwende die exakte) werden.

Praktischer Aufbau

Wie eingangs erwähnt, verwenden wir für unsere Experimente einen ESP32 in der breadboard-kompatiblen Development-Kit-Bauform. Beachten Sie, dass es auch kleinere Module mit weniger Pins gibt; die im Schaltplan angegebene Pinbelegung gilt für die 38-polige Version. An zusätzlicher Hardware werden nur zwei Widerstände und ein Kondensator mit 470nF benötigt, diese Bauteile sorgen für eine Vorspannung von 1,3V für den ADC-Eingang. Die Eingangs-Wechselspannung sollte 2,5V. nicht überschreiten, sonst wird der ADC übersteuert. Die LED an GPIO 32 diente uns nur zur Kontrolle, ob der Timer-Interrupt richtig läuft; dessen korrekte Einrichtung in der Arduino-IDE hat uns nämlich einiges Kopfzerbrechen bereitet.

Das bleibt Ihnen erspart, wenn Sie auf unsere vorgefertigten Beispiele zurückgreifen, die wir unter dem Link im Info-Kasten für Sie bereithalten. Zum Aufspielen auf das ESP32-Modul benötigen Sie die Arduino-IDE mit installierter ESP32-Bibliothek. Vergewissern Sie sich, das Com-Port und Board-Informationen mit Ihrem Muster übereinstimmen; bei einem "Erstkontakt" müssen Sie möglicherweise noch einen Treiber für den USB-Chip des ESP32-Moduls installieren (meist ein SiLabs CP2102).

Für die Filter-Experimente benötigen Sie einen Funktionsgenerator, notfalls tut es auch ein kleiner Rechteck-Generator mit einem NE555, dessen Ausgangsspannung man mit ein paar Widerständen oder einem Poti auf etwa 2V_{ss} reduziert; seine Ausgangsfrequenz sollte zwischen 100 und 500 Hz liegen. Zur Kontrolle der Wellenformen ist ein Oszilloskop sinnvoll. Selbst einfache TFT-Handheld-Geräte sind hier ausreichend, die erforderliche Bandbreite ist gering (Audio-Bereich, einige 10kHz).

Wenn Sie sich auf Ihr Gehör verlassen wollen, schließen Sie statt des Oszilloskops einen kleinen NF-Verstärker, etwa mit dem allgegenwärtigen LM386, samt Lautsprecher an den DAC-Ausgang an. Bei niedrigen Frequenzen eines Rechteck- oder Sägezahn-Eingangssignals lässt sich die Filterwirkung durchaus auch durch Anhören beurteilen. Einen Kopfhörer könnten Sie über Serienwiderstand und Koppel-Elko (min. 470 Ohm, 100µF) direkt an den DAC-Ausgang des ESP32 klemmen, die Lautstärke reicht zur Beurteilung aus.

Zu guter Letzt noch ein kleiner Hinweis, falls Sie sich in Anbetracht des Oszilloskop-Aufmachers wundern: Das Schirmbild ist zwar echt, wurde aber von unserem ESP32 im XY-Ablenkmodus erzeugt – natürlich kann der Elektronenstrahl bei normaler Zeitablenkung niemals rückwärts laufen. Einen 4. Teil von Zurück in die Zukunft planen wir nicht! —*cm*

Für Maker und Nerds

shop.heise.de/shop-maker



ParkLite

ParkLite denkt mit. Die elektronische Parkscheibe stellt automatisch nach ca. 20 Sekunden die Parkzeit ein. Damit ist Schluss

mit Bußgeldern! Hitze- und kältebeständig, inklusive Reinigungstuch und Klebepads.

29,90 €





Aluminium-Case FLIRC

Das hochwertige Gehäuse aus stabilem Aluminium ist ideal, um den Raspberry

Pi 4 als Media Center zu verwenden. Das elegante Design integriert sich optimal in jede Wohnumgebung. Auch im Set mit Raspi 4 Model B 2GB erhältlich.

23,90 €

musegear® finder Version 2

Finden Sie Schlüssel, Handtasche oder Geldbeutel bequem wieder statt ziellos zu

suchen. Mit dem Finder können Sie z.B. das Smartphone klingeln lassen oder Wertgegenstände einfach tracken und noch mehr.

24.90 €



PokitMeter -Multimeter, Oszilloskop und Logger

PoKit misst, zeigt und protokolliert eine Vielzahl von Parametern wie Spannung, Strom, Widerstand und Temperatur mittels Verbindung via Bluetooth mit Ihrem Smartphone oder Tablet.



Raspberry Pi Pico Starter Kit

Mit Zubehör: Board. Micro-USB-Kabel, Stiftleisten, Breadboard, Jumperkabel.

Raspberry Pi Pico ist ein kostengünstiges, leistungsstarkes Mikrocontroller-Board mit flexiblen digitalen Schnittstellen.

19,90 €



27.70 € 19,90 €

Make Family + **Makey-Paket**

Das PDF-Magazin mit 21 Anleitungen zum kreativen Basteln mit Kids auf über 200 Seiten. Dazu: Makey-Plüschroboter und Makey-Lötbausatz mit LEDs und Batterie.

109,90 €

schwarz und innen rot, einfach demonstrativ auf Ihrem Schreibtisch. Der

praktische Holzdeckel kann gleichzeitig als Untersetzer verwendet wer-

den und verhindert somit nervige Kaffeeflecken auf dem Schreibtisch.



Joy-IT OR750i: Freifunk- & **OpenWrt-Dual-Band-Router**

Der Einstieg in die Freifunk- und OpenWrt-Welt kann oft schwierig sein. Deshalb hat Joy-IT in Zusammenarbeit mit Freifunk Hannover und c't den OR750i entwickelt.

Dank Webinterface kann man beliebige Firmwares einfach hochladen - ohne komplizierte Kommandos oder inkompatible Hardware-Revisionen; ideal für OpenWrt-Einsteiger und solche, die Freifunk einfach nur nutzen wollen.

39,90 €



REINER SCT Authenticator

Der REINER SCT Authenticator speichert die elektronischen Schlüssel für die Logins sicher in seiner Hardware und generiert die TOTP-Einmalpasswörter hochgenau alle 30 Sekunden. Er arbeitet ohne Internetverbindung und kann deshalb online nicht angegriffen werden. Zusätzlich kann seine Funktion noch mit einem PIN-Schutz abgesichert werden.

39,90 €



17,90 €

"No Signal" Smartphone-Hülle

Passend für Smartphones aller Größen bis 23cm Länge blockt diese zusammenrollbare Hülle alle Signale von GPS, WLAN, 3G, LTE, 5G und Bluetooth, sowie jegliche Handy-Strahlung.

Versilbertes Gewebe im Inneren der Tasche aus recycelter Fallschirmseide bildet nach dem Schließen einen faradayschen Käfig und blockiert so alle Signale.

39,90 €

shop.heise.de/shop-maker

PORTOFREI AB 20 € BESTELLWERT





Tasse "Kein Backup? Kein Mitleid!" Wer kennt es nicht? Die lieben Kollegen haben wieder mal die Datensicherung vergessen und betteln bei Ihnen in der IT-Abteilung um Hilfe. Sie denken sich dabei nur: "Kein Backup? Kein Mitleid!" Platzieren Sie die schicke Keramiktasse, außen matt-

SELLER

BEST-

Make-Experimentierset: Der Kühlschrankalarm

Die Kühlschranktür lange geöffnet zu lassen, verschwendet unnötig Strom. Mit einem selbst gebauten Kühlschrankalarm lässt sich das verhindern. Denn dieser spielt einen Ton, der nicht zu überhören ist und entlarvt so auch manch heimliche Nascherei.

von Michael Gaus und Miguel Köhnlein



er kennt es nicht: Ständig steht die Kühlschranktür offen. Sei es, weil die Auswahl an Leckereien so groß ist, dass die Entscheidung schwerfällt und mitunter minutenlang dauern kann - oder weil jemand heimlich (z.B. nachts) noch etwas zum Naschen sucht. Die hier gezeigte Schaltung gibt einen akustischen Alarm mit einem nervigen Dauerton, während die Kühlschranktür offen ist. Das soll bewirken, dass man möglichst zügig das Gewünschte herausholt bzw. hineinstellt und die Tür rasch wieder schließt. Denn schließlich dringt bei offener Tür warme Luft ein, die dann wieder heruntergekühlt werden muss. Als Vorteil bleibt nicht nur der Inhalt länger frisch. sondern es wird auch noch Energie gespart. Ebenso wird man durch die Schaltung auch auf eine versehentlich nicht komplett geschlossene Kühlschranktür aufmerksam gemacht.

Der Aufbau

Wir verwenden zum Aufbau das Make-Experimentierset *Elektronik* (siehe Kasten). Da im Experimentierset weder eine Fotodiode noch ein lichtabhängiger Widerstand enthalten ist, verwenden wir stattdessen eine einfache LED. Diese kann nämlich, außer Licht zu erzeugen, auch als Fotodiode arbeiten und somit Licht erkennen. Je nach Lichteinfall erzeugt die LED1 einen geringen Strom – bei Beleuchtung mit einer Taschenlampe etwa gemessene 150nA. Dieser Strom wird über eine *Darlington-Stufe* verstärkt, die aus den Transistoren T1 und T2 besteht. An der Kollektor-Emitter-

Kurzinfo

» Eine LED als Lichtsensor verwenden
 » Den ICM7555-Timer als Tongenerator für einen Piezo nutzen
 » Nie wieder die Kühlschranktür geöffnet lassen



make-magazin.de/x9u





Strecke der Darlington-Stufe können wir mit einem Multimeter 83µA messen, also etwa eine 553-fache Verstärkung. Die Kollektor-Emitter-Spannung liegt bei gemessenen 0,6V. Aufgrund der 100kOhm von R2 ist dies der maximal mögliche Strom.

Wie gut die Lichtreaktion erfolgt, hängt vom LED-Typ sowie ihrem Öffnungswinkel ab. Die rote und grüne LED aus dem Experimentierset funktionieren für den Aufbau sehr gut. Nach Experimenten mit anderen LEDs haben wir aber auch herausgefunden, dass gelbe LEDs besonders lichtempfindlich reagieren.

Der Ablauf

Solange die *Darlington-Stufe* nicht durchschaltet, leitet der *Transistor* T3, da seine Basis über R2 mit der Betriebsspannung verbunden ist. Somit befindet sich am Kollektor von T3 ein *GND*-Pegel, der den *ICM7555*-Timer (siehe Schaltplan) im Reset hält, da dieser einen *Low*-Pegel am aktiven Eingang (Pin 4) erhält.

Sobald genügend Licht auf die LED fällt, schaltet die Darlington-Stufe durch und T3 sperrt, da an seiner Basis jetzt ein GND-Pegel anliegt. Am Reset-Eingang des ICM7555 liegt nun über R3 ein *High*-Pegel an, sodass der Timer als Tongenerator aktiv wird und am Ausgangspin 3 ein Rechtecksignal generiert, das einen *Piezo-Buzzer* ansteuert.

Die Dauer des Low-Pegels beträgt ca. 0,69 \cdot R5 \cdot C1 und entspricht ca. 227 $\mu s.$

Die Dauer des High-Pegels beträgt ca. 0,69 \cdot (R4 + R5) \cdot C1 und entspricht ca. 455 μ s.

Somit ergibt sich eine Periodendauer von 682µs, was einer Frequenz von ca. 1,5kHz entspricht und in einem gut hörbaren Ton resultiert.



Projekt

Alternativ mit MOSFET

Bei durchgeschalteter Darlington-Stufe liegen in der Praxis noch knapp 0,6V über ihre Kollektor-Emitter-Strecke an und somit auch an der Basis von T3. Normalerweise leitet dann T3 noch nicht vollständig, sodass der ICM7555 im Reset gehalten wird. Funktioniert dies nicht zuverlässig, kann man alternativ anstatt des NPN-Transistors T3 auch den *N-Kanal-MOSFET (IRLML2502)* aus dem Experimentierset nehmen. Dadurch steigt zusätzlich die Lichtempfindlichkeit der Schaltung, weil der FET spannungsgesteuert ist. —akf



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



Hier kommt Verstärkung



Das **Make-Sonderheft** bietet einen praxisorientierten Einstieg in Schaltungen mit Operationsverstärkern inkl. Experimentierset.

Will man Sensorsignale verarbeiten oder verstärken, Spannungen überwachen oder Audiosignale filtern: Mit geringem Aufwand und ohne komplizierte Berechnungen setzt man Operationsverstärker ein. Das Heft erklärt, wie alle Schaltungen funktionieren.

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

Heft + Experimentierset für nur 49,95 €



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



Know-how



Jeder Maker ist ein kleiner MacGyver, der etwa mit einem Stück Seil Herausforderungen meistert. Aber auch wenn es um den 3D-Druck geht, sind es manchmal kleine Tricks, die einen großen Effekt haben.

von Christian Dömer und Ákos Fodor

Paracord – ein vielfältig nutzbares Material

Paracord ist ein dünnes, leichtes Kernmantel-Seil aus Nylon, das ursprünglich als Fangleine für amerikanische Fallschirme im Zweiten Weltkrieg entwickelt wurde. Die Ummantelung besteht aus einer großen Anzahl von eng ineinander verflochtenen Fäden, was eine gleichmäßig glatte Oberfläche ergibt. Da die Leine ausschließlich aus Nylon gefertigt wird, ist sie einigermaßen elastisch. Je nach Situation kann dies ein Vor- oder Nachteil sein.

Einen klassischen Anwendungsfall gibt es im Prinzip nicht, man kann es mehr oder weniger überall einsetzen, wo ein Seil benötigt wird. Die Möglichkeiten sind derart vielfältig, dass der Fantasie kaum Grenzen gesetzt sind – bei der eigenen Sicherheit hört es jedoch auf, wie auch der deutliche Warnhinweis "Not for climbing!" auf vielen Spulen klarmacht. Im Folgenden zeige ich euch einige Beispiele, wofür ich Paracord einsetze.

Es gibt verschiedenste Ausführungen: mit und ohne Kernfäden, Bruchlasten von ca. 40 bis über 300kg, in diversen Farben, nach militärischer oder ziviler Spezifikation; der Durchmesser liegt häufig um die drei Millimeter. Ich habe mich für den *Typ II* 425 **1** als Universal-



Lösung entschieden: 192kg Bruchlast sind mehr als ausreichend. Für kleinere Anwendungen lassen sich die Kernfäden herausziehen und nur die gelbe Hülle oder die einzelnen





weißen Fäden verwenden. Eine Spule mit 100 Metern schlägt mit etwa 25 Euro zu Buche.

An der Treppe in die obere Etage hängt mein Jahreskalender 2, der jeden Monat ein



Bild aus dem vergangenen Jahr zeigt. Auf dem Dezember-Foto sieht man ein paar alte defekte Bauteile, die ich für eine Lötübung wiederverwendet habe. Der Kalender hängt an einem Karabinerhaken, der mit einem Stück Paracord befestigt ist.

Das altbewährte GPS-Gerät ③ hat schon viel mitgemacht, wie dem Gehäuse unschwer anzusehen ist. Der schwarze Clip sitzt inzwischen nicht mehr allzu fest: Beim Hinsetzen hat das Gerät sich in der U-Bahn gelöst. Wieder am Bahnsteig, hatte ich nur noch den Clip in der Hand, als ich den Karabiner vom Gürtel gelöst habe. Ich konnte das Gerät einen Tag später im Fundbüro wieder abholen. Danke an den Fahrer, der es gefunden hat! Also habe ich mir eine sichere Verbindung zwischen Gerät und Clip gebaut: Ein Stück Paracord an der Befestigungsöse des Geräts verknotet und durch den Gurt am Clip gezogen.

Unterwegs kann immer mal etwas lose sein oder kaputtgehen, das man befestigen möchte. In Armband-Form 4 lässt sich auf wenig Raum recht viel Paracord mitnehmen, was auch noch ansprechend aussieht. Um zum Beispiel einen gerissenen Schnürsenkel zu ersetzen, reicht so ein wieder aufgelöstes Armband locker.

Selbst auf der festlich gedeckten Maker-Tafel lässt sich Paracord entdecken – in Form von geflochtenen Serviettenringen **5**.

Beim Nacht-Cachen brauche ich kurzfristig viel Licht, also eine etwas stärkere Taschenlampe. Man sieht, dass sie schon einiges mitmachen musste. Um die Lampe am Rucksack oder Gürtel zu befestigen, habe ich einen Karabiner mit einem Stück Paracord 6 benutzt.

Neben dauerhaften Befestigungen muss manchmal auch – *schnell und jetzt sofort* – eine vorläufige Lösung her. Hier ein mobiles 100W-Solarpanel, das auf der rutschigen Abdeckung des Strandkorbs im optimalen Winkel zur Sonne ausgerichtet wird. Das Panel ist auf einen einfachen Holzrahmen 77 gebunden, dessen untere Leiste auf der Schräge hochgezogen und dann am Rahmen der Regenabdeckung verknotet wird. Im Prinzip ist das eine einachsige, manuelle Sonnenstand-Nachführung.

Zum Schluss noch ein weiterer Tipp: Damit die Enden nicht so ausfransen (8), hält man eine Flamme (kurz und vorsichtig) daran, dann schmelzen die Fasern zusammen. Das noch heiße Nylon lässt sich in Form drücken – aber besser nicht mit den Fingern!

Christian Dömer

3D-Druck mit Lightning-Infill

Auch wenn ich meist funktionale Bauteile für Prototypen 3D-drucke, finde ich es ebenso spannend, die Maschine für Modelle, Skulpturen oder Replika zu verwenden, die eine rein



Materialverbrauch für den Makey (gesamt)

	bei Grid-Infill (20%)	bei Lightning-Infill (20%)	bei Lightning-Infill (80%)
Cura 5.2.1	160g	100g	110g
PrusaSlicer 2.5.0	180,74g	118,60g	133,20g



ästhetische Funktion haben. Da diese Drucke häufig keinen größeren strukturellen Belastungen ausgesetzt sind, ist ihre Stabilität eher zweitrangig. Vollständig auf eine Füllung zu verzichten und sie komplett hohl zu drucken, ist bei vielen Modellen oft dennoch nicht möglich. Die obersten Schichten, beispielsweise die einer Schädeldecke fallen sonst im schlechtesten Fall in sich zusammen, wenn sie nicht gestützt werden. Oder sie müssen abschließend nachbearbeitet werden, weil sie im Vergleich zum restlichen Druck unsauber sind – vorausgesetzt, das Modell lässt es zu.

Für solche Projekte bietet Cura seit Version 4.12 eine Lösung an und auch der PrusaSlicer hat mit dem Update 2.5 nachgezogen. Die von beiden *Lightning-Infill* genannte Füllmethode ergänzt die bestehenden Muster um eine Ressourcen schonende Variante, vergleichbar mit den baumartigen Stützstrukturen, die sich vor allem für organische Modelle eignen. Anstatt den gesamten Innenraum des Modells mit einem Gitter zu versehen (9), werden schichtweise blitzartig aussehende Stützen an den Innenwänden nach oben geführt und stetig vergrößert, bis sie die Deckelflächen des Drucks optimal unterstützen. Da sie sich innerhalb des Modells befinden und im Grunde unsichtbar sind, können die Stützen auch mitten im Modell beginnen, was zusätzliches Material spart. Bei beiden Slicern lässt sich das Lightning-Infill als letzten Punkt unter den Füllmuster-Einstellungen auswählen sowie ein Prozentsatz für die Dichte festlegen.

Welchen Effekt das Lightning-Infill auf die Druckzeit und den Materialverbrauch hat, habe

Druckzeit für den Makey (gesamt)

	bei Grid-Infill (20%)	bei Lightning-Infill (20%)	bei Lightning-Infill (80%)
Cura 5.2.1	14h 49m	11h 11m	13h 2m
PrusaSlicer 2.5	15h 55m	14h 12m	17h 15m

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, Upcyling ...). Wenn wir Ihren Tipp veröffentlichen, bekommen Sie das bei Make übliche Autorenhonorar. Schreiben Sie uns dazu einen Text, der ungefähr eine Heftseite füllt und legen Sie selbst angefertigte Bilder bei. Senden Sie Ihren Tipp mit der Betreffzeile *Lesertipp* an:

▶ mail@make-magazin.de

ich mithilfe eines Makeys 🕕 getestet, den ich auf 200% vergrößert habe. Er ist so konstruiert, dass er keine äußeren Stützen benötigt. Im Inneren habe ich bei beiden Slicern im ersten Durchlauf das Grid-Infill mit 20% Dichte verwendet und danach mit derselben Dichte das Lightning-Infill. Da beide Programme ihre Füllung unterschiedlich aufbauen, können die Werte nur relativ gesehen werden. Im Test ergab sich aber bei beiden ein positives Ergebnis: Cura 🕕 verbraucht für den Makey mit Lightning-Infill (gegenüber Grid-Infill) nur 76% der Zeit und 38% weniger Material. Der PrusaSlicer 😰 benötigt nur 90% der Druckzeit und konnte den Materialverbauch um 34% senken. Rechnen wir mit einer 1kg-Spule PLA für etwa 25 Euro, haben wir das Modell mit Cura für 2,50 anstatt 4 Euro und mit dem PrusaSlicer für 2,97 anstatt 4,50 Euro gedruckt - also 1,50 Euro pro Druck gespart.

Wer gerne Skulpturen oder große Modelle druckt, die mit ordentlich Hohlraum auskommen, sollte einen Blick auf diese Füllmethode werfen. Mit etwas Finetuning lassen sich die Ergebnisse und die Druckzeit noch weiter optimieren. Und sollten 20% Füllung mal zu wenig sein, hält sich der Materialverbauch bei einer höheren Dichte immer noch in Grenzen, selbst bei 80%-Lightning-Infill. Allerdings fällt hier auf, dass der PrusaSlicer ganze 4 Stunden mehr für den Druck berechnet als Cura und damit sogar über der eigenen Druckzeit mit regulärem Grid-Infill liegt.

Ákos Fodor









2× Make testen und über 9€ sparen!

Ihre Vorteile:

GRATIS dazu: Make: Tasse Zugriff auf Online-Artikel-Archiv*

Für nur 16.10 € statt 25.80 €

✓ Jetzt auch im Browser lesen!

Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

* Für die Laufzeit des Angebotes.

Jetzt bestellen: make-magazin.de/miniabo



Technische Zeichnungen mit FreeCAD, Teil 1

Auch wenn man Objekte in 3D auf dem PC konstruiert, benötigt man manchmal einen klassischen Plan auf Papier, etwa wenn man ein Teil in Auftrag geben will. Wie man den mit der kostenlosen Software FreeCAD erzeugt, zeigen wir in unserer kleinen Artikelserie.

von Matthias Mett



rüher verwendete man ein Reißbrett (auch Zeichentisch genannt), um großformatige technische Zeichnungen zu erstellen. Auf dieses spannte man mit den sprichwörtlichen Reißbrettstiften oder Reißzwecken das Zeichenpapier. Bei geraden Linien in definierten Winkeln halfen Lineale, die an einem Zeichenkopf befestigt waren 1. Gezeichnet wurde mit Tusche, oft auf lichtpausfähiges Transparentpapier, wobei für Korrekturen eine Kratzklinge zum Einsatz kam; alternativ nutzte man Druckbleistifte und Radierer.

Dies änderte sich in den 1990er Jahren, als sich Programme fürs *Computer-Aided Design* (CAD) wie *AutoCAD* auf den PCs durchsetzten, die wiederum immer günstiger und leistungsfähiger wurden, was das traditionelle Zeichnen nach und nach verdrängte. Da für die Fertigung der Werkstücke nach den Entwürfen aber nach wie vor Pläne auf Papier gebraucht wurden, waren zu dieser Zeit Stiftplotter verbreitet: Zeichenmaschinen für große Formate, in die man die herkömmlichen Tuschstifte einspannte. Da die sich nicht verzeichneten, brauchte man allerdings den Kratzschaber nicht mehr.

Mit den CAD-Programmen arbeitete man damals allerdings noch genauso zweidimensional wie zuvor am Reißbrett: Räumliche Objekte entwarf man mit Hilfe der Dreitafelprojektion über Vorderansicht, Seitenansicht und Draufsicht. Solche zweidimensionalen CAD-Programme sind auch heute noch verbreitet. Ein Vertreter aus dem Open-Source-Bereich ist *LibreCAD* 2.

Durch das Aufkommen leistungsstarker 3D-Grafikkarten für PCs Anfang der 2000er Jahre ließen sich dann in CAD-Programmen auch 3D-Objekte immer besser und schneller darstellen. Dadurch machten Entwurfsprogramme wie *CATIA* Boden gut: Mit solcher Software konstruiert man auf normalen Rechnern direkt dreidimensional, zuvor ging das nur auf spezieller Hochleistungs-Hardware.

Im Januar 2001 startete auch die Entwicklung von *FreeCAD* als quelloffenem 3D-CAD-Programm. Heutzutage sind die Hardware-Anforderungen für FreeCAD so gering, dass jede Grafikkarte ausreicht, welche die *OpenGL*-Grafikbibliothek unterstützt. Das ist selbst bei den meisten günstigen Onboard-Grafikchips wie den Intel-Grafik-Controllern der Fall. Somit ist es heute auf fast jedem Computer möglich, mit FreeCAD in 3D zu entwerfen.

Zurück zu 2D

In FreeCAD konstruiert man entweder direkt mit 3D-Objekten oder man zeichnet zweidimensionale Skizzen, die man zu 3D-Objekten aufpolstert. Der fertige Entwurf liegt aber immer als 3D-Datenmodell vor. Manchmal möchte man jedoch auch aus einer dreidimen-

Kurzinfo

- » Technische Zeichnung mit Bemaßung aus einem 3D-Modell erzeugen
- » Einfacher Flaschenverschluss als Beispielprojekt
- » Detaillierte Klick-Anleitung als Video zum Artikel



Mehr zum Thema

- » Eine verlinkte Liste alle bisherigen FreeCAD-Artikel aus der Make gibt es online unter der Kurz-URL.
- » Video: Technische Zeichnungen mit FreeCAD, Teil 1



sionalen FreeCAD-Konstruktion weitgehend automatisch eine normgerechte technische Zeichnung erzeugen, die man ausdrucken und in die Werkstatt mitnehmen oder auch einem Dienstleister zur Auftragsfertigung in die Hand drücken kann.

Dies kann man mit der *TechDraw*-Workbench in FreeCAD bewerkstelligen. Wie das funktioniert, beschreiben wir in diesem Artikel sowie den beiden Fortsetzungen dazu in den folgenden Heften. Den genauen Arbeitsablauf in der Software zeigen wir zusätzlich in einem Video (siehe Link in der Kurzinfo).

Papierformat

Die erste Entscheidung beim Erstellen einer technischen Zeichnung ist die Papiergröße, auf der man die Zeichnung erzeugen und vor allem ausdrucken möchte. Wenn Sie nur einen üblichen DIN-A4-Computerdrucker Ihr Eigen nennen, müssen Sie sich dennoch nicht auf dieses Format festlegen: Fast alle Druckertreiber bieten heutzutage die Möglichkeit, einen Druckbereich auf mehrere Druckseiten aufzuteilen, die man dann zusammenklebt. Schicker ist es natürlich, die Zeichnung als PDF-Datei mit dem gewünschten Papierformat zu exportieren und sie bei einem Dienstleister drucken zu lassen.

Die Papierformate der DIN-A-Reihe sind so gestaltet, dass jedes Format immer halb so groß ist wie das vorhergehende Format, aber stets das Seitenverhältnis von 1:√2 gewahrt bleibt 3. Deshalb lässt sich ein DIN-A0-Blatt durch Knicken in zwei Blätter des DIN-A1-Formats teilen.

Virtuelles Reißbrett

Wenn Sie ein 3D-Objekt in FreeCAD konstruiert haben und die *TechDraw*-Workbench starten, bekommen Sie bei Klick auf den Button *Neues Zeichnungsblatt aus der Standardvorlage erstellen* eine DIN-A4-Vorlage. Mehr Auswahl eröffnet der Button *Neues Zeichnungsblatt aus einer Vorlage erstellen*, denn FreeCAD bringt eine ganze Reihe von Vorlagen mit, von DIN A0 bis zu DIN A4, wobei die größeren Formate im Querformat angelegt sind (*Landscape*). A4 gibt es auch als Hochformat (*Portrait*).

Zusätzlich unterscheiden sich die Vorlagen bei der Gestaltung der Schriftfelder, die die Norm ISO 7200 regelt (zu erkennen an den Be-



Arbeit am klassischen Zeichenbrett



2 Zweidimensionale Zeichnung einer dreidimensionalen Schraube in zwei Ansichten mit der Open-Source-Software LibreCAD



Oie Teilung der DIN-Papierformate mit den dazugehörigen Maßen in Millimetern; das umfassende, durchgezogene Rechteck entspricht AO. zeichnungen *ISO7200_Pep* ④ oder *ISO7200TD* ⑤ im Namen der Vorlagen). Bei allen Vorlagen ist das Schriftfeld in englischer Sprache vorgegeben. Es gibt in FreeCAD auch leere Formate ohne Zeichenbereich und Beschriftungsfeld (*blank*).

Bei der Wahl der Papiergröße spielt auch der Maßstab eine Rolle. Wenn Sie ein kleines Werkstück haben, können Sie es im Maßstab 1:1 zeichnen, was bedeutet, dass 1cm in der Konstruktion auf dem Bildschirm auch 1cm auf der ausgedruckten Zeichnung entspricht. Bei einem Maßstab von 1:2 entsprechen 1cm in FreeCAD 0,5cm auf dem Ausdruck. Das Werk-



Ausgefülltes Schriftfeld der umfangreicheren Vorlage "A4_Landscape_IS07200_Pep.svg" 4 und der einfacheren Vorlage "A4_Landscape_IS07200TD.svg" 5

stück wird dadurch verkleinert auf der technischen Zeichnung dargestellt. Der Maßstab lässt sich übrigens für jedes Ansichtenobjekt in der TechDraw-Workbench getrennt einstellen, dazu mehr in den folgenden Artikeln.

Amtliches Schriftfeld

Nachdem man eine Vorlage nach ISO-Norm geladen hat, ist das Blatt bis auf das Schriftfeld und den Zeichnungsrand leer. In Produktionsbetrieben ist das Schriftfeld sehr wichtig, um klar erkennen zu können, um welches Werkstück und um welche Version der Zeichnung es sich handelt. Für die eigene Werkstatt sind die Angaben eher Kür. Aber wenn man seine Entwürfe etwa anderen Makern zur Verfügung stellt, lohnt sich das Ausfüllen auf jeden Fall.

Der Titel ist die Bezeichnung des Werkstücks oder Projekts, als Autor (*Author, Created by*) darf man sich selbst verewigen. Der Genehmiger (*Appr.*) und der Besitzer (*Legal owner*) sind für Maker normalerweise weniger wichtig, aber auch nur bei manchen Schriftfeldern vorgegeben.

Bei Scale ist der Maßstab gemeint, der ist auf jeden Fall interessant, falls er von 1:1 abweicht – sonst können böse Fehler entstehen, wenn man direkt in der Zeichnung misst. Informationen zur Fertigungstoleranz (Toler.), also den zulässigen Abweichungen von den Sollmaßen, kann man als Maker hingegen getrost den Profis überlassen. Bei Sheet trägt man die Anzahl der technischen Einzelzeichnungen des Projekts ein sowie die laufende Nummer der aktuellen. Falls mit einer Zeichnung alles gesagt ist, ist diese dann eben 1 von 1.

Die Größe des Blattes (Size) anzugeben, ist wiederum sinnvoll - nicht, dass am Ende jemand eine A3-Zeichnung versehentlich auf A4 druckt und der Maßstab dann falsch ist. Bei privaten Projekten kann das Material (Part material) noch interessant sein, Nummern für Teile (Part number) oder Zeichnungen (Drawing no.) vergibt man als Maker eher weniger. Datum (Date) und die Revision sollte man immer eintragen, damit man später Versionen auseinanderhalten kann, die sich vielleicht nur in winzigen Details unterscheiden. Im Feld Document Type kann man den Zeichnungstyp angegeben, hier ist in FreeCAD bei den Pep-Vorlagen bereits Mechanical assembly drawing vorgegeben. Eine Vorlage mit einem einfachen Schriftfeld wie die mit der Endung TD reicht in der Regel für die eigene Werkstatt völlig aus.

Beispiel: Flaschenverschluss

Als Beispiel für unsere Artikelserie sollte ein einfaches, aber dennoch in der Praxis brauchbares Beispiel-Werkstück dienen: ein Flaschenverschluss, den man zum Beispiel anhand der gedruckten technischen Zeichnung aus Holz drechseln kann (siehe Titelbild des Artikels). Die Idee war schnell skizziert ⁽⁶⁾, für die FreeCAD-Konstruktion benötigen wir jedoch noch genaue Maße. Bei Bier- und Weinflaschen liegt der Innendurchmesser der Flaschenöffnung zwischen 17mm und 21mm. Um die gängigsten Flaschengrößen abzudecken, wählen wir 21mm Durchmesser am oberen Ende des Konus und 17mm in der Mitte, um den Flaschenverschluss bei kleineren Flaschen mit engerem Hals zumindest zur Hälfte einstecken zu können. An seinem unteren Ende kämen wir damit auf 13mm Durchmesser ⁽⁷⁾.

Für die Länge des Konus nehmen wir 30mm, für den Schaft (den kurzen geraden Abschnitt über dem Konus) 5mm Höhe und für den flachen Griff obendrauf 20mm Höhe. Die Breite des Griffs soll ebenfalls 20mm betragen, damit er nicht über den Schaft herausragt. Zum oberen Rand hin soll er sich jedoch auf 16mm verjün-



gen. Die Stärke des Griffes soll 6mm betragen, solide genug, damit er bei Zug nicht abreißt. In den Konus möchten wir noch eine Bohrung einfügen – zum einen, weil der Flaschenverschluss je nach gewähltem Material dann noch Platz hat, sich nach innen zu verformen, vor allem aber, weil wir dadurch beispielhaft einen Schnitt darstellen können, wie es ihn in technischen Zeichnungen häufig gibt. Bei einem unteren Konus-Durchmesser von 13mm wählen wir für die Bohrung 8mm Durchmesser. Die Bohrung sollte nicht allzu tief sein, bei einer Länge des Konus von 30mm reicht eine Bohrtiefe von 25mm aus.

Im Video zu diesem Artikel zeigen wir Schritt für Schritt, wie Sie in FreeCAD den Flaschenverschluss zeichnen. Außerdem beginnen wir dort mit der technischen Zeichnung, indem wir eine Vorlage auswählen und das Schriftfeld füllen. Im nächsten Heft erstellen wir aus dem 3D-Modell die Ansichten für die technische Zeichnung und zeigen, wie man Detail- und Schnittansichten hinzufügt. —pek



heise Academy

DIE NEUE LERNPLATTFORM FÜR IT-PROFESSIONALS

Wir machen IT-Weiterbildung digital

JETZT KOSTENLOS TESTEN

Das erwartet dich:

• Über 100 Online-Trainings und 80 Online-Kurse

- Die wichtigsten IT-Themen f
 ür heute und morgen
- Erfahrene IT-Experten
- Individuelle Lernumgebung
- Übungsaufgaben und Wissenstests

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



Mit dem Handhobel Holz bearbeiten

Möbel schreinern ohne Werkstatt ist möglich. Mit einem Handhobel perfekte Flächen zu erreichen erfordert allerdings viel Ausdauer, Übung und Muskelschmalz: Wir geben hier die passenden Tipps. Die ausgiebige Beschäftigung mit Holz und die nur scheinbar stupide Arbeit hat aber durchaus einen meditativen Charakter und entspannt. Die fertigen Tische sprechen für sich.

von Jan Peter Kuhtz



a mein alter Wohnzimmertisch schon lange nach Ersatz rief, der Computertisch aus Paletten auch ziemlich durch war und der lokale Holzhändler Eichenbohlen im Angebot hatte, ging es kurzentschlossen los. Im Laden wurden alle Bohlen durchgesehen, um möglichst eine attraktive Maserung zu erwischen. Am Ende des Tages habe ich zwei Bohlen á 2,5m für beide Tische erstanden, da der Zuschnitt so günstiger war.

Weil ich nur eine Handkreissäge und keine richtige Werkstatt habe, wurde mein Wohnzimmer vorübergehend zur Schreinerwerkstatt. Für mich bedeutet dies, dass ich nur auf der Terrasse säge oder schleife (siehe auch Kasten Holzstaub) und alles aufgeräumt hinterlasse. Das nötige Hobeln konnte ich dagegen im Wohnzimmer erledigen.

Für den Wohnzimmertisch waren die Maße von 70cm × 70cm sowie die Höhe von 45cm aufgrund der Vorlage des alten Tisches schnell klar. Die Tischplatte sollte zuerst gebaut werden, da sie die wenigsten Fragen aufwarf. Um eine dauerhaft verzugsarme Platte herzustellen, ist es wichtig zu wissen, weshalb sich Schnittholz verzieht: Holz nimmt Feuchtigkeit auf und gibt sie wieder ab. Dadurch guillt und schwindet es. Durch die Jahresringe des Baums passiert dies jedoch nicht gleichmäßig, sondern entsprechend der Ausrichtung der Ringe. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, wird die Bohle in schmale Streifen (etwa 100 - 200mm) geschnitten und alternierend ausgerichtet wieder zusammen geleimt. So liegen abwechselnd Rechts und Links oben (siehe Kasten Massivholzzuschnitt).

Durch den Schnitt mit der vorhandenen Handkreissäge benötigen die Schnittkanten auf jeden Fall manuelle Nacharbeit, um ein



Kurzinfo

» Möbelstücke schreinern ohne Werkstatt » Handhobel beherrschen » Leimen und Oberflächen veredeln

Checkliste



Kosten: je nach Umfang und Holzart

Werkzeug

- » Handkreissäge mit scharfem Sägeblatt
- » Hobel für grobe und feine Arbeit: Schrupp- und Schlichthobel,

- Stanley oder klassische Holzhobel » Zwingen oder Spannbänder
- » Bandschleifer
- » Winkel
- » Wasserwaage Setzlatte, langes
- Metalllineal oder ähnliches
- » Bleistift

Material

- » Fichenhohlen » Holzleim
- » Schrauben

Mehr zum Thema

» Loslegen mit Holz, Make Sonderheft 2020

.....

- » David Picciuto, Fingerzinken schnell und einfach, Make 4/21, S. 120
- » Hermann Dengler, Eigenbau-Bandschleiferhalter, Make 3/22, S. 88
- » Jan Peter Kuhtz, Tipps & Tricks: Backpapier für Maker, Make 3/22, S. 98





Massivholzzuschnitt

Links und Rechts sind die Bezeichnung für die Flachseiten von Schnittholz (Brett/Bohle): Rechts ist die Seite, die im ursprünglichen Baumstamm näher am Zentrum des Stamms lag. Links dementsprechend die Gegenseite, also die vom Kern des Baumes weiter entfernte Seite. Schnittholz verformt sich in Richtung der dichteren Jahresringe.

Daher werden aus den Brettern Streifen geschnitten und dann wie im Text erwähnt alternierend geleimt, die fertige Platte schüsselt dann nicht. Weiteres finden Sie auch in den Links zum Artikel

Eselsbrücken: Die rechte Seite ist dem Kern zugeneigt, die linke Seite dem Splint (junges Holz außen im Stamm). Wenn sich das Holz verzieht, dann wird die rechte Seite rund (konvex, Buckel wie die H**ex**e), die linke Seite hohl (konkav, da hält sich Kaffee drin).





spaltfreies Fügen zu gewährleisten. Bei der Länge müssen einige Zentimeter Zugabe eingeplant werden, da sich erst nach dem Leimen und Hobeln die Länge der Platte endgültig ergibt.

Als Erstes werden die gesägten Streifen 1 so angeordnet, wie sie später verleimt werden sollen. Diese Lage wird durch jeweils einen senkrechten und einen diagonalen Strich über alle Stücke markiert. So bleibt die Zuordnung erhalten. Damit die Streifen an den Stoßkanten passen und eine gerade und ebene Platte ergeben, müssen die schmalen Stoßkanten gehobelt werden.





Holzstaub – insbesondere von Eiche und Buche – gilt als krebserregend und kann Allergien auslösen. Daher ist es wichtig, hier mit einer entsprechenden Staubmaske zu arbeiten und nach Möglichkeit an gut belüfteten Orten.

Hobeln

Um Holz in Form zu bringen, gibt es verschiedene Möglichkeiten: sägen, schnitzen, schleifen – und hobeln. Ich würde die Präzision des Hobelns zwischen sägen und schleifen anordnen. Es bietet die Möglichkeit, größere Mengen Material abzutragen, wenn dies per Säge nicht möglich ist. Dies kann sowohl bei großen Flächen als auch bei sensiblem Vorgehen sinnvoll sein. Ich beschreibe hier die Nutzung von gängigen Handhobeln.

Für den hier beschriebenen Tisch habe ich vorwiegend *Stanley*-Hobel (2), links, auch *Eisenhobel*) verwendet. Diese metallenen Handhobel gibt es in unterschiedlichen Größen und Ausführungen. Der Vorteil besteht in der sehr feinfühligen Justierung des Hobelmessers: Über ein Gewinde kann eingestellt werden, wie weit die Klinge aus der Sohle herausragt. Die *Sohle* ist die Auflagefläche des Hobels auf dem Holz. Die Öffnung, aus der die Klinge aus der Sohle herausragt, wird *Maul* genannt. Über einen Hebel lässt sich die Klinge im seitlichen (*lateral*) Winkel einstellen, damit sie gleichmäßig über der Hobelsohle heraussteht.

All diese Einstellmöglichkeiten weist auch der klassische Hobel (2, rechts) auf, welcher aus Holz gefertigt ist. Hier erfolgt die Einstellung mittels eines kleinen Hammers. Die Handhabung erfordert mehr Geschick und Erfahrung. Außerdem benötige ich im Gegensatz zum Stanley-Hobel immer einen Hammer bei der Arbeit. Für mich besteht aber der größte Nachteil des klassischen Hobels darin, dass das Maul extrem schnell verstopft.

Wozu brauche ich unterschiedliche Hobel? Es ist wie beim Feilen: Schruppen und schlichten, um grob und fein arbeiten zu können.

Der hintere Hobel im Bild 3 besitzt eine gerade Klinge, welche durch das enge Maul aus der Sohle herausguckt. Den vorderen Hobel habe ich mir zum Schrupphobel umgebaut. Die Klinge ist rund angeschliffen und das Maul habe ich vergrößert. Damit ist das Verstopfungsproblem etwas entschärft. Schrupphobel gibt es natürlich auch fertig zu kaufen.

Apropos scharf: Gut geschärftes Werkzeug ist das A und O. Ich nutze 4 einen Schleifstein, um mithilfe eines Halters meine Hobelklingen zu schärfen. Durch den Halter kann ich den Schneidwinkel genau einstellen und erhalte ein gleichmäßiges Ergebnis.

Der Hobel wird in kräftigen Stößen über das Werkstück geführt. Dabei ist es wichtig. ein Gespür für das Verhalten des Holzes zu entwickeln: Holz ist ein ungleichmäßiger Werkstoff. Die Maserung kann lange Strecken mit der Schnittrichtung verlaufen, bis ein Ast o.ä. kommt: Dann arbeitet die Klinge des Hobels plötzlich gegen die Holzfasern und stellt sie auf oder reißt Stücke heraus. Dann kann es helfen, die Richtung des Hobelns zu variieren. Gerade beim Schruppen, wenn viel Material abgetragen werden soll, ist es manchmal vorteilhaft, guer zur Maserung zu arbeiten: normalerweise und für die feineren Arbeiten aber immer parallel zur Maserung. Gelegentlich kann es auch helfen, den Hobel diagonal zu halten, jedoch gerade zu führen. Dadurch ergibt sich durch die Projektion ein schlankerer also flacherer Klingenwinkel. So lassen sich sehr feine Späne abnehmen und gerade an Problemstellen wie Ästen können so hässliche Fehler leichter vermieden werden.

Bohlenseiten hobeln

Um eine winklige und gerade Fläche zu erhalten, muss zunächst einmal der Istzustand festgestellt werden. Dazu verwende ich einen kleinen Winkel und eine Richtlatte oder eine Wasserwaage. Der kurze Schenkel des Winkels wird an die Bezugsfläche gedrückt, zu der die zu hobelnde Fläche winkelig sein soll. Es sollte immer die gleiche (markierte) Bezugsfläche verwendet werden, da man nicht davon ausgehen kann, dass die gewählte Fläche parallel zur gegenüberliegenden ist. Im Bild 5 ist zu erkennen, dass die Bearbeitungsfläche nach rechts ansteigt. Hier setze ich mir mit einem Stift eine Markierung, wo Holz entfernt werden soll, um später beim Hobeln die zu hohen Stellen gut erkennen zu können. Die Auflagestellen unter dem Winkel sind am besten im Gegenlicht zu erkennen.

Ähnlich gehe ich bei der Geradheit vor: Die Setzlatte oder Wasserwaage ⁶ auflegen und die Auflagestellen markieren. So erhalte ich ein schraffiertes Muster auf meiner Bearbeitungsfläche und kann gut abschätzen, wo ich noch Material entfernen muss.

Wenn weder bei Winkel- noch Ebenheitsprüfung Licht durchscheint, ist das Ziel einer ebenen und winkligen Fläche erreicht. Um die Tischoberflächen kümmern wir uns später.

Pro Fügespalte muss dieser Arbeitsschritt zweimal an den jeweiligen Flächen der Streifen durchgeführt werden, die man im Folgenden zusammenleimt. Für ein gutes Gelingen wird bei der zweiten Fläche immer wieder das Partnerstück angehalten. Dies war bei meinem Tisch die erste große Geduldsarbeit. Ich habe bei drei Stoßkanten, also sechs zu bearbeitende Flächen, etwa zehn Stunden benötigt, da





ich es zum ersten Mal gemacht habe. Für mich ist so eine manuelle Tätigkeit aber die pure Entspannung.

Leimen

Passen alle Streifen perfekt zusammen, kann geleimt werden. Hierfür habe ich mir eine kleine Vorrichtung 7 gebaut, die die Streifen in Position hält und in der ich per Schraubzwinge oder Spanngurt den Druck auf die Klebestellen aufbauen kann. Damit die Vorrichtung nicht mit den Bohlen verleimt wird, habe ich als Trennmittel Backpapier (siehe *Mehr zum Thema* in der Kurzinfo) verwendet.

Damit sich die Streifen nicht aufrichten, sobald ich Druck aufbaue, habe ich kleine Holzkeile als Niederhalter verwendet. Holz-







leim benötigt 3 bis 7 Tage, um vollständig auszuhärten, da die Feuchtigkeit des Leims erst vom Holz aufgenommen wird und anschließend aus dem Holz wieder an die Raumluft abgegeben werden muss. Wie lange die Partnerteile fixiert werden müssen, steht in der Anwendungsbeschreibung des Leims. Ich habe im Wohnzimmer gearbeitet und aus alter Gewohnheit, Ungeduld und Erfahrung die Presskraft nur 24 Stunden aufrechterhalten. Danach kann man im Allgemeinen weiter arbeiten, auch wenn die endgültige Festigkeit erst nach Tagen erreicht wird.

Wieder hobeln

Hat der Klebstoff abgebunden, kann die Platte entnommen werden und es darf wieder gehobelt werden. Diesmal an der Tischfläche und in meinem Fall natürlich wieder per



Hand. Da kein großer Werktisch mit Klemmmöglichkeiten vorhanden war, habe ich auf dem Fußboden mit einer alten Wachstuchdecke als Rutschhemmung und Schutz gearbeitet. So kniete ich auf der Platte und hobelte. Um die Ebenheit ⁽⁸⁾ zu überprüfen, nutzte ich wiederum die Kante einer langen Wasserwaage, um im Gegenlicht die *Berge* und *Täler* zu identifizieren. Ein schneller Bleistiftstrich und schon können wieder die Späne fliegen.

lst diese zweite Geduldsarbeit von beiden Seiten erledigt, kann vorsichtig mit dem Bandschleifer die Oberfläche verfeinert werden.

Nun können die Kanten der Stirnseiten sauber gerade gesägt werden. Um dies zu erreichen, spanne ich ein gerades Holz oder meine Richtlatte rechtwinkelig zur Tischseite und parallel zum gewünschten Schnitt auf meine Tischplatte. Im Anschluss kann ich mit der Handkreissäge die Kante durch einen Schnitt entlang des Anschlages begradigen. Es ist günstig, die spätere Oberseite beim Sägen nach unten zu legen, um für den Fall, dass die Säge nicht ganz perfekt scharf ist und Splitter ausreist, immerhin eine gute Nutzseite zu haben. Auch ein Vorritzen oder ein Splitterschutz an einer Sägeschiene sind eine Überlegung wert. Durch die Schnitte an beiden Querseiten ergibt sich die finale Länge der Tischplatte.

Die Tischbeine

Für den Unterbau musste ich passend zu meinen eingeschränkten schreinerischen Mitteln stabile Beine entwerfen. Prismatische Beine mit annähernd quadratischer Grundfläche sind ohne Zarge schwer an der Tischplatte zu befestigen; solche mit rechteckigem Querschnitt sehen sehr klobig aus. So habe ich sich nach unten hin verjüngende Beine mit Ausrichtung zur Mitte verwendet ④. Ein zentrales Kreuz hält an seinen Enden jeweils ein Bein mit einer Schraube. Das Kreuz 10 wiederum ist an der Tischplatte befestigt. Am ganzen Unterbau habe ich nur Schrauben und


keinen Leim verwendet, da der Klebstoff schlecht an den Stirnflächen des Holzes hält und durch die punktförmige Verbindung mit den Schrauben kann auch das Holz noch etwas arbeiten. Die Beine wirken schlank, sind stabil und es gibt keinen breiten, umlaufenden Rahmen in Form einer Zarge unter der Tischplatte, wie man es oft bei quadratischen Beinen sieht.



Mit Leinölfirnis getränkte Lappen können sich selbst entzünden. Daher nie unbeaufsichtigt liegen lassen und kurzzeitig immer in geschlossenen Gefäßen (z. B. einer Blechdose) lagern, nach dem Gebrauch in Wasser tränken und im Freien trocknen lassen.

Ungesättigte Pflanzenöle oxidieren an der Luft langsam aus und werden hart. Dabei wird Sauerstoff in einer chemischen Reaktion gebunden und es entsteht

Oberflächenbehandlung

Als Oberflächenbehandlung habe ich Leinöl gewählt, da es das Holz sehr gut zur Geltung bringt. Das Öl wird sehr dünn aufgebracht und muss je nach Raumtemperatur bis zu einer Woche trocknen. Um die Oberfläche gut vor Feuchtigkeit zu schützen, sollten mehrere Schichten aufgebracht werden. Geölte Flächen Wärme. In dem behandelten Holz ist die Wärmekapazität groß und die Sauerstoffversorgung gering genug, sodass keine schädliche Temperatur entstehen kann. Anders sieht es bei Textilien und anderen gut luftdurchlässigen Materialien aus: Hier kann sich genug Wärme bilden, die zur Entzündung führt – vor allem bei zusammengeknüllten und mehreren Lappen an einem Ort mit guter Sauerstoffzufuhr. Sobald das Öl ausgehärtet ist, besteht allerdings keine Gefahr mehr.

haben gegenüber lackierten Flächen den Vorteil, dass kleine Schäden mit Schleifpapier und Öl ausgebessert werden können. Bei Lack muss die ganze Fläche entlackt und neu lackiert werden.

Der Tisch und auch sein Geschwister, mein PC-Tisch 11, ist ein echter Hingucker und ich freue mich jeden Tag, wenn ich sie sehe und nutze. —*caw*

Call for Proposals

inreichen



Die Konferenz zu (l)loT

26. und 27. April 2023 in München

Software entwickeln für das (I)lot

Anwendungen im Internet of Things werden immer leistungsfähiger und gleichzeitig komplexer. Lean Prototyping und Simulationen helfen bei der Planung, Machine Learning und Edge Computing beim effizienten Verarbeiten der Daten. Dabei gilt es die Security im Blick zu halten von der Software-Supply-Chain bis zu sicheren Over the Air Updates.

Die Fachkonferenz building IoT ist seit 2016 **der Treffpunkt** für diejenigen, die Softwareanwendungen und digitale Produkte im Internet der Dinge und im Industrial Internet of Things entwickeln.

Schnellentschlossene können bereits vor der Veröffentlichung des Programms im Februar **Tickets zum** extra günstigen Blind-Bird-Tarif kaufen.

www.buildingiot.de







Perfekte 3D-**Drucke mit** Simplify3D



Wer in 3D druckt, braucht zwingend eine Slicer-Software, um seine 3D-Vorlagen in die speziellen Maschinen-Codes für den eigenen Drucker umzuwandeln. Die meisten Maker benutzen dafür kostenlose Software wie PrusaSlicer oder Cura. Eine Lizenz für den Slicer Simplify3D hingegen kostet 149 US-Dollar und wohl auch deshalb begegnet man dieser Software eher im (semi-)professionellen 3D-Drucker-Umfeld. Dafür wird auch was geboten: Anders als sein Name suggeriert, ist das Programm komplex. Wenn man intensiv damit arbeiten und etwa die Druckprozesse in der eigenen Werkstatt systematisch optimieren will, lohnt sich als Begleiter das vorliegende, umfassende Handbuch zur Software. Zwischen Erklärungen zu Menüs, Optionen und Shortcut-Listen sind hilfreiche Praxistipps in kleinen Kästen eingestreut, die helfen, die durchaus vorhandenen Nickeligkeiten der Software zu umschiffen. Das Buch macht auch nicht an den Grenzen des Slicers halt - so wird auch der komplette Weg einer Konstruktion aus dem parametrischen CAD-Programm über den Export als passend aufgelöstes facettiertes Polygonmodell, den Import in Simplify3D bis hin zur Bearbeitung und eventuell notwendigen Reparatur des Oberflächennetzes mit den Werkzeugen der Slicer-Software im Detail beschrieben. –pek

Autor	Petra Rapp, Fabian Hotz
Verlag	Hanser
Umfang	386 Seiten
ISBN	978-3-446-47033-0
Preis	49,99 \in (Print/PDF/EPUB)

Calliope-Baukasten Einsteiger

von FunKits

Der Calliope mini blinkt, macht Geräusche und reagiert auf seine Umwelt. Damit eignet er sich perfekt für die ersten Mikrocontroller-Projekte ab dem Grundschulalter. Ausgestattet mit einer Vielzahl von Sensoren sowie Ein- und Ausgängen lässt er sich baukastenartig sogar via Smartphone und Webbrowser programmieren.

Um jungen Makern auf die Sprünge zu helfen, hat der Familienbetrieb FunKits den Calliope-Baukasten Einsteiaer entwickelt, der allerhand Zubehör und Ideen mitbringt. Das Kernelement bildet ein Calliope mini (Rev 2) mit bereits angelöteten Steckerleisten. Dieser sitzt in einem Gehäuse, das FunKits speziell für Kinderhände entworfen hat. Außerdem ist für den mobilen Einsatz ein Batteriefach integriert, was ziemlich praktisch ist.

Als Zubehör beinhaltet das Set 5 Kabel mit Krokodilklemmen, LEDs, ein Poti, einen Servo- sowie einen Vibrationsmotor mit einem Zahnbürstenkopf und einen Propeller. Mit diesen Bauteilen lernen Kinder in insgesamt 10 Projekten, wie man z.B. LEDs blinken lässt, deren Helligkeit mit einem Poti steuert, Servo-Motoren mittels Klatschen aktiviert oder



dem Calliope das Tanzen auf vibrierenden Füßen beibringt. Dieser dreht dann auf einer ebenen Fläche munter seine Pirouetten.

Wer bereits einen Calliope besitzt, kann den Baukasten auch ohne Mikrocontroller bestellen. Einzelkomponenten einschließlich des speziellen Gehäuses lassen sich ebenfalls separat nachrüsten, sodass man nichts doppelt kaufen muss. _akf

Hersteller	FunKits
URL	funkits.cc
Preis	120 \in (mit) oder 65 \in (ohne Calliope mini)

CadQuery

3D-Objekte programmieren in Python

Viele Maker kennen und nutzen bereits Open-SCAD. Dessen Limitationen und die verwendete eigene Programmiersprache sind aber nicht jedermanns Sache.

CadQuery ist hingegen ein für Programmierer einfach nutzbares Python-Modul, um parametrisch per Programm 3D-Geometrien zu bauen. Es kann leicht in eigene Programme eingebunden werden, es gibt aber auch einem empfehlenswerten eigenen Editor (CQeditor), oder man nutzt das Modul in Jupyter-Notebooks oder CAD-Software. Mit Python als moderner und verbreiteter Programmiersprache profitiert man von der umfassenden Dokumentation und den unzähligen Libraries und Modulen dafür.

Open CASCADE Technology (OCCT) ist der Kern von CadQuery: Er bietet moderne Features wie NURBS, Splines, Surface Sewing, STL-Reparatur, STEP-Import/Export und natürlich die Boolschen Operationen (CSG, Constructive Solid Geometry). Gegenüber OpenSCAD berechnet CadQuery komplexe Modelle sehr viel schneller. Durch die CASCADE-Basis lassen sich auch STEP-Dateien erzeugen, die gut als Austauschformat geeignet sind und von so



Ausprobiert

gut wie allen CAD-Anwendungen gelesen und ohne Verluste bearbeitet werden können.

Durch viele vordefinierte Funktionen erfordern die meisten Skripte weniger Code. Dies gilt nicht nur für Grundobjekte, sondern auch komplexe Funktionen wie Abrunden oder Fasen gibt es fertig. Die Objekte können nicht nur in absoluten Koordinaten platziert werden, sondern auch in relativer Abhängigkeit zu anderen Objekten, Flächen oder einzelnen Punkten. Dies erleichtert die Wiederverwendung sehr. —caw

Hersteller	CadQuery
URL	github.com/CadQuery/CQ-editor/
Preis	kostenlos (Open Source)

Arduino IDE 2.0

Stabile Version der Entwicklungsumgebung und Programmiersprache

Arduino IDE ist ein Urgestein und *der* Editor, um Mikrocontroller-Boards (nicht nur von Arduino) zu programmieren. Nachdem viele Patches der 1.x-Versionen die Unterstützung von neuen Boards und Konzepten brachten, war eine komplette Überarbeitung für Version 2.0 nötig, um Komfortgewinn, mehr Geschwindigkeit und eine moderne IDE zu bieten.

Hauptziele der Entwicklung waren ein Echtzeit-Debugger, ein modernes User-Interface und automatische Vervollständigung für Variablen und Funktionen. In dieser Entwicklungsperiode wurden durch die Community Fehler behoben und neue Features eingebaut.

Die Arduino IDE 2.0 gibt es wie gewohnt für Windows (64-Bit) ab 10 aufwärts, Linux x86-64 und macOS 10.14 *Mojave* oder neuer. Arduino 2.0 ist auch im Quellcode unter der sehr freien *GNU Affero General Public License* v3.0 erhältlich und so wird es sicher auch Ports für nicht offiziell unterstützte Systeme geben.

Die Oberfläche erscheint smarter und nimmt dem Maker Arbeit ab. Der Zugriff auf das Sketchbook, den kräftig überarbeiteten Boardmanager, Bibliotheken, Serial-Monitor bzw. Plotter und den Debugger wird durch klare Icons erleichtert. Neue Board-Typen kann man jetzt auch ohne Patches einbinden.

Die Auto-Vervollständigung funktioniert und erspart viel Tipperei, nebenbei lernt man vielleicht noch weitere Möglichkeiten der verwendeten Libraries kennen. Bei Variablennamen ist so das Vermasselungspotential durch Vertippen dras-

tisch geringer. Konstanten, Variablen oder Funktionen haben ein Kontextmenü, mit dem zur Definition auch in Libraries gesprungen werden kann.

Durch smartes Caching ist die IDE nun gefühlt deutlich schneller. Den Serial-Monitor und den verbesserten Serial-Plotter kann man nun parallel zueinander benutzen. Dies wird durch die neue flexible Fensteraufteilung möglich.

Natürlich gibt es eine Integration der Arduino IoT Cloud, die es erlaubt, Code von verschiedenen Rechnern über den Browser zu bearbeiten, kompilieren und auf Boards zu

and March 2010. The Antonio Control of Antonio Cont	obiert
<pre>Mark and and an and an an</pre>	ake:

speichern. Updates der IDE erkennt Arduino selbst und lädt und installiert die neue Version unkompliziert nach einem Mausklick auf den Update-Button.

Die Version 2.0 der Arduio IDE kann nun gegenüber anderen IDEs aufholen und von der sehr großen Verbreitung und immensen Menge an Tutorials und Dokumentationen profitieren. —*caw*

Hersteller	Arduino
URL	arduino.c
Preis	kostenlos

Creality Sonic Pad

3D-Druckserver mit Klipper-Firmware

Das Sonic Pad ist ein 3D-Druckserver, der mit der Firmware *Klipper* arbeitet. Klipper zeichnet sich dadurch aus, dass es auf dem Drucker selbst nur rudimentäre Funktionen installiert, während die eigentliche Bewegungssteuerung inklusive der Beschleunigungs-, Abbrems- und Geschwindigkeitseinstellung vom Druckserver erledigt wird.

So sollen sich höhere Druckgeschwindigkeiten erreichen lassen, insbesondere, wenn man die *Resonance Compensation* benutzt. Dabei werden die Resonanzfrequenzen der Achsantriebe mithilfe eines mitgelieferten Beschleunigungssensors ermittelt. Nach den Messungen kann der Drucker so eingestellt werden, dass diese Frequenzen nicht mehr auftreten. Folge: Fehler wie Ghosting sollen selbst bei deutlich höherer Geschwindigkeit verringert oder ganz vermieden werden.

Das Pad lässt sich nicht nur mit Creality Ender-3- und -5-Modellen, sondern auch mit Geräten anderer Hersteller einsetzen, falls es dafür eine passende Konfigurationsdatei (Github) gibt. Zuvor muss der Drucker jedoch mit der neuen Firmware versehen werden. Nach dem ersten Einschalten und der Eingabe der Netzwerk-Daten fordert das Pad zur Wahl des Druckermodells auf. Nach einem Klick darauf läuft der Rest anschaulich illustriert ab. Zum Schluss erhält man ein Firmware-Update auf einer SD-Karte, mit dem man den Drucker updaten muss.

In einem ersten Versuch in der Redaktion (Ender 3 mit Silentboard V4.2.7) ließ sich alles problemlos einrichten: Auch der Z-Achsen-Sensor (ein BLTouch-Clone) wurde ohne Murren akzeptiert. Der Druck lässt sich danach am Pad oder über die sehr komfortable Web-Oberfläche steuern.

Das Creality Sonic Pad kostet 190 Euro, was erst mal teuer scheint. Allerdings erhält man dafür nicht nur den leistungsfähigen Server (wofür sonst etwa ein teurer Raspi nötig wäre), sondern auch einen Touch-



screen, den Beschleunigungssensor, Netzteil, Kabel sowie Handbücher und Druckvorlagen auf einem USB-Stick. Da allein ein Raspi im Moment mit 150 bis 200 Euro gehandelt wird, erscheint der Preis doch recht günstig. — hgb

Hersteller	Creality
URL	https://www.creality.com/products/
Preis	creality-sonic-pad 190 €

Mathe, Physik und Co.

Doppelspaltexperiment zu Hause



Im Youtube-Kanal Looking Glass Universe geht es hauptsächlich um Mathematik und Quantenphysik. Nicht gerade leichte Kost, aber natürlich durch die aktuellen Entwicklungen im Quantencomputing in aller Munde. Die Youtuberin, Physikerin und Wissenschaftskommunikatorin Mithuna Yoganathan erklärt diese Themen sehr eindrücklich und verständlich – gute Englischkenntnisse vorausgesetzt. Aber auch die automatische Übersetzung der Untertitel funktioniert durch ihre klare Aussprache erstaunlich gut.

In dem Video I did the double slit experiment at home erklärt sie, wie man das berühmte Doppelspalt-Experiment zu Hause mit billigen Lasern durchführen kann. Der Doppelspalt wird auf den Steg zwischen den beiden Spalten reduziert und dann losexperimentiert. Als Steg kommt einfach ein Haar zum Einsatz, der Laser und der Rest wird mit etwas Knete und Kartons fixiert.

Nach ein paar Minuten Theorie folgt dann das Ergebnis (was hier nicht verraten wird). Wer Glück und guten Physikunterricht in der Schule hatte, kennt es schon, aber die Methode und die Erklärungen von Mithuna Yoganathan, ihr Enthusiasmus und was sie selbst als Fachfrau daraus mitnimmt, ist schon sehenswert.

Wir haben es ebenfalls ausprobiert und statt eines Haares eine Ader aus einer sehr feinen Kupferlitze verwendet. Etwas Klebeband, Karton und Heißkleber später konnte das Experiment starten und hat problemlos funktioniert. Leider hatten wir keinen Raucher oder Dampfer im Umfeld, so konnten wir den aufgeteilten Strahl selbst nicht ablichten, aber auch so war das alles interessant genug. Das Video macht auf jeden Fall Lust, sich auch die anderen gut gemachten Videos im Kanal anzuschauen. —caw

make-magazin.de/x9wz

Algebra

von Algorithmen bis Vektoren

Mathematik umgibt uns – ob wir sie bewusst wahrnehmen und verstehen oder nicht. Sie ist

ebenfalls ein fester Bestandteil vieler Maker-Projekte und für viele Bastler längst viel mehr geworden als das notwendige Übel unserer Schulzeit. Verstehen wir sie als kreatives Werkzeug, hilft die Mathematik uns, Kls zu programmieren und clevere Mechanismen oder Schaltungen zu konstruieren. Wieso nicht also die Gelegenheit nutzen und die Schönheit der Mathematik von Grund auf neu entdecken?

Michael Willers hat dafür das Buch Algebra: von Algo-

rithmen bis Vektoren geschrieben, eine Art Reiseführer, der uns an wichtigen Ideen, Persönlichkeiten und geschichtlichen Zusammenhängen vorbeiführt - ohne dabei mit zu viel Komplexität zu überladen. Natürlich dürfen die üblichen Verdächtigen nicht fehlen und so begegnen wir Archimedes und Fibonacci, der Lösung quadratischer Gleich-



ungen und dem allseits beliebten π und seiner Entstehungsgeschichte. Wir erfahren

> aber beispielsweise auch, wofür die indische Mathematik den Satz des Pythagoras bereits 200 Jahre vor dessen Geburt verwendete. Wenn es Willers möglich ist, veranschaulicht er abstrakte Zusammenhänge im Sachaufgaben-Stil mit konkreten Situationen aus dem Alltag, z.B. um auszurechnen, wie man mit 55 in Rente gehen kann

> Sicherlich darf man mit 176 Seiten kein Kompendium erwarten und auch in die Tiefe geht das Buch selten. Es

Ausprobiert

-von Make:

ist aber ein Einstieg, der Lust auf weitere Ausflüge in die Mathematik macht. -akf

Autor	Michael Willers
Verlag	Librero IBP
Umfang	176 Seiten
ISBN	978-94-6359-808-8
Preis	9,95€

Pr

Seeedstudio MR60BHA1 Sensor für Atem- und Pulsfrequenz

Ein Sensor, der die Herz- und Atemfrequenzen eines Menschen aus bis zu 2m Entfernung messen kann, wäre sicher ein nützliches Teil, beispielsweise bei der Überwachung bettlägeriger Personen. Der MR60BHA1 von Seeedstudio behauptet, dies zu können.

Auf dem kleinen Board sitzt ein 60GHz-Radar-Sensor. Das von der zu überwachenden Person reflektierte Signal wird von einem kleinen Prozessor auf dem Board ausgewertet. Über eine serielle Schnittstelle an der Unterseite der Platine (auf einer Kontaktleiste mit 2mm-Rastermaß) können dann die Werte für die Atemund Pulsfrequenz, die Entfernung zur Person und einige andere Daten abgefragt werden. Die Stromversorgung (5V, unter 10mA) erfolgt ebenfalls über die Kontaktleiste.

Unser Test erfolgte sowohl mit der PC-(Windows-)Software als auch mit dem Arduino-Sketch, beides vom Hersteller. Die Werte muss man sich beim Arduino mithilfe des seriellen Monitors anzeigen lassen. Die ersten Werte erschienen bereits nach wenigen Sekunden: Herzfrequenz etwas schwankend um 70 Schläge/Minute herum, Atemfrequenz 17 Atemzüge/ Minute, 17mal pro Minute ein- und auszuatmen, also alle 3,5 Sekunden einmal komplett durchzuatmen, entsprach nicht meiner aktuellen Atemfrequenz. An dieser



Anzeige änderte sich auch nichts, als ich einmal für 30 Sekunden den Atem anhielt.

Die Messergebnisse der Gegenprobe mit einem Blutdruck- und Pulsmesser wichen mit 83 Schlägen/Minute aber doch deutlich von der mit dem Radarsensor ermittelten Werten ab. Selbst ohne jegliche Person im Umkreis von 10m blieb der Sensor bei seiner Meinung.

Fazit: Gute Idee, aber an der Ausführung hapert es. Die ermittelten Werte sind noch nicht einmal als grobe Anhaltspunkte brauchbar. Schade ums Geld. —hgb

Hersteller	Seeedstudio
URL	wiki.seeedstudio.com/Radar_MR60BHA1/
Preis	45 US-\$

Mathematik verstehen mit fischertechnik

28 faszinierende Modelle bauen, die rechnen, zeichnen und messen

Praktisch lernt man Dinge leichter als nur theoretisch. Aber wie passen *Learning by Making* und Mathematik am besten zusammen?

Indem man mathematische Instrumente, Apparate und Gegenstände baut und in der Praxis anwendet. Thomas Püttmann stellt in seinem rund 470 Seiten dicken Buch 28 (historische) Modelle vor, die rechnen, zeichnen und messen können – alles aus Fischertechnikteilen zusammengebaut.

Einige der Modelle eignen sich, um Mathematik geometrisch besser zu veranschaulichen und bestimmte Probleme auf diesem Wege zu lösen. Andere Modelle können multipli-

zieren und Gleichungen lösen. Die Projekte sind nicht einfach nur in einem durchgehenden Fließtext beschrieben. Vielmehr führt der Autor den Leser durch eine Folge von Fragen und Antworten zu Geschichte, Nutzen, Funktion und Bedienung durch seine Modelle. Die zugrundeliegende Mathematik vermittelt

Püttmann in teils farbigen Formeln.

Der Synthesizer, als nur ein Beispiel, zeichnet Graphen zweier überlagerter Sinusfunktionen. Er besteht aus einer Grundplatte und zwei per Kette und Seilen gekoppelter Rotoren. Auf diese Weise lassen sich zwei in Amplitude und Phase verschiedene Sinusfunktionen überlagern, dessen Ergebnis der Synthesizer auf Papier zeichnet. Mit etwas Probieren der richtigen Einstellungen soll der Synthesizer eine der

Rechteckfunktion nahekommenden Kurve zeichnen. Potzblitz, jetzt erkennt man die Fourier-Synthese und den Bezug zur Fourier-Analyse.

Wer seine fischertechnik-Kästen glücklicherweise noch gehortet hat, kann die Modelle mit den teilweise recht rudimentären Anleitungen im Buch nachbauen. Ein Link im Buch führt aber zum Download von Teilelisten, sodass man sich die Teile in einschlägigen Shops auch gezielt kaufen kann. Die in den Modellen verwendeten Skalen, Tabellen, Aufschriften gibt es als PDF-Download zum Selberdrucken. Das Buch macht Spaß, selbst wenn man die Modelle nicht unbedingt nachbauen will. Man muss aber schon ein Faible für Mathe haben – wer damit auf Kriegsfuß steht, wird auch durch all die Praxisbezüge nicht bekehrt. Das Buch eignet sich für Lehrende und Lernende gleichermaßen. —dab

Hinweis: Dieses Buch erscheint in einem Verlag, der wie die Maker Media GmbH zur Heise Gruppe gehört.

Ausprobiert

Autor	Thomas Püttmann
Verlag	dpunkt.verlag
Umfang	474 Seiten
ISBN	978-3-86490-936-8
Preis	34,90 € (Print)

CRUMB: Elektroniksimulator in 3D

Mathematik

28 faszinierende Modelle bauen,

die rechnen, zeichnen und messen

mit fischertechnik

verstehen

dpunkt.verlag

Fritzing on Steroids

Obwohl auf der (Spiele)-Plattform *Steam* unter *Spiele/Simulationen* gelistet, fehlt jegliches Spielziel: Tatsächlich ist *CRUMB* eher ein Konkurrent für Elektroniksimulationen oder Maker-Tools wie *Fritzing*. Die Entwicklung der Schaltungen findet makertypisch auf Breadboards statt. Alles ist in 3D und realistisch gerendert, wenn auch nicht fotorealistisch. Bisher gab es CRUMB nur für iOS und Android in den jeweiligen Stores, nun kommt es mit Steam auf den Desktop. Dank Entwicklung mit *Unity* sind auch Versionen für Linux und Mac in Aussicht gestellt.

Nach dem Start findet man in der Menüleiste erste spannende Bauteile, in Untermenüs verstecken sich teils noch lange Listen weiterer Variationen. Über den Startdialog gelangt man zur Auswahl, um mit einer leeren Werkbank, dem Laden von Designs von der lokalen Festplatte oder aus der Cloud zu beginnen. Der Cloud-Button ist aktuell noch ausgegraut, zum Glück gibt es aber die *Built-in-Examples*, die zu ein paar tollen Demos führen. Hier gibt es ein paar Beispiele von Breadboards zu den Themen Widerstände, Kondensatoren, Spulen, Zener-Dioden, Transistoren, Displays, Sound, Digitale Logik bis zu einem Pong-Spiel, das auf einem simulierten Arduino mit grafischem Display läuft. Wow.

Neue Bauteile hinzuzufügen verläuft problemlos, das Einrasten auf dem Bre-

adboard wird deutlich dargestellt, so das man auch in 3D zum Ziel kommt. Kabel kann man mit der rechten Maustaste um die Ecke legen. Eine nachträgliche Änderung ist im Moment nicht möglich, dafür muss man diese Verbindung löschen und neu ziehen. Die elektrische Simulation wird übrigens intern mit der etablierten *SPICE-Engine* durchgeführt, welche der Kern vieler etablierter Schaltungssimulationen ist.



Es gibt noch genug Fehler und fehlende Teile, das Ganze macht aber schon mächtig Spaß. Das Forum wird nicht müde, Fehler und Verbesserungsvorschläge an den Entwickler (ja, den einen!) weiterzugeben und in der nächsten Version soll eine noch zugänglichere Oberfläche kommen. —*caw*

Hersteller	Vital Group Limited
URL	crumbsim.com
Preis	8,79 € (Steam/Windows)

IMPRESSUM

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), Johannes Börnsen (jom), Ákos Fodor (akf), Carsten Meyer (cm), Carsten Wartmann (caw)

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Christian Dömer, Stefan Draeger, Thomas Fischer, Michael Gaus, Bernd Heisterkamp, Jan Kipping, Miguel Köhnlein, Jan Peter Kuhtz, Benno Lottenbach, Matthias Mett, Eike Müller, Ulrich Schmerold, Martin Siegmann, Martin Simeth, Alessa Wuthenow

Assistenz: Susanne Cölle (suc), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

Leiterin Produktion: Tine Kreye

DTP-Produktion: Martina Bruns, Martin Kreft (Korrektorat)

Art Direction: Martina Bruns (Junior Art Director)

Layout-Konzept: Martina Bruns

Layout: Nicole Wesche

Fotografie und Titelbild: Andreas Wodrich

Digitale Produktion: Kevin Harte, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com

Verlag

Maker Media GmbH Postfach 61 04 07, 30604 Hannover Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover Telefon: 05 11/53 52-0 Telefax: 05 11/53 52-129 Internet: www.make-magazin.de

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise

Geschäftsführung: Ansgar Heise, Beate Gerold

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167) (verantwortlich für den Anzeigenteil), mediadaten.heise.de/produkte/print/ das-magazin-fuer-innovation

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: Dierichs Druck + Media GmbH & Co.KG, Frankfurter Str. 168, 34121 Kassel

Vertrieb Einzelverkauf: DMV DER MEDIENVERTRIEB GmbH & Co. KG Meßberg 1 20086 Hamburg Telefon: +49 (0)40 3019 1800 Telefax: +49 (0)40 3019 1815 E-Mail: info@dermedienvertrieb.de Internet: dermedienvertrieb.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 \in 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 Lizzen zfür Software und Hardware explizit genannt ist.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in Make erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Published and distributed by Maker Media GmbH under license from Make Community LLC, United States of America. The 'Make' trademark is owned by Make Community LLC Content originally partly published in Make: Magazine and/or on www.makezine.com, ©Make Community LLC 2020 and published under license from Make Community LLC. All rights reserved.

Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf Recyclingpapier.

© Copyright 2022 by Maker Media GmbH

ISSN 2364-2548

Nachgefragt

Was war dein Lieblingsfach in der Schule?

Benno Lottenbach Alpnach Dorf, Schweiz, zeigt auf S. 36 wie sein Ping-Pong-Trainer Bälle verschießt.

Geometrie. Obwohl Lieblingsfach, konnte ich 30 Jahre nichts davon anwenden. Bis zu jenem denkwürdigen Tag, als ich Fusion 360 entdeckte. Und plötzlich war ich froh zu wissen, was eine Tangente ist!

Alessa Wuthenow

Clausthal-Zellerfeld, lässt auf S. 76 Rosenglocken per Smartphone-App leuchten Manchmal war es Mathe, manchmal Kunst, mal Musik, mal eine Naturwissenschaft oder sogar Französisch ... Ein richtiges Lieblingsfach hatte ich nie, da ich mich für fast alles begeistern konnte.



Dortmund, knotet auf S. 96 Halterungen aus Paracord.

Mein Lieblingsfach war der Physik Leistungskurs. Ich wollte schon immer wissen und verstehen, warum unsere Welt so funktioniert, wie sie funktioniert – und will es immer noch. Deshalb bin ich jetzt Ingenieur.

Martin Siegmann

Römerberg, erweitert auf S. 54 den Lasercutter von Mr. Beam um einen Air Assist.

Lieblingsfach: Technik. Ich hatte stets super Lehrer und mochte die Vielfalt des Faches. Berechnung, Gestaltung und dann auch noch die Verbindung von Theorie und Praxis machten alles sehr abwechslungsreich.

Inserentenverzeichnis

dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg	7
OXON AG, CH-Liebefeld	34, 35
Reichelt Elektronik GmbH & Co., Sande	116

Shaper Tools GmbH, Leinfelden-Echterdingen	9
TUXEDO Computers GmbH, Augsburg	. 2
make:Markt	25

eis- Liebli ollte Ich ha ssen Lehre die Vi 'elt so Berec

Hannover Maker Faire[®]

jie is

nhatyou

Make:

Hannover Congress Centrum & Stadtpark

19.–20. Aug. 2023

Du bist Maker?! Melde dich **bis zum 11. Juni 2023** als Aussteller, Speaker oder Workshopleiter an!

www.maker-faire.de

Zeig dein Projekt

UNSER SORTIMENT VON TECHNIKERN FÜR TECHNIKER



The best part of your project: www.reichelt.de

Structure energy: Energie effizient steuern

Heutzutage ist es wichtiger denn je den eigenen Energieverbrauch zu minimieren. Dafür sorgt nicht nur die Klimakrise, sondern auch die steigenden Energiepreise.

Mithilfe von einfachen Systemen, wie Heizkörperthermostaten oder smarten Geräten für Licht oder Strom, gelingt es den Verbrauch zu ermitteln und anschließend ihn effizient und optimal zu regulieren. Darüber hinaus gibt es weitere Energiequellen, damit trotz allem geheizt oder selbst Strom produziert werden kann.

100 Watt Solarpanel Jackery SolarSaga 100



Autarke Stromversorgung für unterwegs und zu Hause, faltbar



Bestell-Nr.: JACKERY SOL 100

WLAN 3-Phasen-Energiezähler und Schützsteuerung



Überwachen Sie den Verbrauch von Haushaltsgeräten, Stromkreisen und Bürogeräten individuell



Bestell-Nr.: SHELLY 3EM

Smart. Optimal. Praktisch. Energie effizient steuern! Entdecken Sie in unserem umfangreichen Sortiment Produkte und Systeme namhafter Hersteller rund um das Thema Energie. https://rch.lt/energy



Top Preis-Leistungs-Verhältnis

über 130.000 ausgesuchte Produkte

zuverlässige Lieferung – aus Deutschland in alle Welt

elektronik - The best part of your project

www.reichelt.de Bestellhotline: +49 (0)4422 955-333

Es gelten die gesetzlichen Widerrufsregelungen. Alle angegebenen Preise in € inklusive der gesetzlichen MusStenzen. Versandspesen für den gesamten Warenkorb. Es gelten ausschließlich unsere AGB (unter www.reichelt.de/agb, im Katalog oder auf Anforderung). Abbildungen ähnlich. Druckfehler, Irrtümer und Preisänderungen vorbehalten. reichelt elektronik GmbH & Co. KG, Elektronikring 1, 26452 Sande, Tel.:+49 (0)4422 955-333