



ELV[®] journal
Aug./Sept. 2021
Mehr Wissen in Elektronik

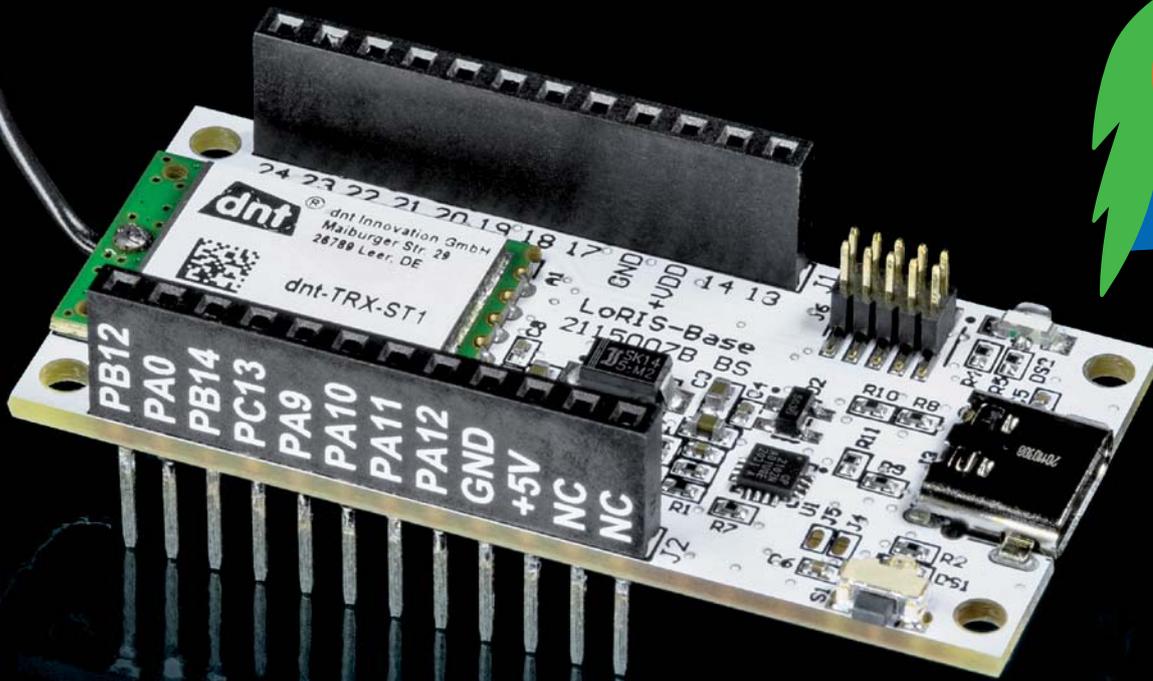
ELV[®] journal

www.elvjournal.com

journal

Mehr Wissen in Elektronik

LoRaWAN einfach gemacht Experimentierboard LoRIS-Base



Know-how: Ultraschall und Infraschall

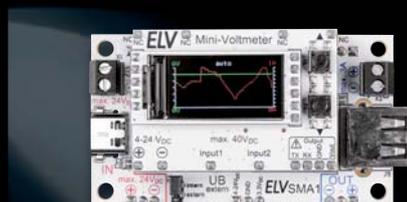
Praxis: Einführung in MQTT

Test: dnt Mikroskop UltraZoom PRO

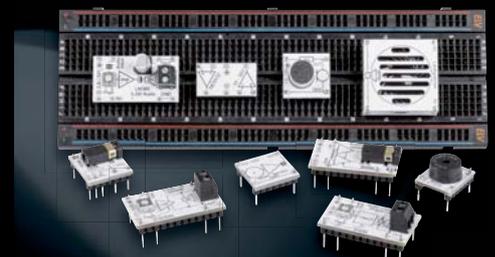
Neue ELV Bausätze



Experimentierboard LoRIS-Base



Strommessadapter für Mini-Voltmeter



Prototypenadapter PAD7 Audio

Elektronikschaltungen noch genauer untersuchen Digitales Mikroskop UltraZoom PRO



12,7-cm-Farbdisplay (5"),
960 x 450 Pixel



10- bis 300-fache optische Vergrößerung und
digitaler Zoom mit bis zu 1200-facher Vergrößerung

149,99 €

Artikel-Nr. 251468

Einstellbare LED-Auf- und
-Durchlichtbeleuchtung

Abm. (B x H x T):
165 x 267 x 158 mm,
Gewicht: 660g

- Mit 10- bis 300-facher optischer Vergrößerung sowie digitalem Zoom mit bis zu 1200-facher Vergrößerung
- Integriertes 12,7-cm-Farbdisplay (5"), 960 x 450 Pixel
- Einzelbild-Aufnahme mit bis zu 12 Megapixel Auflösung, JPEG-Format
- Aufnahme von Videosequenzen in HD-/Full-HD-Auflösung, MP4-Format
- Ausgeleuchtetes Beobachtungsfeld durch LED-Auf- und -Durchlichtbeleuchtung (Lichtstärke einstellbar)
- Stufenlos einstellbarer Polarizer zur Ausblendung von Lichtstörungen
- Exakte Fokussierung durch mehrere Auflösungsstufen
- Speicherung und Verwaltung der Aufnahmen auf microSD-Karte (max. 32 GB) und/oder PC
- Bildspeicherung mit Zeitstempel möglich
- Videospeicherung mit einstellbarer Sequenzlänge
- Foto-/Videoausgabe per USB, FBAS- oder HDMI-Verbindung
- PC-Software (MS Windows 7/8/10 und Mac OS 10.14 oder höher) – zur Bilddarstellung auf dem PC, Auswertung, Speicherung, Bildbearbeitung sowie Bildkalibrierung
- Spannungsversorgung über Li-Ion-Akku (Akkulaufzeit ca. 2–3 h), per Mini-USB-Port wiederaufladbar

Lieber Elektronik-Freund,

kennen Sie Mark Weiser? Bekannt wurde der amerikanische Informatiker, der bis zu seinem Tod 1999 im kalifornischen Forschungszentrum von Xerox in Palo Alto (PARC) gearbeitet hat, durch seinen wissenschaftlichen Aufsatz „The Computer for the 21st Century“ aus dem Jahr 1991. In dem nur achtseitigen Dokument beschreibt er seine Vorstellung zu Computern und ihrer Anwendung im 21. Jahrhundert.

Dabei schildert er in dem mittlerweile 30 Jahre alten Beitrag unter anderem die morgendliche Routine einer fiktiven Person mit Namen Sal in ihrem Smart Home und bei der Arbeit. Sprachsteuerung, Schlaferkennung, die Nutzung von Tablets oder die aktuelle Anzeige des Verkehrs auf digitalen Geräten sind dabei nur einige Szenarien, die für uns heute alltäglich sind – im Hinblick auf die Zeit der Entstehung aber größtenteils Respekt für die Weitsichtigkeit verlangen.

In seinem Beitrag sieht er auch drei wesentliche Netzwerktechnologien für die Zukunft: drahtlose Geräte mit kurzer Reichweite, kabelgebundene Geräte mit hoher Bandbreite und weit funkende drahtlose Geräte. Während uns mit WLAN und LAN die ersten beiden Technologien sehr vertraut sind, steckt die dritte noch in den Kinderschuhen.



Ein Logo, ein System –
der LoRIS-Papagei

Mit LoRaWAN schickt sich eine Funk- und Netzwerktechnologie an, diese junge Geräteklasse zu erobern. Unsere neue Produktreihe LoRIS mit nebenstehendem Logo als Erkennungszeichen basiert auf der LoRaWAN-Technologie. Das Experimentierboard LoRIS-Base, das wir in diesem ELVjournal vorstellen, eröffnet dem Elektronik-Enthusiasten einen einfachen Einstieg in diesen Bereich. In den folgenden Ausgaben des ELVjournals werden wir aufsteckbare Module mit Sensoren und zur Spannungsversorgung vorstellen und so ein ganzes System zum einfachen Experimentieren mit LoRaWAN schaffen. Mit unserem LoRIS-System beginnt die Zukunft heute – seien Sie dabei!



Viel Spaß beim Lesen und Nachbauen –
und bleiben Sie neugierig!

Heinz-G. Redeker

Prof. Heinz-G. Redeker

Das ELVjournal Geschenk-Abo

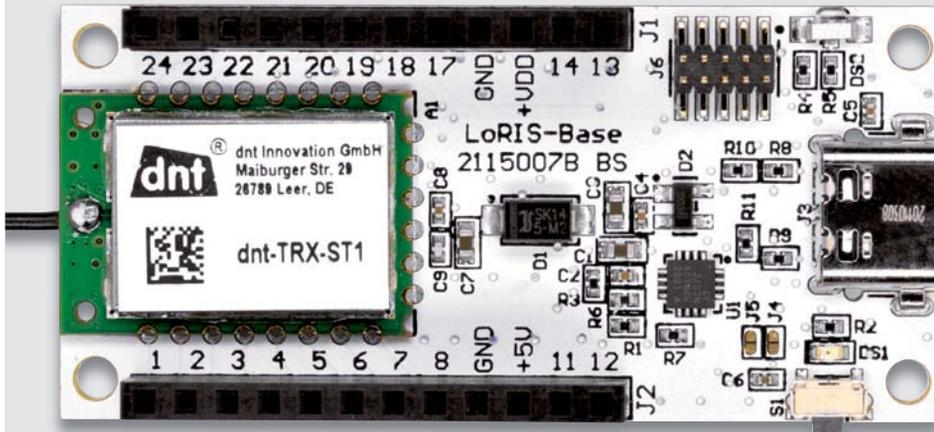


- Sparen Sie über 35 % gegenüber den einzelnen Print- und Online-Abonnements
- Verschenken Sie Technikwissen ohne Verpflichtung: 6 Ausgaben des ELVjournals als Geschenk – ohne automatische Verlängerung
- Kombinieren Sie die Vorteile von Print und online und lesen Sie das ELVjournal so, wie Sie es gerne möchten. Als Printausgabe, online im Web oder mobil auf Tablet oder Smartphone

Angebot nur in Deutschland möglich, alle Infos im ELVshop oder über oben stehenden QR-Code

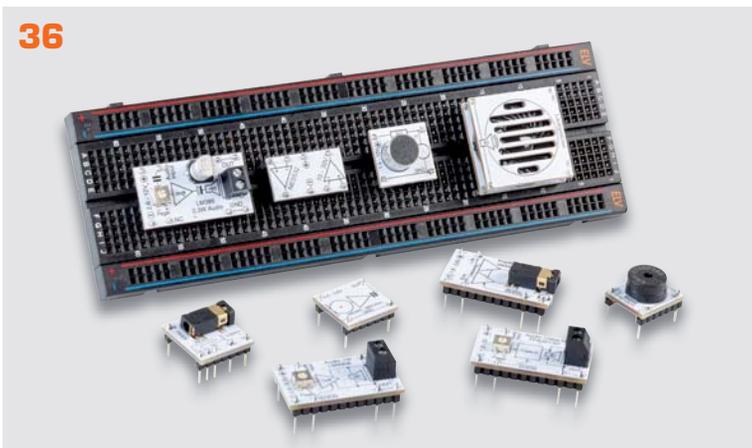


6



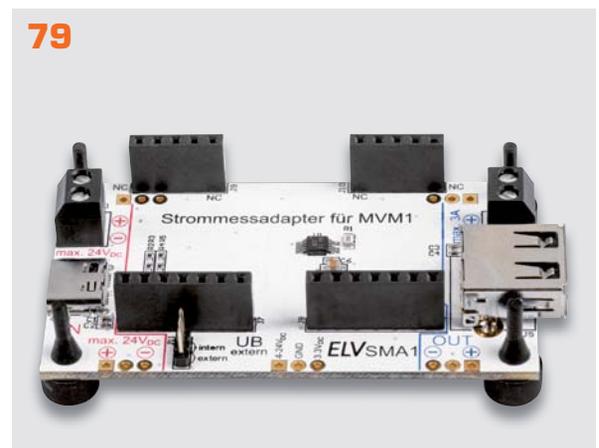
LoRaWAN-Experimentierplattform LoRIS-Base

36



Prototypenadapter PAD7 Audio

79



Strommessadapter für Mini-Voltmeter

Bausätze

- 6 Stromsparendes IoT-System**
LoRaWAN-Experimentierplattform
LoRIS-Base LoRIS-BM-TRX1
- 36 Audio-Experimente einfach gemacht**
Prototypenadapter PAD7 Audio
- 79 Praktisches Doppel**
Strommessadapter für Mini-Voltmeter SMA1

Leserwettbewerb

- 56 Wohlfühl-Licht**
Tannenzapfen-Lampe mit
RGB-Leuchte

Spezial

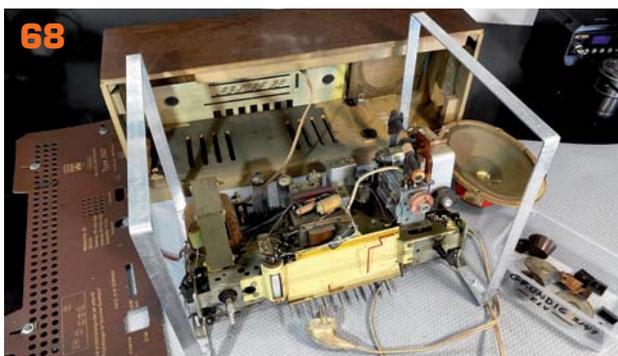
- 54 Experten antworten**
- 87 Leser testen und gewinnen**



98 Akustik – Infraschall und Ultraschall



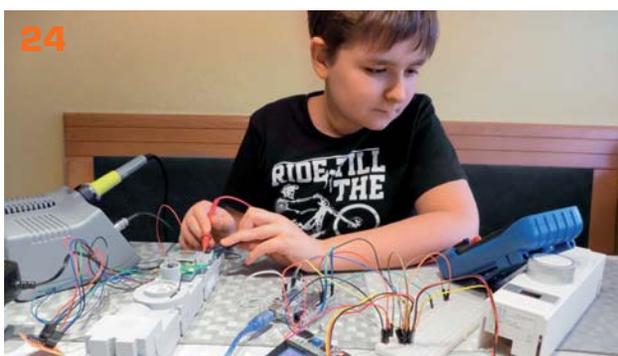
26 MQTT – Protokoll für das Internet der Dinge



68 Röhrenradio-Restaurierung, Teil 2



56 Leserwettbewerb – Wohlfühl-Licht



24 Jugend forscht

Know-how/Projekt

24 Sieger im Landeswettbewerb
Platz 1 für Nick Pfeiffer bei „Jugend forscht“

26 Schlanke Kommunikation
MQTT – Universelles Protokoll für den Datenaustausch

63 Kleines ganz groß
Digitales Mikroskop dnt UltraZoom PRO

68 Röhrenradio-Restaurierung, Teil 2
Grundlagen und erste Messungen

91 KI-Praxis II
Neuronale Netze – Aufbau und Training

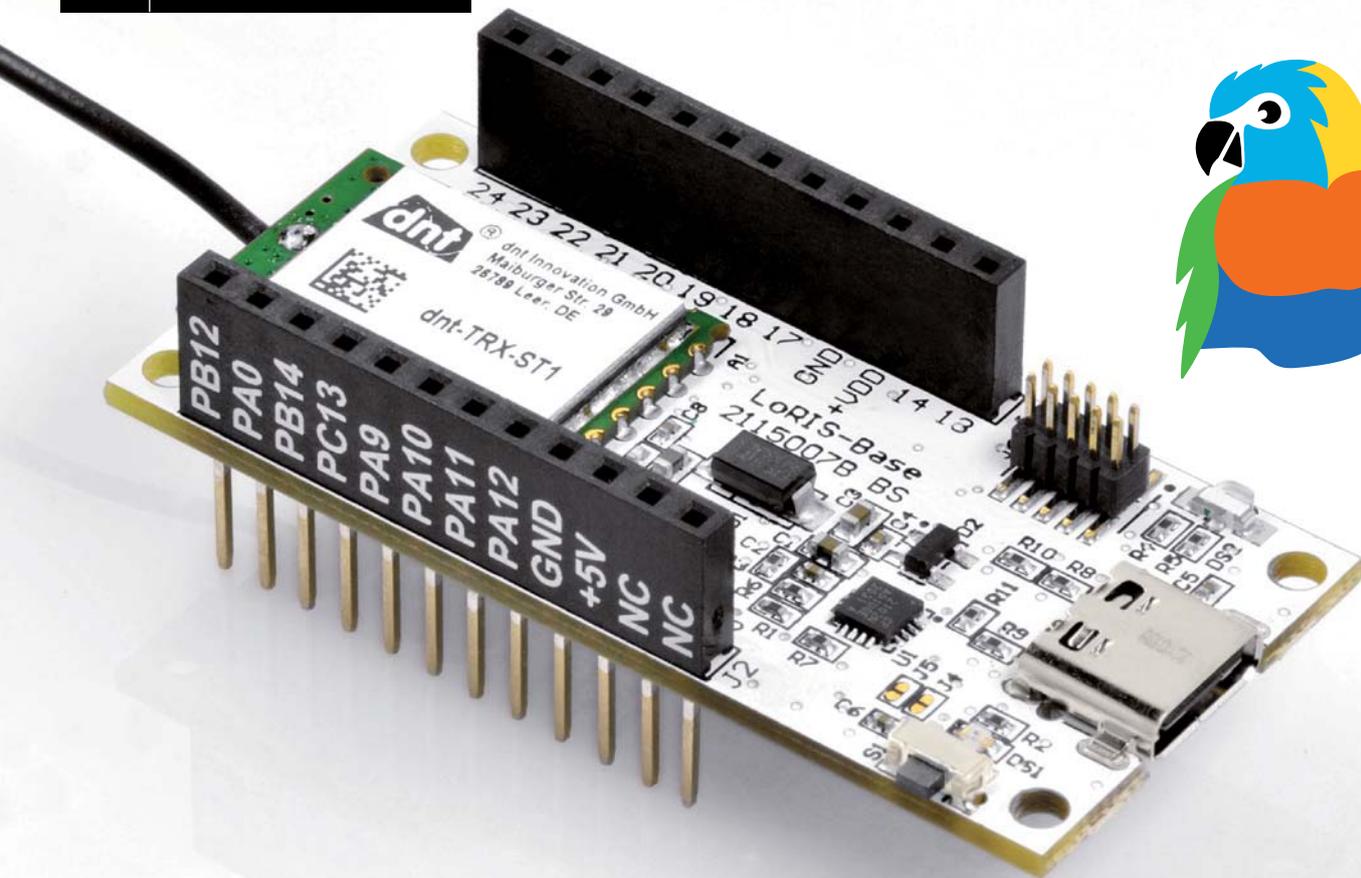
98 Infraschall und Ultraschall
Natürliche und industrielle Quellen

Rubriken

106 – 107 Die Neuen

**112 – 113 Service
Bestellhinweise
Impressum**

114 Vorschau



Stromsparendes IoT-System

LoRaWAN-Experimentierplattform LoRIS-Base LoRIS-BM-TRX1

Mit unserer Experimentierplattform LoRIS-Base steigen wir in die Welt von LoRaWAN ein – einer faszinierenden Kombination aus Funk- und Netzwerktechnologie, die mit wenig Energie Daten über weite Strecken in einem lizenzfreien Frequenzband übertragen kann. Die möglichen Anwendungen sind beeindruckend vielfältig: vom Temperatursensor auf dem freien Feld über den Tracker, der jede Art von Gegenstand per angeschlossenen GPS verfolgbar macht, bis zum Parkplatzsensor, der zukünftig ein intelligentes Parkraum-Management in Städten ermöglicht. Die übermittelten Daten sind dabei Ende-zu-Ende verschlüsselt. Die LoRIS-Base stellt mit dem im Funkmodul enthaltenen System-on-Chip (SoC) von STMicroelectronics die Basis-Funktionalität zur Verfügung – die Funk-Anbindung an LoRaWAN. Das SoC beherbergt aber auch die Anwendung, die bei unserer LoRIS-Base bereits eine Firmware enthält, die den Anschluss von zwei Tastern und einem Output ermöglicht, später aber an andere Anwendungen und weitere aufsteckbare Module angepasst werden kann.

LoRIS-BM-TRX1

Artikel-Nr.
156514

Bausatz-
beschreibung
und Preis:



www.elv.com



Infos zum Bausatz LoRIS-BM-TRX1



Schwierigkeitsgrad:
leicht



Besondere Werkzeuge:
keine



Löterfahrung:
nein



Programmierkenntnisse:
nein



Elektrische Fachkraft:
nein

Basis für Experimente mit LoRaWAN

Die LoRIS-Base (LoRIS-BM-TRX1, Bild 1) stellt die Basis-Funktionalität in dem System für Experimente mit LoRaWAN zur Verfügung. Ähnlich wie bei einem Arduino oder ESP8266/32 ist die LoRIS-Base die Plattform, an die zusätzliche Peripherie angeschlossen werden kann, um entsprechende Funktionen, Schaltungen und Experimente zu ermöglichen. In unserem LoRIS-System aber auf Basis der Funktechnologie LoRa/LoRaWAN.

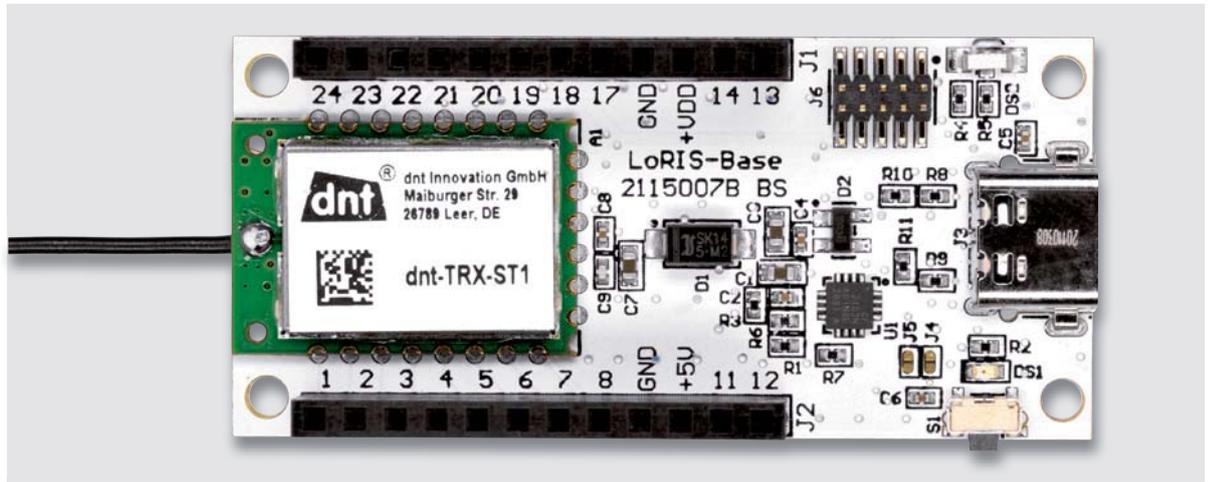
CE-zertifiziertes Einsteigersystem mit Plug-and-Play-Funktionalität

Die LoRIS-Base und auch das LoRIS-System mit übereinander steckbaren Anwendungsmodulen (Bild 2) z. B. zur Spannungsversorgung oder für Sensoren sollen vor allem dem Einsteiger eine einfache Möglichkeit geben, in das Thema LoRaWAN zu starten.

Zu dem jeweiligen Anwendungsmodul gibt es die entsprechend passende Firmware. So muss kein eigener Programm-Code erstellt werden, um beispielsweise ein Anwendungsmodul mit Temperatur-/Luftfeuchtesensor, GPS-Modul oder ein Taster-Anwendungsmodul, die als Bausätze in



Bild 1: LoRIS-Base



den folgenden Ausgaben des ELVjournals vorgestellt werden, im LoRaWAN zu betreiben. Verschiedene Powermodule ermöglichen zudem unterschiedliche Arten der Spannungsversorgung.

Das auf der LoRIS-Base verwendete Funkmodul ist CE-zertifiziert und kann somit im europäischen Wirtschaftsraum betrieben werden. Mit der CE-Kennzeichnung erklärt der Inverkehrbringer, dass das Produkt den geltenden Anforderungen genügt. Somit wird gewährleistet, dass das Gerät sich nicht von anderen Quellen stören lässt und auch andere Geräte nicht in ihrer Funktion stört.

Programmierkenntnisse sind für erste Tests mit der LoRIS-Base zunächst nicht notwendig, eine Basis-Firmware wird von uns zur Verfügung gestellt und ist bereits auf der LoRIS-Base gespeichert.

Alle Hex-Files (Firmware), Decoder-Beispiele (s. u.), USB-Seriell-Treiber und auch Code-Templates für die über den Debug-Adapter zusätzlich mögliche Programmierung mit eigenem Code (z. B. über die STM32CubeIDE) stellen wir auf der Webseite der LoRIS-Base [1] zur Verfügung. Die Hardware der LoRIS-Base ist bereits fertig aufgebaut – es müssen keine Bauteile gelötet werden.

LoRaWAN gewinnt immer mehr an Popularität

Das von dem amerikanischen Unternehmen Semtech patentierte Übertragungsverfahren LoRa bzw. das Netzwerkprotokoll LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), dessen Spezifikationen von der LoRa Alliance festgelegt werden, haben in den letzten Jahren stark an Popularität hinzugewonnen. Sie bilden die Basis für ein sogenanntes Low Power Wide Area Network (LPWAN [2]). Damit sind hauptsächlich Sensorknoten gemeint, die energiesparend oder sogar energieautark meistens geringe Datenmengen (bei LoRaWAN 51 bis maximal 222 Bytes/Sendung) per Funk an eine entsprechende Netzwerk-Infrastruktur weiterleiten. Einen solchen Sensorknoten stellt beispielsweise unsere LoRIS-Base dar.

Was bedeutet das konkret und wie kann ich das praktisch anwenden?

Wir starten mit einem einfachen Beispiel. Stellen Sie sich vor, Sie möchten den Temperaturverlauf in Ihrem Garten überwachen und in Intervallen von beispiels-

weise zehn Minuten die Temperatur an eine Gegenstelle übermitteln. Ein vorhandenes WLAN-Netzwerk im Haus wird von der Reichweite her meistens nicht ausreichen, um einen Funkempfang zu garantieren.

Doch selbst wenn die WLAN-Netzwerkabdeckung vorhanden ist, ist die benötigte Energie für die Funkkommunikation recht hoch, sodass ein per Akku versorgter Sensor im Garten nicht lange betrieben werden kann, ohne ihn aufladen zu müssen oder zu wechseln. Andere Funktechnologien wie Bluetooth oder ZigBee sind zwar deutlich stromsparender als WLAN, von den Reichweiten her aber ebenfalls eher begrenzt. Hier kommt LoRaWAN ins Spiel, bei dem die Reichweiten je nach Umgebungsbedingungen im Bereich einige Hundert Meter bis einige Kilometer bis zu einer Funk-Gegenstelle (s. Gateway) liegen. Nicht nur den Garten, sondern ganze Landwirtschaftsbetriebe oder mit der entsprechenden Infrastruktur sogar

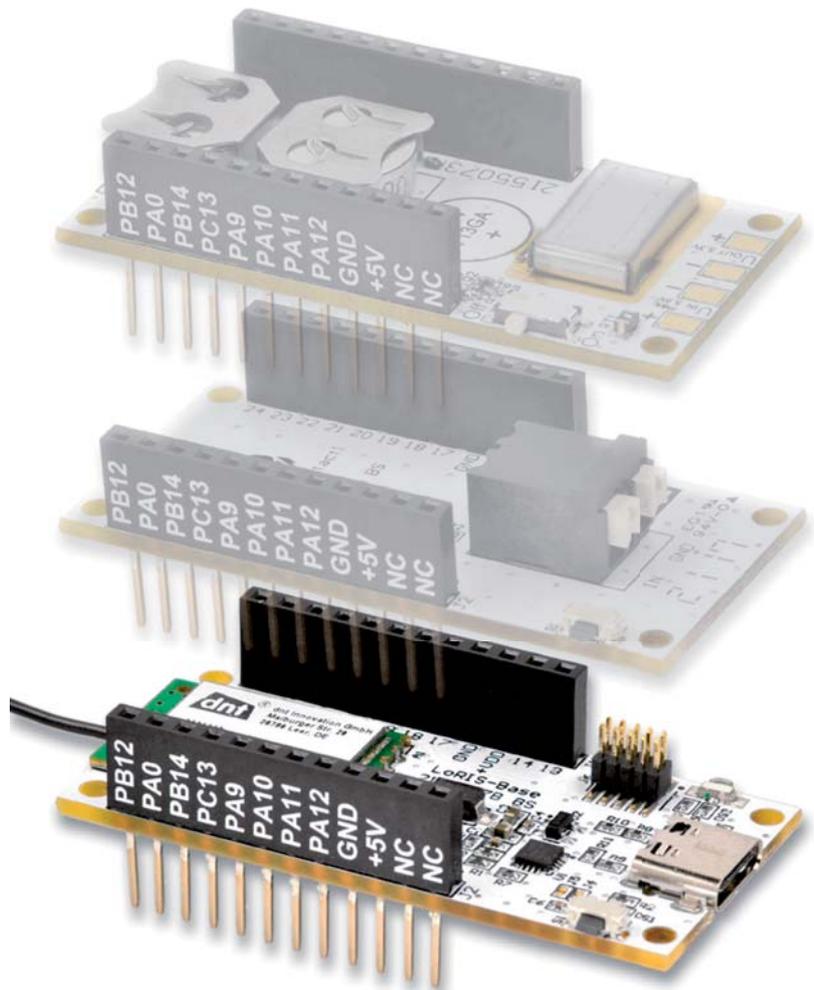


Bild 2: Die LoRIS-Base (unten) dient als Basis für zukünftige Anwendungs- und Powermodule.

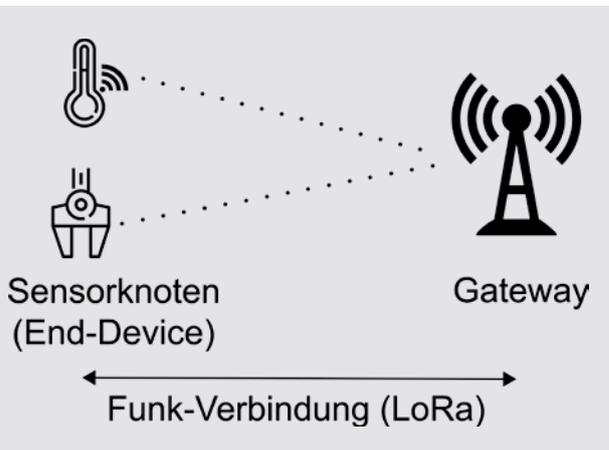


Bild 3: Der Sensorknoten benötigt zum Senden und Empfang der Daten per Funk ein LoRaWAN-Gateway als Gegenstelle – Quelle (verändert): Von Elutz – Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=85705192>

Städte oder Stadtteile kann man so per Funk abdecken. LoRa ist dabei die physikalische Schicht, die für die eigentliche Funkkommunikation zuständig ist. Sie stellt ein sehr energiesparendes Send- und Empfangsverfahren zur Verfügung. Im vergangenen ELVjournal haben wir uns die Technologie dazu genau angeschaut [3]. Das LoRIS-Base-Experimentierboard, genauer gesagt das auf dem Breakout-Board verwendete Funkmodul mit dem System-on-Chip (SoC) von STMicroelectronics, beherrscht diese Funktechnologie von Hause aus.

So ist eine besonders energiesparende, genau auf diese Technologie zugeschnittene Anwendung möglich. Im Sleep-Modus verbraucht die LoRIS-Base gerade einmal $2,5 \mu\text{A}$ bei 3 Volt (s. Technische Daten). Je nach Anwendung erreicht man damit Batterielaufzeiten von mehreren Jahren. Mithilfe von Energy Harvesting kann man sogar energieautarke Sensorknoten realisieren. Der Batteriewechsel wird dann überflüssig.

Gateway

Smartphones oder Laptops, die per Funk (WLAN) an das heimische Netzwerk angebunden sind, haben als Funk-Gegenstelle in der Regel einen WLAN Access Point (AP), über den sie in das Internet gelangen. Eine ähnliche Infrastruktur gibt es für LoRaWAN-Sensorknoten. Ihre Funk-Gegenstelle heißt in der LoRaWAN-Terminologie Gateway.

Das Gateway dient zum Empfang der Daten per Funk vom Sensorknoten (Uplink) bzw. in selteneren Fällen zum Senden von Daten (Downlink) an den LoRaWAN-Sensorknoten, der auch als End-Device bezeichnet wird (Bild 3).

Man benötigt also zwingend ein Gateway für die Funk-Kommunikation mit dem End-Device. Bei LoRaWAN gibt es zudem drei Klassen von End-Devices (A, B, C), die sich in ihren Send- und Empfangseigenschaften unterscheiden. Die energiesparendste Variante ist der Class-A-Sensorknoten. Die LoRIS-Base stellt genau einen solchen Class-A-Sensorknoten dar.

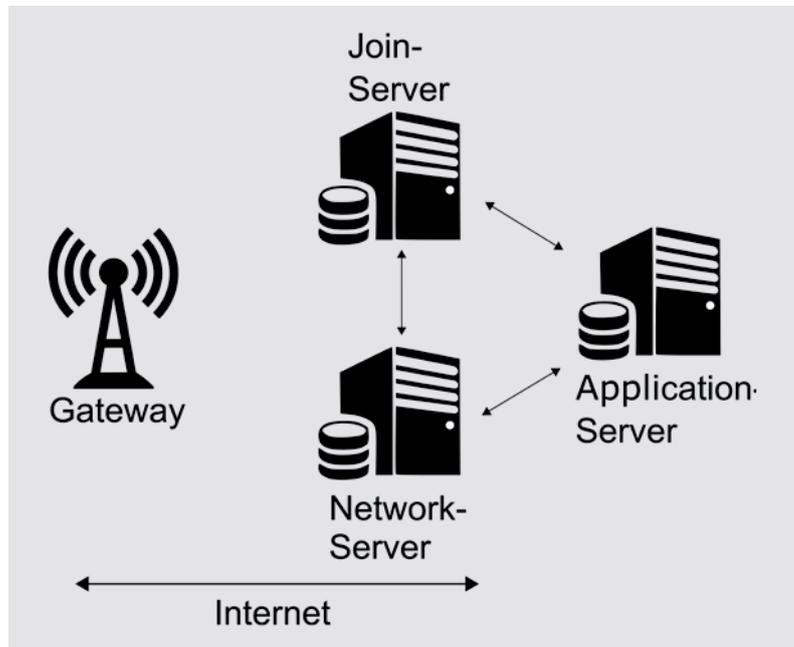


Bild 4: Netzwerkinfrastruktur bei LoRaWAN – Quelle (verändert): Von Elutz – Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=85705192>

Funk zum Netzwerk

Unser Temperatursensor im Garten aus dem obigen Beispiel kann damit die Daten sehr stromsparend per Funk (LoRa) an ein Gateway senden. Ähnlich wie beim oben erwähnten WLAN Access Point, der die per Funk vom Smartphone oder Laptop empfangenen Daten zunächst an den heimischen Router und von dort in das Internet sendet, geschieht dies bei LoRaWAN.

Hierzu kommt die zweite Schicht, die auf der Funkschicht (LoRa) aufsetzt, ins Spiel. Mit LoRaWAN gibt es ein Netzwerkprotokoll, das sich um die Organisation der Sensorknoten und deren Daten kümmert. Das Gateway ist dazu mit dem Internet verbunden, über die es eine LoRaWAN-Netzwerkinfrastruktur (Bild 4) ansprechen kann.

Join-Server, Network-Server und Application-Server

Im Wesentlichen besteht die Netzwerkinfrastruktur aus drei Server-Typen mit unterschiedlichen Aufgaben, die für die Authentifizierung, Verwaltung, Weiterleitung und Verarbeitung des Sensorknotens und die von ihm gesendeten Daten verantwortlich sind. Im Folgenden sind die Aufgaben der jeweiligen Server kurz beschrieben.

Join-Server

Der Join-Server behandelt den vertraulichen Teil der Kommunikation, der zur Aktivierung eines Sensorknotens im LoRaWAN notwendig ist. Er authentifiziert außerdem die Netzwerk- und Application-Server, speichert die grundlegenden Schlüssel und generiert benötigte Sitzungsschlüssel.

Network-Server

Der Netzwerk-Server ist für die Verwaltung des Netzwerks zuständig. Er überprüft beispielsweise die Adresse des Sensorknotens, quittiert Nachrichten oder passt Datenraten an und leitet Join-request- und Join-accept-Nachrichten (s. u.) zwischen den Geräten und dem Join-Server weiter.

Er steuert damit dynamisch die Netzwerkparameter und stellt sichere 128-Bit-AES-Verbindungen her. Außerdem überprüft er die Authentizität jedes End-Devices im Netzwerk und die Integrität jeder Nachricht.

Der Netzwerk-Server ist auch für die Weiterleitung der vom Gateway empfangenen Daten eines End-Devices an den Anwendungs-Server zuständig bzw. für die Weiterleitung von Downlink-Daten von einem Anwendungs-Server zurück zum Sensorknoten.



Application-Server

Der Anwendungs-Server ist für die sichere Handhabung, Verwaltung und Verarbeitung der Daten eines End-Devices zuständig. Von ihm werden die Daten über sogenannte „Integrations“ an Endpunkte (Server, Webseite etc.) weitergeleitet.

Anmeldeinformationen

Wir nehmen wieder unser Beispiel mit dem LoRaWAN-Sensorknoten zur Übermittlung der Temperatur aus dem Garten auf, um den Weg der Daten (Payload) vom Sensorknoten bis zum Endpunkt, an dem wir die Daten empfangen wollen, darzustellen.

Damit der Sensorknoten im LoRaWAN authentifiziert werden kann, die Daten sicher übertragen und zur Bearbeitung später an die richtige Stelle weitergeleitet werden, benötigt er zwingend zwei Identifikationsnummern und einen Schlüssel:

- **DevEUI** – eine eindeutige 64-Bit-Geräte-Adresse. Die Adressen werden von der IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, [4]) vergeben
- **JoinEUI** – dies ist die 64-Bit-Adresse, die dem Applikations-Server zugeordnet ist. Die JoinEUI ist ebenfalls eindeutig und wird von der IEEE bezogen. Sie identifiziert das Ziel der Nachrichten, die von den Sensorknoten gesendet werden. Jeder Applikations-Server bzw. eine Application hat seine eigene JoinEUI
- **Application Key (AppKey)** – Der AppKey ist 128 Bit lang und stellt den Verschlüsselungsschlüssel zwischen der Quelle der Nachricht (der DevEUI zugehörig) und dem Ziel der Nachricht (der JoinEUI zugehörig) dar. Dieser Schlüssel muss für jedes Gerät eindeutig sein

Für jede LoRaWAN-Base sind diese drei Werte bereits werkseitig festgelegt und einprogrammiert. DevEUI und JoinEUI werden von der IEEE bezogen, der AppKey dynamisch generiert.

Auf der LoRaWAN-Base ist die DevEUI auf dem Silkscreen der Leiterplattenrückseite eingepreßt, zudem werden die drei Werte der LoRaWAN-Base in Schriftform beigelegt. Mit dem LoRaWAN-Flasher-Tool für die LoRaWAN-Base können diese Werte außerdem später ausgelesen werden.

Auch wenn sich der Umgang mit der Netzwerkinfrastruktur, den IDs und dem Key zunächst vielleicht etwas kompliziert anhört, ein ähnlicher Vorgang geschieht ständig mit unseren Smartphones oder Laptops, wenn wir uns in WLAN-Netzwerke einloggen, ohne dass wir (heute) noch groß darüber nachdenken müssen.

Denn auch hier ist jedem Gerät eine eindeutige MAC-Adresse zugeordnet (vergleichbar beim LoRaWAN: DevEUI) und der Name des verwendeten WLAN-Netzwerks (SSID) sowie der Netzwerkschlüssel (ähnlich beim LoRaWAN: JoinEUI, AppKey), der zu dem Netzwerk gehört, müssen eingegeben werden. Die Daten werden ebenfalls mit Schlüsseln auf den weiteren Ebenen codiert.

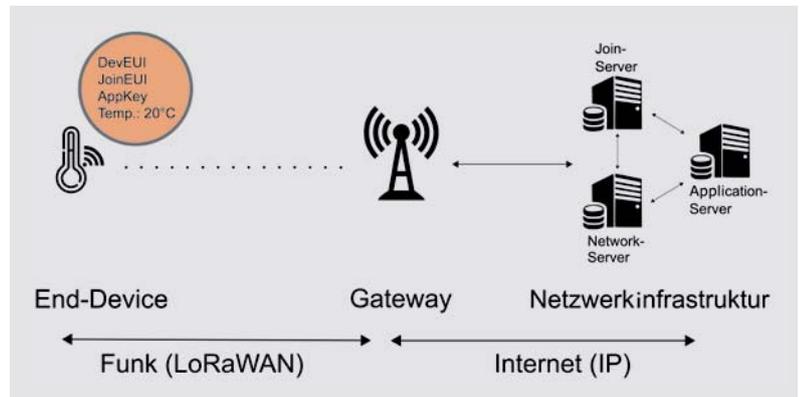


Bild 5: Lauf der Daten durch die LoRaWAN-Netzteilnehmer – Quelle (verändert): Von Elutz – Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=85705192>

Eigentlich ist das WLAN-System sogar komplizierter, denn wir müssen uns am Flughafen, im Hotel oder in anderen Gastnetzwerken bei bisher unbekanntem WLAN-Netzwerken neu anmelden. Dies ist bei LoRaWAN in Bezug auf die Gateways nicht der Fall, weil die Netzwerkinfrastruktur diese Aufgabe übernimmt.

Der Weg ist das Ziel

Senden wir nun mit den Anmeldeinformationen (DevEUI, JoinEUI, AppKey) von unserer LoRaWAN-Base oder allgemein unserem Sensorknoten Daten per LoRaWAN, dann empfängt prinzipiell jedes Gateway, das als LoRaWAN-Gegenstelle fungiert, diese Daten (Bild 5). Dazu müssen wir diese Gateways nicht speziell auswählen oder jedes Mal ein Passwort neu eingeben. Theoretisch könnte man sich also in einem großen räumlichen Bereich bewegen, ohne Anmeldeinformationen zu verändern.

Hier kommt leider ein kleiner Wermutstropfen dieser faszinierenden Funktechnologie: Mittlerweile gibt es zwar – vor allem in größeren Städten in Deutschland – eine teilweise Netzabdeckung mit LoRaWAN-Gateways bestimmter Betreiber von Netzwerkinfrastruktur. Allerdings ist diese gegenüber Ländern wie den Niederlanden oder der Schweiz, wo durch Telekomproviden eine weitgehende Netzabdeckung schon realisiert wurde, noch recht dünn (s. a. FAQ/Material – Gateways).

Jedes LoRaWAN-Gateway wird intern einer LoRaWAN-Netzwerkinfrastruktur zugeordnet. Das kann ein freies, Community-basiertes System von Gateways, verbunden mit einem Betreiber von Netzwerkinfrastruktur wie das von TheThingsNetwork (TTN) [4] sein. Man kann aber auch eine eigene (private) Netzwerkinfrastruktur betreiben, bspw. für ein privates LoRaWAN zu Hause oder ein Unternehmen/eine Kommune etc.

In unserem Praxisbeispiel weiter unten nutzen wir die kostenlose und frei zugängliche Netzwerkinfrastruktur von TTN bzw. die des Nachfolgers TheThingsStack (TTS), da diese in Deutschland bisher am weitesten verbreitet ist und hier die meisten Gateways zur Verfügung stehen.

Beitritt zum Netzwerk

Hat ein LoRaWAN-Gateway nun unsere Daten bestehend aus den Anmeldeinformationen (DevEUI, JoinEUI) empfangen und eine Anforderung zum Beitritt (Join-request) von dem Sensorknoten erhalten, sucht es seinerseits bei den oben beschriebenen LoRaWAN-Servern, mit dem dieses Gateway verknüpft ist, nach einem entsprechenden Eintrag. Hierzu gibt es weiter unten im Praxisbeispiel eine genaue Anleitung anhand des Netzwerkinfrastrukturbetreibers TTN, wo und wie diese Daten einzutragen sind. Ist der Sensorknoten in dem entsprechenden LoRaWAN (z. B. TTN/TTS) bekannt, so wird der Join-request positiv beantwortet (Join-accept, s. Bild 6).

Das Gateway sieht dabei zwar bestimmte Metadaten, aber nicht die eigentliche Nachricht, wenn es von Sensorknoten zur Weiterleitung der Daten genutzt wird, denn die ist schon vom End-Device verschlüsselt worden (Bild 7).



Type	Time	Gateway ID	Message Type	Dev Addr	Freq (MHz)	Modulation	Bandwidth	Datarate	Coderate	CRC Status	RSSI (dB)	SNR (dB)
Rx	May/14/2021 14:17:53	3133300729083A80	Confirmed Data Up	E5 C7 F7 05	868.300	LoRa	250 kHz	SF 7	4/6	Error	-110.00	-11.75
Rx	May/14/2021 14:17:35	3133300729083A80	Confirmed Data Up	E2 6A 52 2A	868.300	LoRa	125 kHz	SF 7	4/7	Error	-110.00	-11.25
Tx	May/14/2021 14:17:12	3133300729083A80	Unconfirmed Data Down	26 0B 03 86	868.100	LoRa	125 kHz	SF 12	4/5			
Rx	May/14/2021 14:17:12	3133300729083A80	Unconfirmed Data Up	26 0B 03 86	868.100	LoRa	125 kHz	SF 12	4/5	Ok	-57.00	11.50
Tx	May/14/2021 14:17:00	3133300729083A80	Join-accept	BC 93 84 91	868.100	LoRa	125 kHz	SF 12	4/5			
Rx	May/14/2021 14:16:58	3133300729083A80	Join-request		868.100	LoRa	125 kHz	SF 12	4/5	Ok	-65.00	10.50

Bild 6: So sieht eine Kontaktaufnahme (Join-request) aus der Sicht des Gateways aus: Zunächst sendet der Sensorknoten eine Anfrage zum Beitritt in das Netzwerk (Join-request). Ist er im Netzwerk, mit dem das Gateway verbunden ist, bekannt, wird diese akzeptiert (Join-accept) und er erhält eine (verkürzte) 32-Bit-Session-Adresse. In den Einträgen darüber sieht man ein- und ausgehende Daten von anderen LoRaWAN-Knoten.

Durch die JoinEUI wird dem Sensorknoten der entsprechende Anwendungs-Server zugeordnet. Hier kommt (nach dem Join-Vorgang) unsere eigentliche Payload – die Temperatur – die durch das End-Device übermittelt wird, an. Zudem findet die Entschlüsselung der mit dem Verschlüsselungsverfahren AES (128 Bit) auf dem bisherigen Weg codierten Nachricht statt.

Type	Rx
Time	May/14/2021 14:16:58
Gateway ID	3133300729083A80
Message Type	Join-request
Major Version	LoRaWAN R1
Join EUI	70 B3 00 00 00 00 00 00
Dev EUI	00 24 1F 00 00 00 00 00
Dev Nonce	39252
Freq (MHz)	868.100
Modulation	LoRa
Bandwidth	125 kHz
Datarate	SF 12
Coderate	4/5
IF Chain	0
CRC Status	Ok
Counter (us)	1093842174
RF Chain	1
RSSI (dB)	-65.00
SNR (dB)	10.50
SNR Min (dB)	7.75
SNR Max (dB)	13.25
CRC	8901
Size	23
Payload	ADkZBNB+1bNwudUGdaUXJABUme74ULM=

Bild 7: Detailsicht des Join-Requests. Das Gateway sieht nur die für die Einordnung in das LoRaWAN notwendigen DevEUI und JoinEUI. Die Payload ist verschlüsselt und kann vom Gateway nicht gelesen werden.

Verarbeitung und Weiterleitung der Daten

Auf dem Anwendungs-Server haben wir nun verschiedene Optionen, wie wir mit den empfangenen (Temperatur-)Daten umgehen. Beispielsweise kann man in der Netzwerkinfrastruktur von TTN/TTS die gewünschten Daten aus der Payload zerlegen (parsen), um an den Wert für die Temperatur zu kommen. Mit unserer bereits auf der LoRaWAN-Base vorhandenen Firmware und dem dazugehörigen JavaScript-Beispielcode für den Anwendungs-Server können wir für einen ersten Einstieg in LoRaWAN zwei Taster ansteuern (Uplink) und außerdem einen Output schalten (Downlink). Dazu nutzen wir im Praxisbeispiel JavaScript auf dem Anwendungs-Server, um die Daten zu zerlegen. Analog könnte man dies später mit Daten anderer Art (Temperatur, GPS-Navigationsdaten ...) machen. Für unsere Anwendungsmodule, die wir in den kommenden Ausgaben des ELVjournals vorstellen, werden wir diese sogenannte Decoder-Software jeweils bereitstellen.

Ist man in die Netzwerkstruktur z. B. bei TTS eingeloggt, kann man dort die Daten aus der Payload bereits sehen, also beispielsweise den zuletzt gesendeten Temperaturwert. Das ist natürlich nicht besonders komfortabel, da man die Daten möglicherweise in ein eigenes System z. B. auf einem Raspberry Pi integrieren und an eine Anwendung (z. B. Node-RED) oder Webseite weiterleiten möchte.

Datenverarbeitung

Für die Weiterleitung der Daten an Endpunkte (Server/Raspberry Pi, Webseiten ...) gibt es bei TTN/TTS sogenannte „Integrations“.

Zurzeit stehen hier mit:

- MQTT
- Webhooks
- Storage Integration
- AWS IoT
- LoRa Cloud

verschiedene Möglichkeiten bereit, Daten vom Anwendungs-Server an einen Endpunkt weiterzusenden.

Wir benutzen weiter unten in unserem Beispiel MQTT – ein universelles Protokoll für den Datenaustausch –, dem wir in diesem ELVjournal ab Seite 26 einen separaten Einsteigerbeitrag mit Praxisbeispiel widmen. TTN/TTS stellt einen eigenen MQTT-Server bereit, von dem wir die Daten über das Internet mit einem Client abrufen können.

Zum Testen kann man die Daten mit einer Software wie in dem Beitrag zu MQTT in diesem ELVjournal beschrieben vom Anwendungs-Server abholen.

Schaltungsbeschreibung

Bevor wir in unser Praxisbeispiel einsteigen, schauen wir uns zunächst die Schaltung auf der LoRaWAN-Base genauer an (Bild 8).



Spannungsversorgung

Die Spannungsversorgung der LoRIS-Base kann wahlweise über USB (3.1 Typ C/5V) oder die Buchsenleiste J1_15 +VDD (3,0–3,3 V) erfolgen.

Auf dem Silkscreen ist +VDD dabei auf der Oberseite und auch auf der Buchsenleiste entsprechend mit +VDD gekennzeichnet und auf der Unterseite der Platine zusätzlich mit der Pin-Nummerierung (15:+VDD) versehen.

Die Schottky-Diode D1 am Ausgang des internen Spannungsreglers des USB-UART-Converters (U1) dient der Entkopplung der Betriebsspannung. Die Kondensatoren C3 und C4 blockieren Störimpulse und puffern die Versorgungsspannung.

Am SoC (A1) erfüllen die Kondensatoren C7, C8 und C9 und am USB-UART-Converter am Eingang VREGION C1 und C2 die gleichen Aufgaben.

Hinweis: Achten Sie darauf, nicht gleichzeitig Versorgungsspannung über USB und +VDD zuzuführen.

USB 3.1 Typ C

Am USB-3.1-Typ-C-Eingang (J3) ermöglichen R9 und R11 an CC1 und R8 und R10 an CC2 die korrekte USB-Geräte-Erkennung.

Die Suppressordiode (Transient Voltage Suppressor, TVS) D2 dient in der Schaltung zur Unterdrückung von ESD (electrostatic discharge) und anderen transienten Überspannungsereignissen.

Auch C5 ist diesem Bereich (EMV/ESD, Störaussendung) zuzuordnen.

USB-UART-Converter

Am Eingang VBUS des USB-UART-Converters (U1) wird über den Spannungsteiler R3 und R6 das Anliegen der Versorgungsspannung über USB detektiert.

R1 dient als Pull-up-Widerstand von RST gegen VDD – RST wird während des Einschaltens und bei einem Stromausfall zurückgesetzt (Active Low).

GPIO.2 und GPIO.3 sind über die Lötbrücken J4 an J2_2, PA0 und S1 sowie J5 an NRST von U1 und an J6_10 geführt.

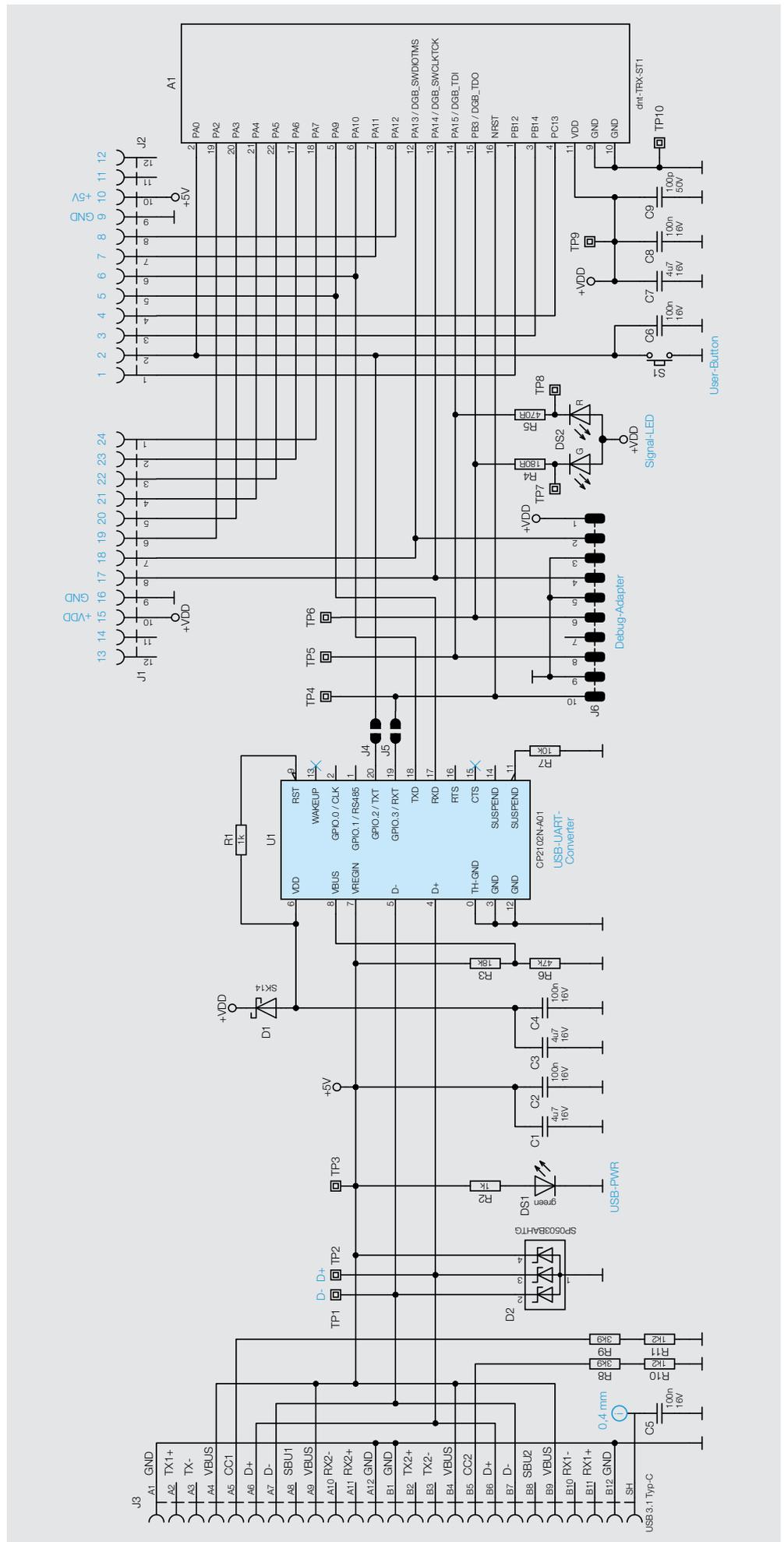


Bild 8: Schaltbild der LoRIS-Base LoRIS-BM-TRX1

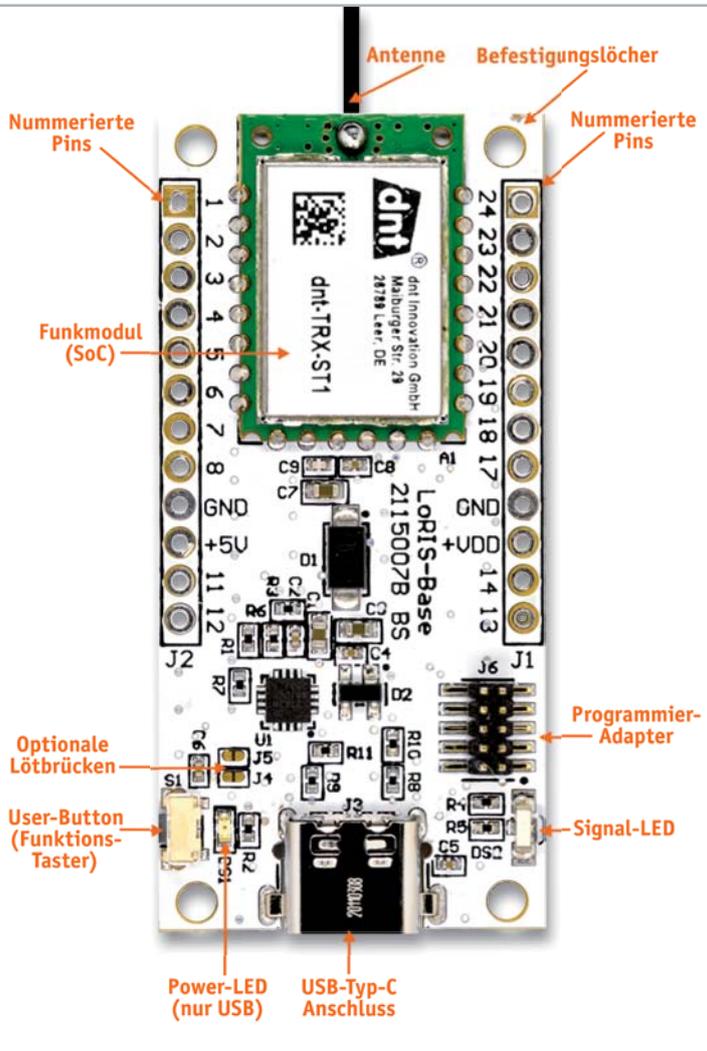


Bild 9: Platinenoberseite der LoRIS-Base (zur besseren Übersichtlichkeit ohne Buchsenleisten, die beim Bausatz bereits eingelötet sind)

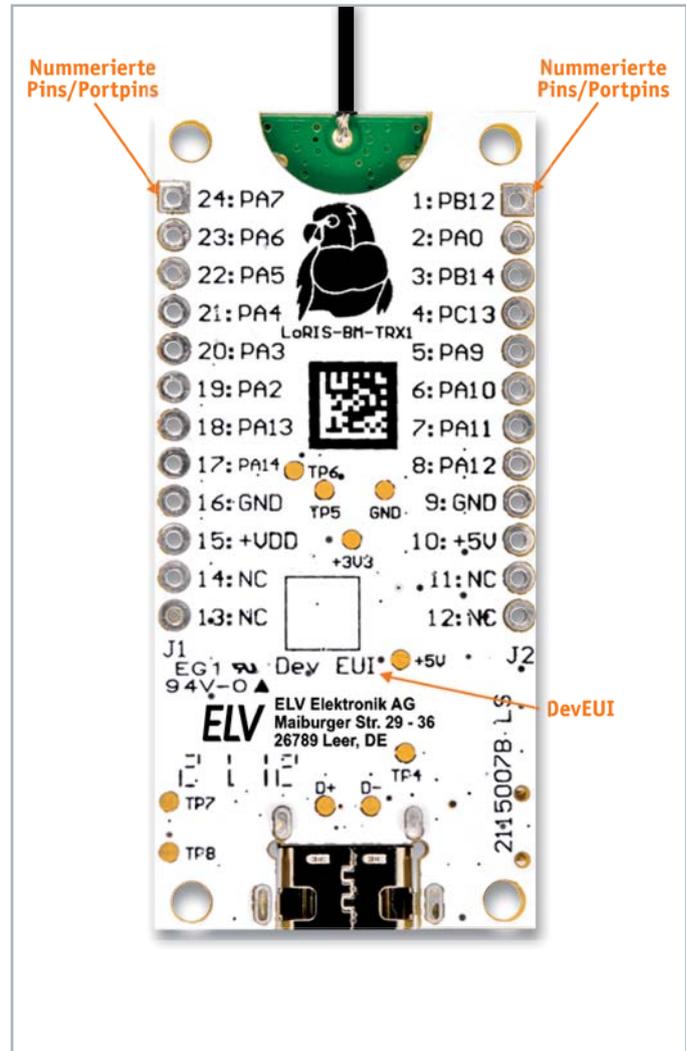


Bild 10: Platinenunterseite der LoRIS-Base (zur besseren Übersichtlichkeit ohne Buchsenleisten, die beim Bausatz bereits eingelötet sind)

Debug-Adapter

Der Debug-Adapter J6 ermöglicht die Programmierung des SoCs (A1) mit eigener Firmware unter Zuhilfenahme von externen Tools (bspw. mit einem Programmierer wie ST-LINK/V2 und eine entsprechende Entwicklungsumgebung wie STM32CubeIDE).

Signal-LED

Die Duo-LED DS2 dient der Visualisierung der verschiedenen Betriebszustände (Join-Vorgang, senden von Daten ...). Dabei liegt die grüne LED an PB3 und die rote LED an PA15 von A1. R4 und R5 dienen der Strombegrenzung der Duo-LED.

User-Button (S1)

Der Taster S1 ist über PA0 an dem SoC angeschlossen und kann zu User-Aktionen (u.a. manuelles Auslösen des Join-Vorgangs, Versetzen in den Programmiermodus über USB) verwendet werden. C6 dient zum Entprellen von S1.

Funkmodul dnt-TRX-ST1

Das Funkmodul dnt-TRX-ST1 (SoC, A1) stellt die LoRaWAN-Funktionalität zur Verfügung und hält im Flash-Speicher den entsprechenden Applikations-Code vor. Im Code-Beispiel für die LoRIS-Base (s. Praxisbeispiel) sind in diesem Fall zwei Inputs über PC13 (INPUT_1) und PA4 (INPUT_2) per internem Pull-up beschaltet und erkennen einen Interrupt über eine fallende Flanke. An PA5 (Default LOW) ist im Code-Beispiel ein Output (OUTPUT_1)

vorgesehen. Mit dieser Applikation können maximal 5 mA an Strom geliefert werden, um beispielsweise eine Low-Current-LED zu versorgen.

Eigenschaften von LoRIS-Base

Schauen wir nun noch anhand der Platine die Eigenschaften der LoRIS-Base (Bild 9 und Bild 10) an. Zur besseren Übersichtlichkeit zeigen wir die Platinenseiten mit ausgelöteten Buchsenleisten, die bei dem Bausatz im Lieferzustand schon bestückt sind. Es muss also nichts mehr gelötet werden.

Im oberen Bereich der LoRIS-Base befindet sich mit dem Funkmodul (SoC) das Herzstück des Experimentierboards. Hier liegen sowohl der Bootloader als auch die Anwendung (Firmware) im Speicher des STM32-SoCs. Am oberen Rand des Funkmoduls befindet sich die Antenne.

Links und rechts befinden sich die auf der Oberseite des Silkscreens durchnummerierten Pins. Diese sind auf den Buchsenleisten außen zusätzlich mit der Bezeichnung der Portpins versehen. Auf der Unterseite der Platine findet man zudem eine Kombination aus Pin-Nummer und Portpin auf dem Silkscreen.

Links unten befindet sich der User-Button, der verschiedene Funktionen hat. Man kann beispielsweise damit den Join-Vorgang manuell auslösen oder beim Programmieren mit dem LoRIS-Flasher-Tool den Programmiermodus beim Aufspielen der Firmware über USB auslösen.



Die Power-LED leuchtet, sobald die Versorgungsspannung über USB (Typ C) zugeführt wird. Bei Spannungsversorgung über +VDD bleibt sie ausgeschaltet, um einen besonders energiesparenden Modus zu ermöglichen.

Die Signal-LED zeigt die Betriebszustände der LoRIS-Base an. So signalisiert sie z. B. den Join-Vorgang (oranges Blinken), erfolgreiches (einmaliges grünes Leuchten) oder nicht erfolgreiches (einmaliges rotes Leuchten) Beitreten in ein LoRaWAN.

Der 10-polige Programmieradapter bietet die Möglichkeit, per Adapter und Programmer und einer geeigneten Entwicklungsumgebung (z. B. STM32CubeIDE) einen eigenen Code aufzuspielen. Optionale Lötbrücken sind für eine zukünftige Ansteuerung u. a. für einen automatischen Reset und Bootmodus vorgesehen. Zur Befestigung gibt es an allen vier Ecken Bohrlöcher mit einem Durchmesser von 2,5 mm.

Auf der Unterseite finden sich die nummerierten Pins bzw. die Funktionsbeschreibung und die entsprechenden Portpins. Außerdem ist das LoRIS-System an dem Logo mit dem LoRIS-Papagei erkennbar.

Die DevEUI ist im unteren Teil auf dem Silkscreen abgedruckt. DevEUI, JoinEUI und AppKey liegen dem Bausatz in Schriftform bei und lassen sich zusätzlich mit dem LoRIS-Flasher-Tool auslesen.

Praxisbeispiel

Wir haben bisher viel über den eigentlichen LoRa-Funk, Gateways, die Netzwerkstruktur und den Bausatz LoRIS-Base erfahren. Das Ganze wirkt auf den ersten Blick recht komplex. Für einen Einstieg in diese neue Funktechnologie muss man sich aber nur einmal die Zeit nehmen, die Eigenschaften eines Sensorknotens zu ergründen und die Integration in eine Netzwerkstruktur komplett durchzuspielen. Man merkt dann recht schnell, dass sich viele Vorgänge wiederholen und sich das vermeintliche Zahlenwirrwarr aus EUIs und Keys recht schnell entflechtet. Zudem ist unser LoRIS-System darauf ausgelegt, dank vorgegebener Firmware und Code-Templates die Anwendung der LoRIS-Base und der Anwendungsmodule so einfach wie möglich zu machen.

Nun zu unserer Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Inbetriebnahme der LoRIS-Base und der Integration in eine Netzwerkstruktur.

Schritt 1

Hardware: LoRIS-Base und Gateway

Als Hardware benötigen wir für erste Experimente mit LoRaWAN zunächst die LoRIS-Base als Sensorknoten und ein in der Nähe liegendes LoRaWAN-Gateway, das mit dem TheThingsNetwork (TTN) oder TheThingStack (TTS) verbunden ist. Da TTN voraussichtlich Ende 2021 abgeschaltet wird, nutzen wir für unser Praxisbeispiel gleich TTS.

Ob ein Gateway in der Nähe ist, das mit TTN/TTS verbunden ist, erfährt man unter

<https://www.thethingsnetwork.org> (auf der Webseite etwas nach unten scrollen). Ist kein Gateway in der Nähe, empfehlen wir unter Material Gateways (Indoor/Outdoor), die wir getestet haben.

Schritt 2

Konto bei TTN erstellen

Neben der Hardware benötigen wir noch einen Betreiber für die Netzwerkinfrastruktur. Wir nutzen dazu TheThingsStack (TTS [6], s. a. FAQ). Dazu gehen wir mit einem Browser zunächst auf:

<https://account.thethingsnetwork.org/register> um ein Konto anzulegen (Bild 11). Das neu angelegte Konto muss danach in der Registrierungsmail bestätigt und damit das Konto aktiviert werden.

Wichtiger Hinweis:

Da die Migration der Netzwerkinfrastruktur von TheThingsNetwork zu TheThingsStack zurzeit (Stand: Juli 2021) durchgeführt wird, kann der im Praxisbeispiel beschriebene Vorgang zu einem späteren Zeitpunkt unter Umständen abweichen. Auch andere Details können sich mit der Zeit ändern. Eine aktuelle Version der Schritt-für-Schritt-Anleitung verlinken wir auf der Artikel-Detailseite zur LoRIS-Base im ELVshop.

Bild 11: Anlegen eines TTN-Accounts

Schritt 3

Anmelden bei TTS

Wir melden uns mit diesem Konto allerdings nicht im TheThingsNetwork (TTN) an, da diese Netzwerkinfrastruktur noch in diesem Jahr (2021) abgestellt wird, und nutzen den Nachfolger TheThingsStack, den wir unter:

<https://eu1.cloud.thethings.network/console/> erreichen. Hier loggen wir uns mit unseren TTN-Anmeldedaten unter „Login with The Things ID ein“ ein (Bild 12).



Bild 12: Anmelden bei TheThingsStack

Wir geben im folgenden Fenster unsere Anmelde-daten ein und gelangen dann auf die Übersichtsseite, auf der wir im unteren Bereich den Status der Netzwerkserver sehen. Hier finden wir u. a. die oben beschriebenen Join-, Network- und Application-Server wieder (Bild 13).

Schritt 4

Anwendung erstellen

Wir gehen in unserem Praxisbeispiel davon aus, dass wir ein in der Nähe erreichbares Gateway haben, ein eigenes (s. Material) könnten wir hier sonst konfigurieren. In einer der folgenden Ausgaben des ELVjournals werden wir noch detailliert auf Gateways, die Netzwerkinfrastruktur und deren Nutzung eingehen.

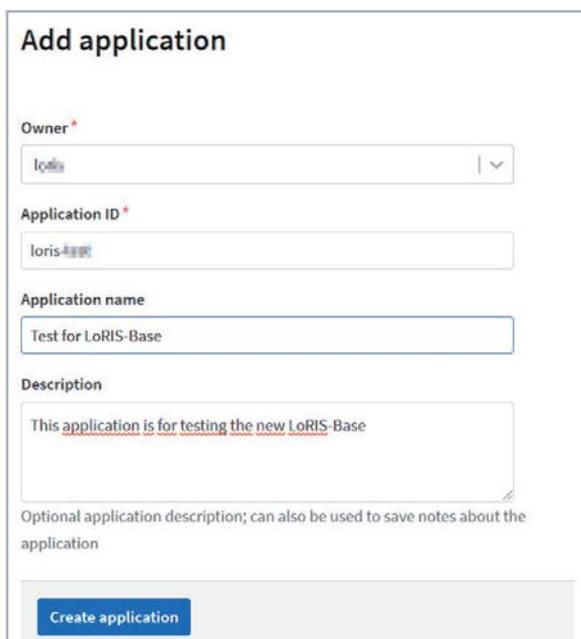


Bild 14: Eintragen der Anwendungsdaten

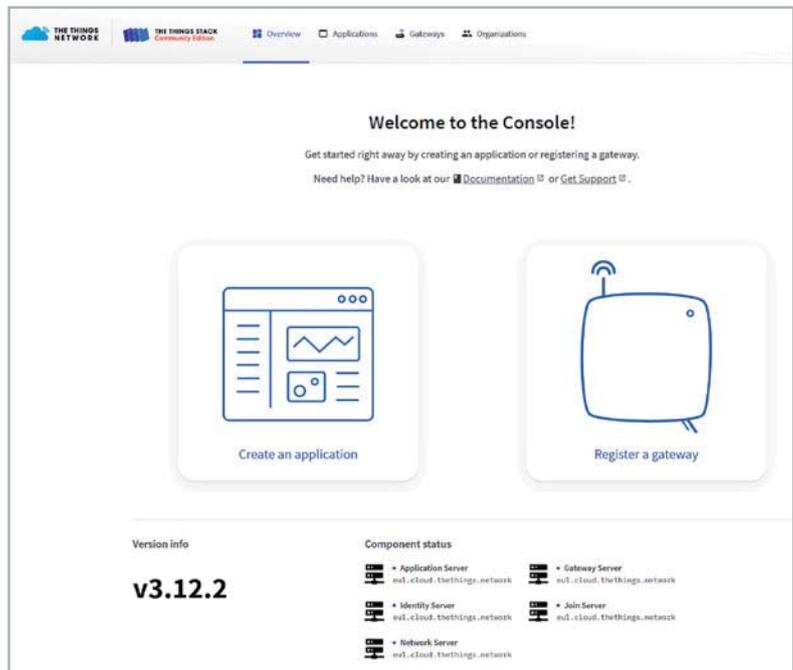


Bild 13: Übersichtsseite von TheThingsStack

Unter „Create an application“ können wir eine Anwendung für unseren Sensorknoten einrichten. Wir klicken auf den großen Button „Create an application“ und kommen zu einem weiteren Fenster, in dem wir die Anwendung zunächst definieren müssen (Bild 14).

Der Eintrag von Owner und Application ID ist dabei verpflichtend und die Application ID muss zudem eindeutig sein. Nach dem Eintragen der Daten klicken wir auf „Create application“.

Schritt 5

End-Device registrieren

Im folgenden Fenster gelangen wir auf die Übersichtsseite der Anwendung, auf der wir nun auch unser End-Device – die LoRIS-Base – eintragen können (Bild 15).

Wir klicken auf „+Add end device“ und wählen auf der folgenden Seite „try manual device registration“ (Bild 16).

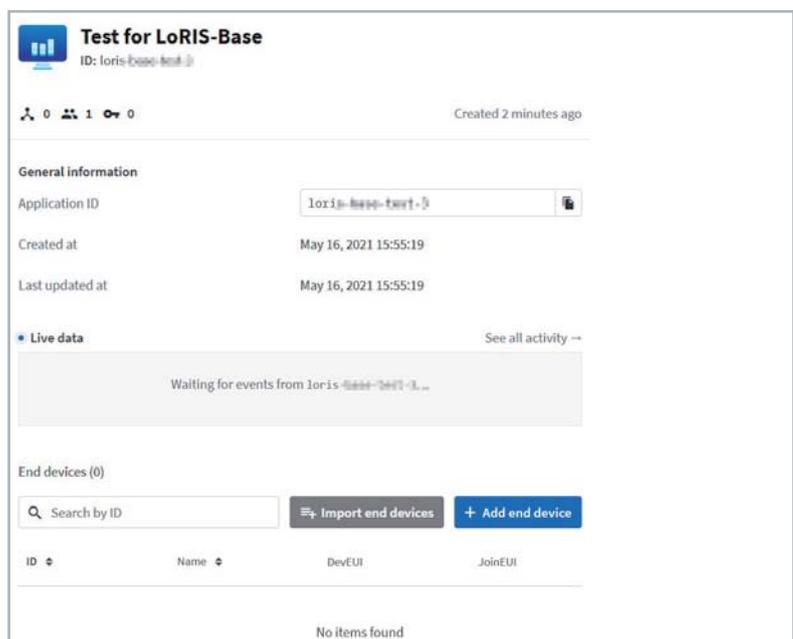


Bild 15: Übersichtsseite der Anwendung (Applications)



Bild 16: Manuelle Registrierung des Sensorknotens

Im folgenden Fenster wählen wir „Over the air activation (OTAA)“ und LoRaWAN version MAC V1.0.3 und lassen die anderen Einstellungen unverändert. Anschließend klicken wir auf Start (Bild 17).

Im folgenden Fenster müssen wir nun einen Namen für die End-Device-ID sowie die DevEUI und die JoinEUI eingeben (Bild 18). Früher hieß die JoinEUI AppEUI, beides ist aber gleichbedeutend, somit tragen wir bei AppEUI im TTS die uns vorliegende JoinEUI der LoRIS-Base ein.

Wir klicken als Nächstes auf „Network layer settings“ und müssen hier den Frequency Plan einstellen. Wir wählen „Europe 863–870 MHz (SF9 for RX2 – recommended)“, lassen den Rest unverändert und klicken auf „Join Settings“ (Bild 19).

Als letzten Wert tragen wir hier den AppKey ein, der der (initialen) Verschlüsselung im LoRaWAN dient (Bild 20).

Mit „Add end device“ schließen wir die Registrierung des Sensorknotens ab. Wir gelangen automatisch auf die Übersichtsseite des Sensorknotens (Bild 21).

Damit haben wir die Erstellung einer Anwendung sowie die Registrierung unseres Sensorknotens (LoRIS-Base) im TTS abgeschlossen. Wir lassen das Übersichtsfenster des End-Devices geöffnet, weil wir dort bei der Inbetriebnahme der LoRIS-Base im nächsten Schritt den Datenverkehr mit ansehen können.

Schritt 6

Vorbereitung der Hardware

Im Folgenden ein Beispiel für eine mögliche Schaltung der Hardware. Wir betreiben dabei die LoRIS-Base über die Spannungsversorgung per USB.

Als Erstes installieren wir den USB-Treiber, den wir im Downloadbereich des Bausatzes LoRIS-Base im ELVshop finden [1].

Die Firmware, die bereits auf der LoRIS-Base aufgespielt ist, ermöglicht die Betätigung von zwei Tastern, die einen Signal-Status (Active/Inactive) senden (Uplink zum Gateway). Zusätzlich wird die Versorgungsspannung und der Grund für die Übertragung übermittelt. Im Downlink (vom Gateway zur LoRIS-Base) lässt sich außerdem über einen Output beispielsweise eine externe LED an- und ausschalten. Allerdings findet die Übertragung von Nachrichten im Downlink bei Class-A-End-Devices erst nach einem Uplink statt. Es muss also in unserem speziellen Fall erst ein Taster gedrückt werden, um das Kommando zum An- oder Ausschalten der LED zu erhalten.

Bild 17: Eintragen des Aktivierungsmodus und der LoRaWAN-Version des End-Devices

Bild 18: Eingabe der ID für das End-Device, der DevEUI und JoinEUI (AppEUI)



Im Breadboardaufbau sieht die Schaltung folgendermaßen aus (Bild 22).

Wir haben für den Aufbau unsere Prototypenadapter-Module gewählt (s. Material), da so eine bessere Übersichtlichkeit der Schaltung auf dem Breadboard ermöglicht wird. Der Aufbau kann natürlich genauso gut mit konventionellen Bauteilen durchgeführt werden.

Die LoRIS-Base wird über den USB-Typ-C-Anschluss mit Spannung versorgt. GND wird von der LoRIS-Base an die Spannungsschiene geführt. Die LED wird direkt von einem GPIO (OUT1) des LoRaWAN Funkmoduls angesteuert. Des Weiteren wird die Kathode der LED mit der Spannungsschiene (GND) des Breadboard verbunden. Bei Spannungsversorgung über USB liefert der im USB-Seriell-Converter integrierte Spannungsregler

bis zu 100 mA Strom. Pin 21 bzw. PA4 wird an den einen Anschluss vom Taster, in unserem Fall IN2, angeschlossen. Der andere Anschluss dieses Tasters wird mit GND verbunden. Pin 4 bzw. PC13 wird mit dem zweiten Taster (IN1) an einem Anschluss verbunden und an dem anderen Anschluss der Taster ebenfalls mit GND verbunden.

Die LED mit entsprechendem Vorwiderstand wird an der Anode (+) mit Pin 22 bzw. PA5 verbunden und an der Kathode mit GND.

Bild 19: Wahl des Frequency Plans

Bild 21: Übersichtsseite des End-Devices

Bild 20: Eingabe des AppKeys

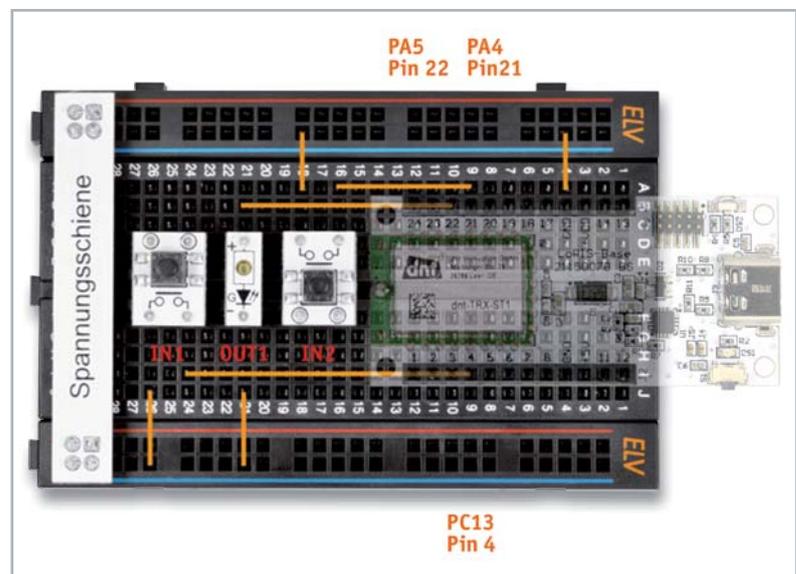


Bild 22: Schaltung der LoRIS-Base mit Tastern und LED



Schritt 7

Inbetriebnahme

Nachdem man die Schaltung noch mal hinsichtlich des Aufbaus kontrolliert hat, kann nun über USB Spannung zugeführt werden. Es sollte sofort die grüne Power-LED auf der LoRIS-Base aufleuchten (Bild 23). Ist dies nicht der Fall, bitte die Spannungsversorgung sofort abtrennen und die Schaltung erneut kontrollieren.

Join-Vorgang mit dem Gateway/TTS

Nach der Stromzufuhr sollte die Signal-LED orange blinken (Bild 24). Die Signal-LED zeigt den Verbindungsstatus mit dem LoRaWAN-Netzwerk (bzw. einem verfügbaren Gateway) an. Man kann den Join-Vorgang alternativ auch mit einem kurzen Druck auf den User-Button manuell auslösen.

Oranges Blinken bedeutet, dass versucht wird, eine Verbindung aufzubauen. Sobald die LoRIS-Base dem Netzwerk beigetreten ist (Join-accept), leuchtet die Status-LED kurz grün auf (Bild 25). Nach erfolgreichem Beitritt erlischt die Signal-LED. Ist der Join-Vorgang nicht erfolgreich, leuchtet die Signal-LED rot auf. Es gibt insgesamt drei Join-Versuche beim „Power on (Reset)“. Wir können diesen Vorgang im Übersichtsfenster des End-Devices bei TTS im Bereich Live Data mitverfolgen (Bild 26).

Hinweis: Im Betrieb kann man durch Druck auf den Taster unterhalb der Power-LED (< 5 Sekunden) manuell einen Join-Vorgang bzw. ein Status-Update auslösen. Ein Druck > 5 und < 8 Sekunden löst einen Soft-Reset aus (alles über 8 Sekunden wird ignoriert).

Hinweis: Um einen späteren stromsparenden Betrieb über +VDD und GND beispielsweise als abgesetzter Sensor zu ermöglichen, ist in dieser Konfiguration die Power-LED deaktiviert.

Datenverkehr im TTS

Wir testen nun einmal durch Drücken eines Tasters, welche Daten wir im Fenster „Live Data“ dabei erhalten. Wir gucken uns dabei unter „Receive Data Message“ den Raw Payload an (Bild 27). Da das Backend von TTS zur Zeit noch in der aktiven Entwicklung ist, kann sich die Ansicht zum Zeitpunkt des Erscheinens des ELVjournals geändert haben. Wichtig ist hier, eine ankommende Nachricht nach Druck auf einen Taster zu sehen.

Hinweis: Aktuelle Informationen zur LoRIS-Base, den Code-Beispielen und der Schritt-für-Schritt-Anleitung finden Sie auf der LoRIS-Base-Artikel-Detailseite im ELVshop.

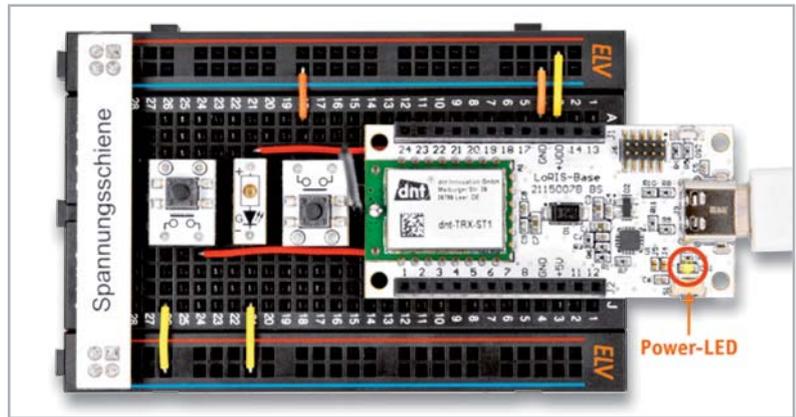


Bild 23: Nach Anschluss per USB sollte die Power-LED (grün) dauerhaft leuchten.

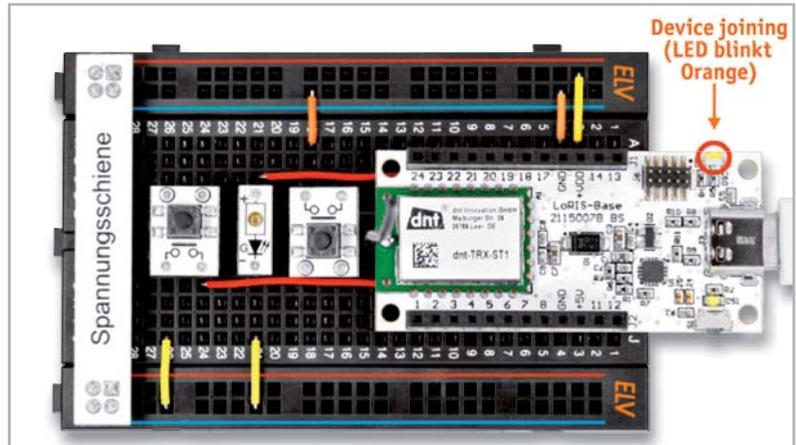


Bild 24: Oranges Blinken signalisiert den Versuch, einem LoRaWAN beizutreten.

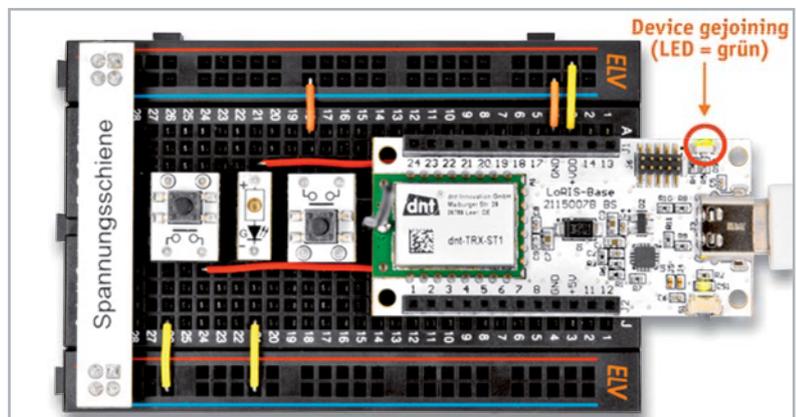


Bild 25: Ist der Beitritt in ein LoRaWAN erfolgreich, leuchtet die Signal-LED kurz grün auf.

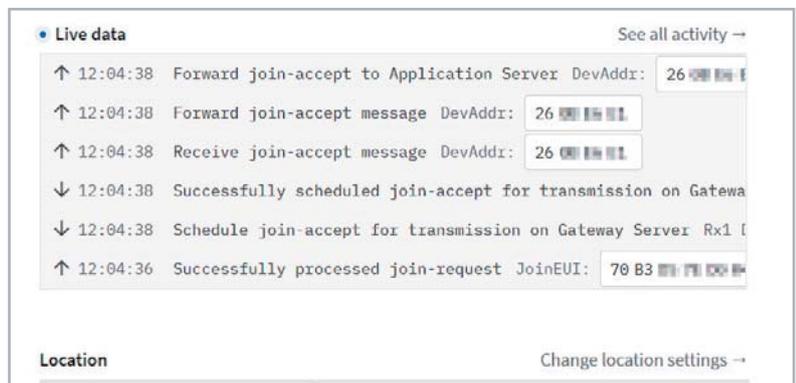


Bild 26: Join-Vorgang der LoRIS-Base im TTS



Bild 27: Rohdaten der LoRIS-Base

**Schritt 8****Entschlüsselung der Rohdaten**

Mit diesen Rohdaten sehen wir nur, dass etwas gesendet wurde. Um die Payload zu analysieren und zu zerlegen, gibt es im TTS sogenannte Payload Formatters (Hilfsprogramme, die die Payload bearbeiten). Wir nutzen für unsere LoRIS-Base den folgenden Code, um die gewünschten Daten zu erhalten.

```
var tx_reason = [ "Timer_Event", "User_Button", "Input_Event" ];

function Decoder( bytes, port )
{
  var decoded = {};

  if( port === 10 )
  {
    if( bytes.length >= 5 )
    {
      decoded.TX_Reason = tx_reason[ ( bytes[0] & 0x0F ) ];
      decoded.Supply_Voltage = ( bytes[3] << 8 ) | bytes[4];

      if( bytes[5] === 0x00 )
      {
        if( bytes[6] & 0x01 )
        {
          decoded.Input_1 = "Active";
        }
        else
        {
          decoded.Input_1 = "Inactive";
        }
        if( bytes[6] & 0x04 )
        {
          decoded.Input_2 = "Active";
        }
        else
        {
          decoded.Input_2 = "Inactive";
        }
      }
      if( bytes[7] === 0x01 )
      {
        if( bytes[8] & 0x01 )
        {
          decoded.Output_1 = "Active";
        }
        else
        {
          decoded.Output_1 = "Inactive";
        }
      }
    }
  }

  return decoded;
}
```

Wir gehen auf Payload formatters → Uplink, wählen als Formatter Type JavaScript und fügen unter „Formatter Parameter“ den obigen Code ein. Der Code ist auch im Download-Bereich des Bausatzes LoRIS-Base im ELVshop zu finden, um ihn einfach zu kopieren. Wir schließen den Vorgang mit „Save changes“ ab (Bild 28).

Jetzt gehen wir wieder auf Applications bzw. direkt in unser End-Device und schauen uns an, was im Fenster Live Data mit der Payload passiert, wenn wir erneut eine Taste drücken. In der Nachricht sollte dann die mithilfe des Payload Formatters entschlüsselte Payload zu sehen sein (Bild 29).

Wir sehen nun, dass der Input_1 (Taster) gedrückt wurde und die Status des anderen angeschlossenen Taster bzw. des Outputs. Zudem werden die aktuelle Versorgungsspannung und der Grund für die Übertragung gesendet.

```
F1 Payload: { Input_1: "Active", Input_2: "Inactive", Output_1: "Inactive", Supply_Voltage: 3200, TX_Reason: "Input_Event" }
```

Bild 29: Entschlüsselte Payload

Sonderfall Downlink (Output, bspw. LED)

Die Funktion des Downlinks vom TTS zur LoRIS-Base kann man testen, indem man im End-Device → Messaging → Downlink FPort 10 auswählt und eine 01 02 (OUTPUT LOW, bspw. LED AUS) oder 01 03 (OUTPUT HIGH, bspw. LED AN) als Payload eingibt und auf „Schedule downlink“ klickt.

Die Nachricht wird dann in eine Warteschlange geschrieben, da Class-A-Nodes ein Empfangsfenster erst nach der Absendung von Daten (Uplink an ein Gateway/TTS) öffnen (Bild 30). Der Output (bspw. LED) wird also erst gesetzt, nachdem ein Taster gedrückt und damit ein Empfangsfenster geöffnet wurde.

Schritt 9**Integrationen**

Jetzt kommen wir zum letzten Schritt, bei dem wir die erhaltenen Daten an einen Endpunkt weiterleiten, um sie beispielsweise auf einem Server oder einer Webseite ansehen oder weiterverarbeiten zu können. Bei TTS heißt diese Form der Datenweiterleitung Integrations.

Wir nutzen als Integration MQTT – ein universelles Protokoll für den Datenaustausch. TTS stellt dazu einen MQTT-Server bereit. So müssen wir keinen eigenen MQTT-Server aufsetzen und können die Daten von überall aus dem Internet abrufen.

Wir gehen dazu in unserer Application auf Integrations → MQTT. Hier sind alle grundlegenden Verbindungsdaten zu dem TTS-MQTT-Server bereits eingetragen. Zur Absicherung der Verbindung müssen wir zunächst aber noch einen API Key generieren und klicken dazu auf „Generate new API Key“ (Bild 31). Unmittelbar darauf erscheint der Key, den man gleich kopieren und sicher verwahren sollte.

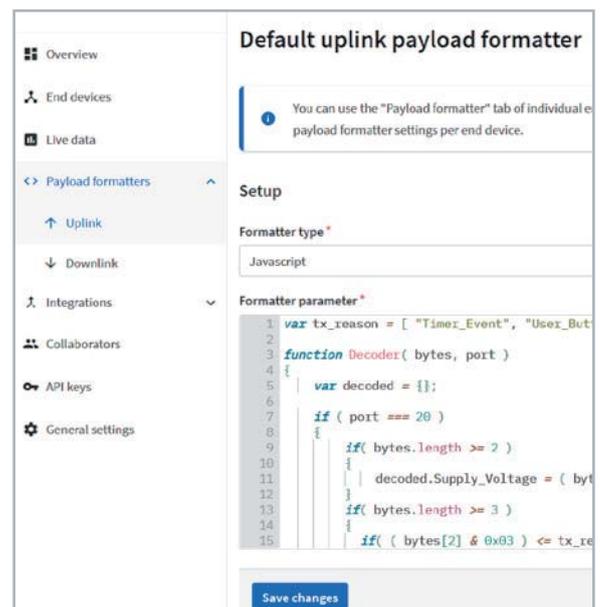


Bild 28: Einfügen des Payload-Formatter-Codes



Wie kann man nun auf diese Daten zugreifen? MQTT ist fast immer in sogenannter Broker-Software als Schnittstelle vorhanden, z. B. in Node-RED, mit dem man ein ganzes System aus Sensoren zusammenfassen und über ein Dashboard anzeigen kann. Zu Node-RED haben wir bereits zahlreiche Beiträge veröffentlicht [7] und auch die Integration von MQTT beschrieben. Im Download-Bereich des Bausatzes LoRIS-Base stellen wir ein Node-RED-Beispiel (Flow) zur Verfügung, um das MQTT-Beispiel auch in Node-RED zu nutzen.

Um den Abruf der Daten zu demonstrieren, benutzen wir den auch im MQTT-Beitrag in diesem ELVjournal ab Seite 26 verwendeten Client MQTT.fx. Details zur Handhabung der Software finden Sie dort.

Zunächst muss eine Connection mit folgenden Daten erstellt werden (Bild 32):

- Broker Address: eu1.cloud.thethings.network
- Broker Port: 1883
- User Name: xxx@ttn (das ist der Username aus den MQTT Credentials bei TTS, Bild 31)
- Password: xxxx (das ist der API Key aus den MQTT Credentials bei TTS)

Wie bei MQTT üblich muss man sich noch auf einen Topic subscriben. Dazu verbinden wir uns zunächst per MQTT.fx mit dem MQTT-Server von TTS, klicken auf Subscribe und tragen dort:

```
v3/username@ttn/devices/#
```

ein, wobei der Username wieder derjenige aus den MQTT-Credentials bei TTS ist.

Anschließend klicken wir auf Subscribe und Betätigen einen Taster, der an unserer LoRIS-Base angeschlossen ist. Nun sollten wir die Daten im rechten Fenster erhalten (Bild 33). Um die Ausgabe etwas lesbarer zu gestalten, können wir unten rechts noch „JSON Pretty Format Decoder“ auswählen.

In den kommenden Ausgaben des ELVjournals werden wir weitere Integrationen vorstellen und die Möglichkeiten der Datenweiterleitung im Detail beschreiben. Das Praxisbeispiel mit MQTT soll nur als erste Anschauung und Startpunkt für eigene Experimente dienen, allerdings lässt sich dieses universelle Protokoll sehr gut in andere Software-Plattformen integrieren.

Ausblick und Möglichkeiten des LoRIS-Systems

Auch wenn es zunächst viele Informationen gibt, die im Zusammenhang mit LoRaWAN erforscht und verarbeitet werden müssen, so lohnt es sich doch, diese spannende Funktechnologie und ihre vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten zu erforschen. Mit der Zeit wird die Community weiter anwachsen und es wird viele Beispiele im Internet für Projekte geben.

Hinsichtlich der LoRIS-Base und den kommenden Anwendungs- und Powermodulen werden wir diesen offenen Ansatz unterstützen und für das jeweilige Anwendungsmodul die entsprechende Firmware als Hex-File zur Verfügung stellen. Diese lässt sich mit unserem LoRIS-Flasher-

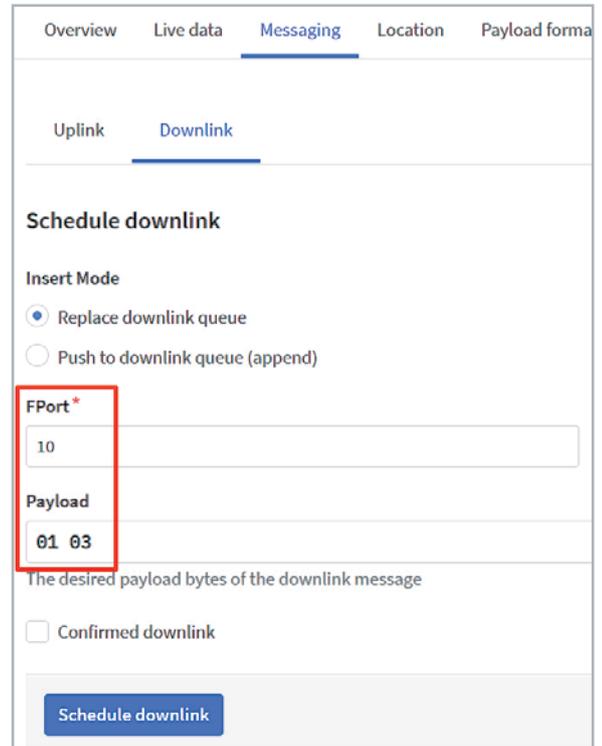


Bild 30: Test des Downlinks – dem Übertragen von Daten an die LoRIS-Base aus dem TTS heraus

Tool einfach per USB auf die LoRIS-Base aufspielen. Auch den jeweiligen Decoder für TTS (Payload Formatter) werden wir im Download-Bereich des Bausatzes LoRIS-Base im ELVshop bereitstellen.

Wer schon Programmiererfahrung hat und mit Programmier- und Entwicklungsumgebung umgehen kann, dem bietet sich die Chance zu eigenen Entwicklungen, die über die Programmierschnittstelle der LoRIS-Base auf das Board gespielt werden können. Dazu stellen wir ein Code-Template bereit, das einen Startpunkt für eigene Programme bietet.

Das ELVjournal wird das faszinierende Thema von LoRaWAN weiterverfolgen und schon in der nächsten Ausgabe ein Anwendungsmodul (universeller Taster-eingang) und ein Powermodul (LR44-Knopfzellen) veröffentlichen. Mit diesen drei Modulen kann dann schon ein autarker Sensorknoten im LoRaWAN realisiert werden. Außerdem werden wir die technischen Details der LoRIS-Base weiter beleuchten und uns Gateways genauer anschauen. **ELV**

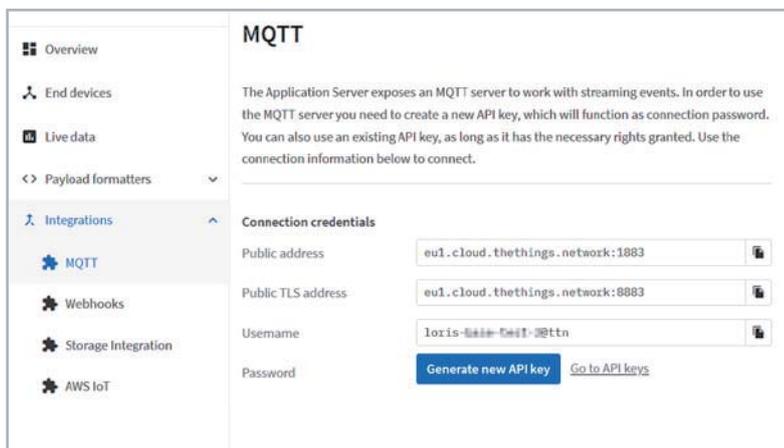


Bild 31: MQTT-Verbindungsdaten

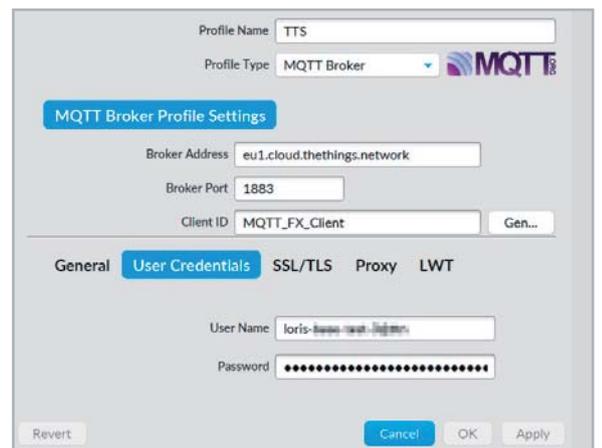


Bild 32: Erstellen einer Verbindung in MQTT.fx



The screenshot shows a MQTT client interface with a 'Subscribe' button highlighted in red. The subscribed topic is 'v3/loris-xxxx-xxxx-1@ttn/devices/#'. The main pane displays a message from 'v3/loris-xxxx-xxxx-1@ttn/devices/loris-xxxx-xxxx-1/up' received at '17-05-2021 15:01:52.54112925'. The payload is a JSON object containing device and application information, correlation IDs, and uplink message details. A 'Topics Collector' pane is visible at the bottom left. At the bottom right, a note indicates 'Payload decoded by JSON Pretty Fomat Decoder'.

```

{
  "end_device_ids": {
    "device_id": "loris-xxxx-xxxx-1",
    "application_ids": {
      "application_id": "loris-xxxx-xxxx-1"
    }
  },
  "dev_eui": "0003F04000000000",
  "join_eui": "70B3000000000000",
  "dev_addr": "26000000",
  "correlation_ids": [ "as:up:01F5X6P7XXXXXDRAXYF0S8I4K04Y",
    "ns:uplink:01F5XXXXXDRAXYF0S8I4K04Y", "pba:conn:up:01F4S01TXXXXXDRAXYF0S8I4K04Y",
    "pba:uplink:01F5XXXXXDRAXYF0S8I4K04Y",
    "rpc:/ttn.lorawan.v3.GsNs/HandleUplink:01F5XXXXXDRAXYF0S8I4K04Y",
    "rpc:/ttn.lorawan.v3.NsAs/HandleUplink:01F5XXXXXDRAXYF0S8I4K04Y" ],
  "received_at": "2021-05-17T13:01:51.165226309Z",
  "uplink_message": {
    "session_key_id": "AXLEXXXXXDRAXYF0S8I4K04Y",
    "f_port": 20,
    "f_cnt": 28,
    "frm_payload": "DIYGAAAAAAAAA==",
    "decoded_payload": {
      "Input_1": "Active",
      "Input_2": "Inactive",
      "Output_1": "Inactive",
      "Supply_Voltage": 3206,
      "TX_Reason": "Input_Event"
    }
  }
}

```

Bild 33: Ausgabe der Daten des Sensorknotens in MQTT.fx

Material

Gateway – Indoor: Dragino Indoor LoRaWAN Gateway LPS8-868: Artikel-Nr. 252153

Gateways – Outdoor: MikroTik LoRaWAN – wAP LoRa8 kit – https://mikrotik.com/product/wap_lr8_kit

Antenne: Antenna kit for LoRa – https://mikrotik.com/product/lora_antenna_kit

Passendes Zubehör zum Prototyping:

- ELV Steckplatine/Breadboard mit 830 Kontakten, schwarze ELV Version – Artikel-Nr. 250986
- ELV Steckplatine/Breadboard mit 400 Kontakten, schwarze ELV Version – Artikel-Nr. 251467
- ELV Bausatz Prototypenadapter PADx für Steckboards:
 - PAD1: Artikel-Nr. 153761
 - PAD2: Artikel-Nr. 154712
 - PAD3: Artikel-Nr. 154743
 - PAD4: Artikel-Nr. 155107
 - PAD6: Artikel-Nr. 155858
- ELV Bausatz Lochrasterplatine PAD5 für Steckboards mit Spannungsreglern: Artikel-Nr. 155289
- ELV Steckbrücken-Set für Steckplatinen und Breadboards, 350-teilig – Artikel-Nr. 058831
- Hochwertige ELV Stechkabel-Sets: Artikel-Nr. 251220 bis 251225
- Shiverpeaks USB-3.1-Kabel Gen. 2, USB 3.1 USB-Stecker (Typ C) auf USB 3.0 USB-Stecker (Typ A) – Artikel-Nr. 126336

Aktuelles Zubehör zu LoRaWAN finden Sie im ELVshop unter dem Stichwort „LoRaWAN“

**Widerstände:**

180 Ω/SMD/0402	R4
470 Ω/SMD/0402	R5
1 kΩ/SMD/0402	R1, R2
1,2 kΩ/SMD/0402	R10, R11
3,9 kΩ/SMD/0402	R8, R9
10 kΩ/SMD/0402	R7
18 kΩ/SMD/0402	R3
47 kΩ/SMD/0402	R6

Kondensatoren:

100 pF/50 V/SMD/0402	C9
100 nF/16 V/SMD/0402	C2, C4–C6, C8
4,7 μF/16 V/SMD/0603	C1, C3, C7

Halbleiter:

ELV211746/SMD	U1
SK14/SMD	D1
SP0503BAHTG/SMD	D2
LED/green/SMD/0603	DS1
Duo-LED/rot-grün/SMD	DS2

Sonstiges:

Funkmodul dnt-TRX-ST1	A1
Taster mit 1,2-mm-Tastknopf, 1x ein, SMD, 1,8 mm	S1
Buchsenleiste, 1x 12-polig, 10 mm Pinlänge, gerade, bedruckt, J1, für LoRIS-BM-TRX1	J1
Buchsenleiste, 1x 12-polig, 10 mm Pinlänge, gerade, bedruckt, J2, für LoRIS-BM-TRX1	J2
USB-Buchse, Typ C, SMD	J3
Stiftleiste, 2x 5-polig, 5,97 mm, gerade, RM = 1,27 mm, SMD	J6
Aufkleber mit DevEUI-Adresse, Matrix-Code	

Geräte-Kurzbezeichnung:	LoRIS-BM-TRX1
Versorgungsspannung:	3,0–3,3 V _{DC}
Stromaufnahme:	min. 2,5 μA @ 3,0 V (Sleep) max. 38 mA @ 3,0 V (TX+Signal-LED) min. 3,7 mA @ 5 V (USB-PWR LED) (Sleep) max. 44 mA @ 5 V (USB) (TX+Signal-LED)
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Frequenzband:	L-Band 865,0–868,0 MHz M-Band 868,0–868,6 MHz O-Band 869,4–869,65 MHz
Duty-Cycle:	L-Band < 1 % pro h M-Band < 1 % pro h O-Band < 10 % pro h
Typ. Funk-Sendeleistung:	+ 10 dBm
Empfängerkategorie:	SRD category 2
Typ. Funk-Freifeldreichweite:	> 500 m
Leitungslängen an J1 und J2:	10 cm max.
Abmessungen:	26 x 55 x 19 mm (ohne Antenne)
Gewicht:	12 g

**Weitere Infos:**

- [1] Hex-Files (Firmware), USB-Seriell-Treiber, Decoder-Beispiel und Node-RED Flow-Beispiele sind im Download-Bereich des Bausatzes unter der Artikel-Nr. 156514 zu finden
- [2] ELVjournal 1/2021, Energiesparer – LPWAN – Low Power Wide Area Networks: Artikel-Nr 251814
- [3] ELVjournal 3/2021, Technik LoRaWAN: Artikel-Nr. 252094
- [4] Institute of Electrical and Electronics Engineers:
<https://www.ieee.org/>
- [5] TheThingsNetwork: <https://www.thethingsnetwork.org>
- [6] TheThingsStack: <https://www.thethingsindustries.com/docs/>
- [7] ELVjournal-Fachbeitrag Node-RED Einführung (3 Teile):
Artikel-Nr. 251410, 251516 und 251603

Alle Links auch online unter: de.elv.com/elvjournal-links

ELV[®] Unsere Social-Media-Kanäle

Den Kontakt zum ELVjournal finden Sie nicht nur über unsere E-Mail-Adresse redaktion@elvjournal.com oder die Postanschrift ELV Elektronik AG · Redaktion ELVjournal · Maiburger Straße 29–36 · 26789 Leer, sondern auch über unsere Social Media-Kanäle.

Hier erfahren Sie außerdem Neuheiten zu Bausätzen, Angeboten oder neuen Produkten im Sortiment von ELV. Auch interessante Nachrichten werden hier veröffentlicht. Besuchen Sie uns dort gerne.



Youtube



www.youtube.com/user/elvelektronik/



Facebook



www.facebook.com/elvelektronik



Twitter



www.twitter.com/elvelektronik



Fragen und Antworten zu LoRaWAN



Was kann ich mit LoRaWAN machen?

Die Möglichkeiten der Anwendungen mit LoRaWAN sind äußerst vielfältig. Im Grunde eignet sich die Technologie für alle Sensoren, die stromsparend Daten übermitteln sollen, die außerhalb der Reichweite normaler Netzwerke wie beispielsweise WLAN liegen (s. a. „Was brauche ich an Hardware?“). Ob es der im Beitrag erwähnte Temperatursensor im Garten, ein Taster oder Sensor am entfernt gelegenen Gartenhaus oder Wohnmobil, das Asset-Management eines Unternehmens, das Gegenstände lokalisieren oder managen will, oder die Smart City handelt, die mit Parkplatzsensoren das Parkraum-Management ermöglichen will: Die LoRIS-Base bietet eine günstige und spannende Möglichkeit, die Chancen dieser Technologie auszutesten und mit ihr zu experimentieren.

Was sind die Vor- und Nachteile?

Es gibt bereits zahlreiche Verfahren, um per Funk Daten von Sensoren zu übermitteln. LoRaWAN stellt eine besonders stromsparende Möglichkeit dar, Daten per Funk über weite Entfernungen an die nächste Gegenstelle (Gateway) in einem lizenzfreien Frequenzband zu senden. Allerdings mit Einschränkungen: Die Datenmengen bewegen sich bei 51–222 Bytes/Sendung und der Duty-Cycle in dem genutzten Frequenzbereich (863–870 MHz) muss eingehalten werden.

Was brauche ich an Hardware, um mit LoRaWAN loszulegen?

Für erste Experimente reicht zunächst die LoRIS-Base und ein in der Nähe befindliches Gateway (s. Material). Auf der LoRIS-Base ist bereits ein Beispielcode aufgespielt, mit dem man zwei Taster und einen Output (bspw. LED) ansteuern kann.

Im Praxisbeispiel wird beschrieben, wie man die Taster anschließt und Daten an TheThingsNetwork (TTN/TTS) weiterleitet. Bereits in der nächsten Ausgabe vom ELVjournal erscheinen zwei LoRIS-Module, mit denen eine Spannungsversorgung mit Knopfzellen und die Ansteuerung eines externen Tasters ermöglicht wird. Weitere Anwendungs- und Powermodule (Temperatur, GPS, Energy-Harvesting...) erscheinen in den darauffolgenden Ausgaben des ELVjournals.

Außerdem wird ein Gateway in der Nähe (~500 m bis einige Kilometer Entfernung) benötigt. In Deutschland sind zurzeit Gateways mit Anbindung an TTN/TTS am weitesten verbreitet. Hierauf basiert auch unser Praxisbeispiel. Ob ein Gateway in der Nähe ist, das mit TTN/TTS verbunden ist, erfährt man unter <https://www.thethingsnetwork.org> (auf der Webseite etwas nach unten scrollen).

Ist kein Gateway in der Nähe, dann seien Sie einer der Ersten, der diese spannende Technologie fördert und die Community zu dieser Funktechnologie ausbaut. Unter „Material“ empfehlen wir günstige Gateways (Indoor/Outdoor).

Muss ich programmieren können?

Nein. Für jedes Anwendungsmodul gibt es für die angebotene Funktionalität die passende Firmware, die per USB und unserem LoRIS-Flasher-

Tool auf die LoRIS-Base aufgespielt werden kann. Für die Integration in die Netzwerkinfrastruktur (z. B. TTN/TTS) bieten wir ebenfalls einen Beispielcode an. Fortgeschrittene Nutzer können per Programmieradapter (STLINK/V2, Olimex 10-12 JTAG-Adapter – auf richtigen Anschluss achten!) und Entwicklungsumgebung (z. B. STM32CubeIDE) einen eigenen Code schreiben. Hierzu bieten wir Code-Templates an.

Auf der LoRIS-Base ist bereits ein Beispielcode aufgespielt, der zwei Taster und einen Output (bspw. LED) ansteuern kann (s. Praxisbeispiel).

Muss ich löten können?

Was brauche ich an Zubehör?

Die LoRIS-Base ist bereits fertig aufgebaut und es muss nichts mehr gelötet werden. Für Experimente mit dem Beispielcode (Taster/LED) findet man unter „Material“ geeignetes Zubehör wie Breadboards, Steckbrücken oder Prototypenadapter. Das meiste des benötigten Materials sollte sich allerdings bereits in der Bastelkiste befinden.

Wie versorge ich die LoRIS-Base mit Spannung?

Dazu gibt es zwei Möglichkeiten: Zum einen vor allem für Experimente auf dem Breadboard die komfortable Spannungsversorgung per USB-Typ-C, zum anderen über +VDD mit 3 bis 3,3 Volt. Es dürfen nicht beide Spannungsversorgungen gleichzeitig angeschlossen sein.

TheThingsIndustries (TTI), TheThingsNetwork (TTN) und TheThingsStack (TTS)

Für die Anbindung an eine Netzwerkinfrastruktur, über die wir unseren Sensorknoten betreiben können, benötigen wir einen entsprechenden Anbieter. Mit TheThingsIndustries [5] gibt es einen Anbieter, der in der Vergangenheit unter dem Namen TheThingsNetwork (TTN) eine kostenfreie, Netzwerkinfrastruktur zur Verfügung gestellt hat. Mit TheThingsStack gibt es mittlerweile einen Nachfolger dazu. Diese Netzwerkanbindung nutzen wir auch für unser Praxisbeispiel.

Aktuelle Informationen zur LoRIS-Base und den Anwendungs- und Powermodulen finden Sie auf den jeweiligen Artikel-Detailseiten im ELVshop oder direkt auf unserer LoRaWAN-/LoRIS-Landing-Page.

Spezialist für Ihre Bauteile



129,95 €

Artikel-Nr. 126632

Abm. (B x H x T):
96 x 220 x 60mm

Bauteile und Leitungen professionell messen LCR-Messgerät DT-9935



- Präzises LCR-Meter mit automatischer Messarten- und Bereichswahl und weiten Messbereichen
- Messung von Induktivität, Kapazität, Widerstand (inkl. DC-Messung), Leitwert, Verlustfaktor, Gütefaktor, Phasenwinkel (Theta)
- Hohe Messgenauigkeit mit Kelvin-4-/5-Leiter-Messung
- Variable Messfrequenzen 100 Hz/120 Hz/1 kHz/10 kHz/100 kHz
- Beleuchtetes Dual-Display mit Sekundäranzeige, z. B. für Messfrequenzen, zusätzliche Bargraph-Anzeige
- Hold-Funktion
- Bauteil-Sortierfunktion über einstellbare Toleranzbereiche

Alle Infos
unter
QR-Code:



Sieger im Landeswettbewerb

Platz 1 für Nick Pfeiffer bei „Jugend forscht“

Zielstrebiges Arbeiten zahlt sich aus – unser „Jugend forscht“-Protagonist Nick Pfeiffer hat nach einem zweiten Platz im Regionalwettbewerb 2018, dem drei Regionalsiege und ein zweiter Platz im Landeswettbewerb 2019 folgten, nun als seinen bisher größten Erfolg den Landessieg im Fachgebiet Technik in Baden-Württemberg erringen können. Unser Glückwunsch geht an den erfolgreichen jungen Forscher!



The image shows a digital award certificate for Nick Pfeiffer. On the left is a colorful illustration of a futuristic landscape with a wind turbine, a car, and a house. In the center, a purple circle with a circuit icon is labeled 'Technik'. To the right, a photo shows Nick Pfeiffer in a green hoodie. The text on the certificate reads: 'PLATZ 1', 'Nick Pfeiffer Robert-Koch-Realschule, Stuttgart', 'Die smarte Kellerlüftung mit Hochwasseralarm und Analysetool', and 'Betreuer: Bernhard Müller, Philipp Müller'. At the bottom left of the illustration, it says 'Landeswettbewerb BW Studio'.

Alle Bilder: B. Pfeiffer

Ersten Platz verteidigt und Landessieg errungen

Er ist konsequent drangeblieben und wurde für seine Zielstrebigkeit belohnt – der 13-jährige Nick Pfeiffer, dessen Werdegang im Wettbewerb „Schüler experimentieren“ wir seit Jahren ([1], [2]) an dieser Stelle verfolgen. Er hat sein Projekt „Smarte Kellerlüftung“ ständig weiterentwickelt und – nach coronabedingt entfallenem Landeswettbewerb im Jahr 2020– beim diesjährigen Regionalwettbewerb zunächst einmal seinen ersten Platz im Fachgebiet „Technik“ von 2020 verteidigen können. Damit hatte er sich in diesem Jahr für den Landeswettbewerb in Balingen am 29./30.4. 2021 qualifiziert.

„Schüler experimentieren“ ist die Sparte des bekannten „Jugend forscht“-Wettbewerbs für die Altersklasse bis 14 Jahre, dessen ranghöchste Stufe die Landeswettbewerbe in den einzelnen Bundesländern sind, während es für Ältere den Bundeswettbewerb (2021 online, 26.–30.5.2021) als dritte Stufe nach Regional- und Landeswettbewerb) gibt.

Schon in den ersten beiden Wettbewerbsjahren zeichnete sich die konsequente Entwicklung des Projekts von Nick ab, eQ-3/ELV unterstützt ihn von Beginn an mit Material, u. a. mit WinMatic-Fensterantrieben. Die Zielstrebigkeit, das Projekt ständig weiterzuentwickeln, war sicher eins der beeindruckenden Kriterien in diesem Wettbewerb.

In der diesjährigen Evolutionsstufe finden wir zunächst das bekannte Projekt der smarten sensorgesteuerten Kellerlüftung mit Alarmierungsfunktion wieder, allerdings noch einmal stark ausgebaut. Hinzugekommen sind ein ortsunabhängiges Alarmmodul und ein Analyse-Dashboard, mit dem man Temperatur, Luftfeuchtwerte und eventuelles Wasser im Keller von jedem Ort der Welt aus via Internetverbindung kontrollieren und die Werte über längere Zeit analysieren kann.

Nicks Kurzfassung des gesamten Projekts noch einmal zur Erinnerung, inklusive der nun vorgenommenen Erweiterungen: „Ich habe eine „smarte Kellerlüftung mit Hochwasseralarm und Analysetool ent-



wickelt. Wenn durch Starkregenfälle Wasser in den Keller eintritt, wird im Haus und optional auch an einem anderen Ort, zum Beispiel in einer Alarmzentrale, ein optischer und akustischer Alarm ausgelöst. Zusätzlich wird eine Alarm-E-Mail versendet. Zeitgleich wird eine Pumpe angesteuert, die das Hochwasser entsprechend abpumpt. Durch Sensoren werden permanent die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit im Keller und außerhalb des Gebäudes gemessen, analysiert und in einer Datenbank aufgezeichnet. Wenn die absolute Luftfeuchtigkeit im Keller höher ist als außen, öffnen sich automatisch die Fenster (Bild 1). Zusätzlich werden Lüfter aktiviert, um die feuchtere Luft nach außen zu blasen. Dies geschieht, um Schimmelbildung vorzubeugen und nach einem Hochwasser den Keller wieder zu trocknen. Die gespeicherten Daten lassen sich in übersichtlichen Diagrammen analysieren.“

Als Analysetool zur Auswertung der auf einem zusätzlichen Raspberry Pi installierten Datenbank kam „Grafana“ zum Einsatz. In der Datenbank werden alle 20 Sekunden die ermittelten Werte aller Sensoren gespeichert, die auf dem mit „Grafana“ erstellten Dashboard (Bild 2) visualisiert werden. Dies eröffnet gleichzeitig den weltweiten Zugriff auf die Echtzeitdaten per Internet. Und mit dem ebenfalls neu entwickelten ortsunabhängigen Alarmmodul, basierend auf einem weiteren Raspberry Pi und einem Arduino, ist ebenso weltweit ein akustisch-optischer Alarm auslösbar (Bild 3).

Bernd Pfeiffer, Nicks Vater, berichtete uns inzwischen vom Fortgang der praktischen Umsetzung des Projekts: „Nachdem sein Modell funktioniert, hat Nick in der Zwischenzeit die ersten Teile seines Projekts im Keller seiner Oma realisiert. Der modifizierte Fensterantrieb (Bild 4) sowie die Sensoren für Temperatur und Luftfeuchtigkeit mit der dazugehörigen weiteren Technik, sind schon funktionstüchtig im Keller eingebaut. Nick konnte diesen Teil den Juroren bereits zusätzlich zum Modell zeigen.“ Ein kleines Video [3] gibt einen Einblick in das Projekt.

Nick berichtet in der Präsentation seines Projekts auch von den zahlreichen technischen Problemen, die er zu lösen hatte und schließlich auch gelöst hat. Sein Fazit u. a.: „Es hat riesigen Spaß gemacht, mein Projekt ständig zu optimieren und weitere Komponenten zu entwickeln. Vor allem durch das immer komplexer werdende Softwareprogramm konnte ich viele neue Erfahrungen sammeln. Auch der Umgang mit der Fehlersuche war für den Erfolg wichtig. Hier haben mir meine Betreuer super geholfen.“ Und: „Mir ist es wichtig, Projekte zu entwickeln, die ich auch in die Praxis umsetzen kann. Die Ideen kommen mir aus Alltagssituationen, die ich erlebe und die ich technisch verbessern will.“ Ein Credo für einen zukünftigen Ingenieur.

Vielleicht sehen wir Nick demnächst wieder – beim Bundeswettbewerb. Wir trauen es ihm durchaus zu.



Bild 1: Das Projekt – hier sind u. a. der modifizierte Fensterantrieb WinMatic und einige Sensoren zu sehen – nimmt inzwischen auch in der praktischen Ausführung Gestalt an.



Bild 2: Ein mit Grafana erstelltes Dashboard zeigt die Daten der Datenbank in Echtzeit sowie in Langzeitdiagrammen an. Dieses Tool öffnet auch die weltweite Kontrollmöglichkeit per Internet.



Weitere Infos:

- [1] Wissenschaftler von morgen ELVjournal 5/2019, S. 15 ff.
- [2] Wieder gewonnen! ELVjournal 4/2020, S. 132 ff.
- [3] Kurzvideo der Projektvorstellung Artikel-Nr. 252166

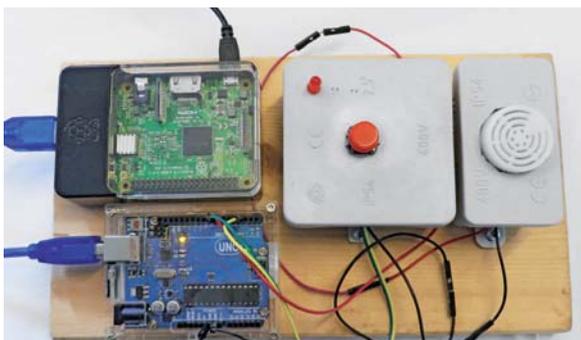


Bild 3: Weiterer Bestandteil der Erweiterung für 2021: das ortsunabhängige Alarmmodul, das an einem beliebigen Ort mit Internetanschluss alarmieren kann

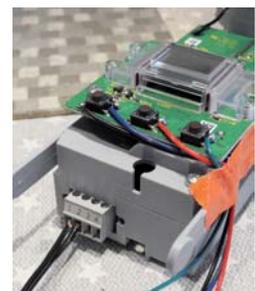
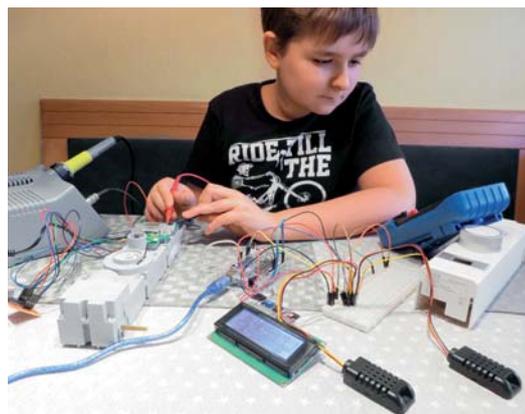
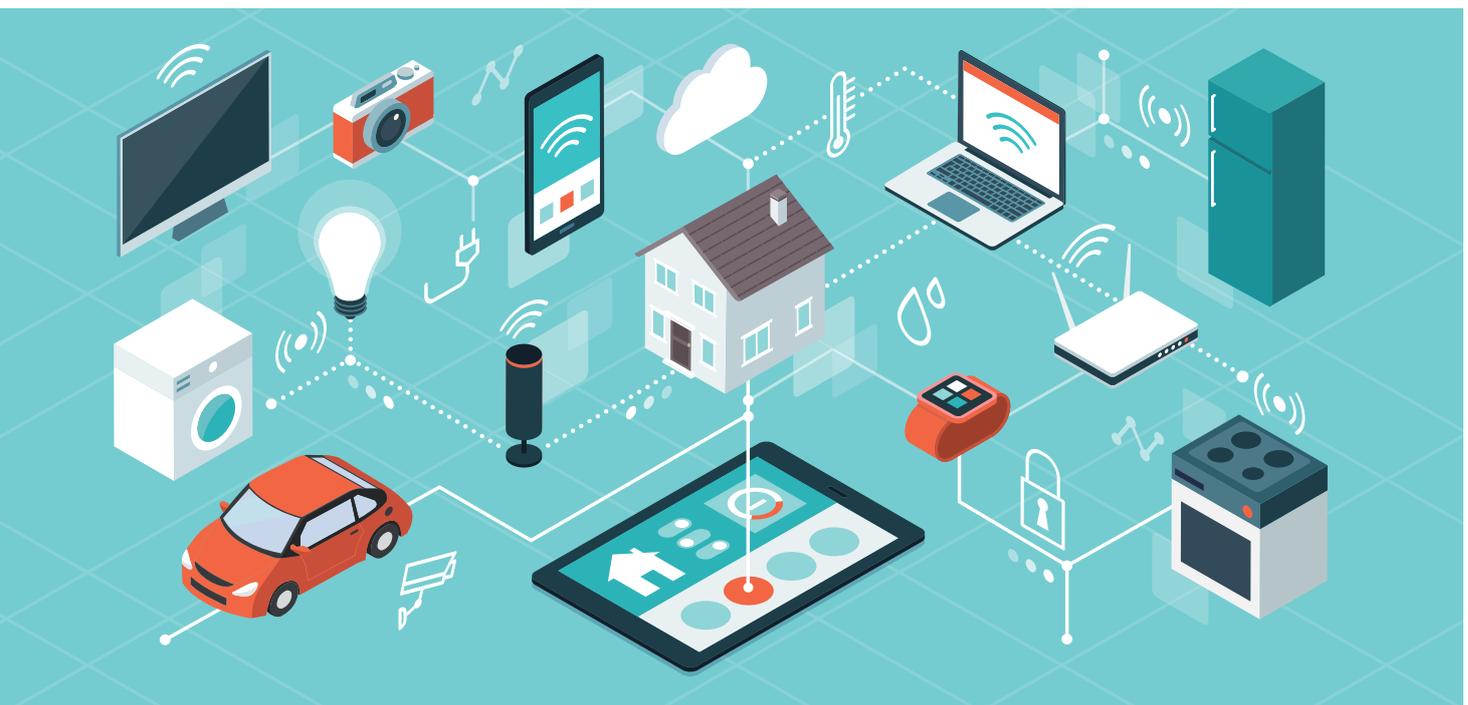


Bild 4: Für die lokale Ansteuerung des Fensterantriebs musste die WinMatic modifiziert werden – für Nick kein Problem.

Schlanke Kommunikation

MQTT – Universelles Protokoll für den Datenaustausch

Für den Datenaustausch zwischen Geräten gibt es eine Vielzahl von Protokollen. Im rasant wachsenden Internet der Dinge (IoT) wird ein Protokoll aufgrund seiner besonders für energiesparende Sensoren geeigneten Eigenschaften häufig genutzt: MQTT. Wie das Protokoll aufgebaut ist, welche Möglichkeiten es bietet und wie man es in der Praxis anwendet, zeigen wir in diesem Grundlagenbeitrag.



Internet der Dinge – IoT

Das Internet der Dinge lässt sich vielfältig beschreiben. An dieser Stelle soll die Definition aus Wikipedia [1] verwendet werden: „Das Internet der Dinge (englisch: Internet of Things: IoT) ist ein Sammelbegriff für Technologien einer globalen Infrastruktur der Informationsgesellschaften, die es ermöglicht, physische und virtuelle Gegenstände miteinander zu vernetzen und sie durch Informations- und Kommunikationstechniken zusammenarbeiten zu lassen. Ziel des Internet der Dinge ist es, relevante Informationen aus der realen Welt automatisch zu erfassen, miteinander zu verknüpfen und im Netzwerk verfügbar zu machen.“

Während der Zugang von Menschen zum Internet zwischen 2005 bis heute annähernd linear von 1 Milliarde auf 4 Milliarden Menschen anwuchs, ist die Zahl der über das Internet vernetzten Geräte durch ein exponentielles Wachstum gekennzeichnet. 2015 tauschten noch ca. 15 Milliarden Dinge über das Internet Informationen aus, 2020 bereits 31 Milliarden und 2025 wird mit geschätzt 75 Milliarden kommunizierender Dinge gerechnet (Bild 1).

Kommunikation im IoT

Eine wesentliche Grundanforderung an die Kommunikation im IoT ist deren Drahtlosigkeit bei sehr geringem Energiebedarf. Nur so ist es möglich, Sensoren über zehn Jahre und mehr aus Batterien oder gar mittels Energy Harvesting autark aus der Umgebung zu versorgen. Man kann sich vorstellen, dass eine derartige energetische Genügsamkeit nur kurze Botschaften zulässt, die zudem mit äußerst geringer Sendeleistung vom „Ding“ abgestrahlt werden. Geringe Sendeleistung bedeutet aber wiederum eingeschränkte Reichweiten, was Vernetzungsarchitekturen mit lokalen Empfangsknoten (Konzentratoren) erforderlich macht.

Bei diesen Konzentratoren laden die Sensoren ihre verschlüsselte Datenfracht ab, in der Erwartung, dass sich der Konzentrador um die Weiterleitung in Richtung des Zielempfängers kümmert. Als Beispiel dafür sei LoRaWAN (Long Range Wide Area Network, mehr dazu unter [2] und [3]) genannt. Hier ist die Grundlage eine sternförmige Netzarchitektur (Bild 2), in der die Objekte leistungsarm und funkbasiert (gestrichelte Pfeile) mit Gateways kommunizieren, welche die Nutzdaten IP-basiert in der Regel leitungsgebunden an Netzwerkserver überträgt. Diese reichen die Daten an Applikationsserver (Anwendungsserver) weiter, wo sie entschlüsselt und für den Anwender zur Nutzung aufbereitet werden.



MQTT – das Standardprotokoll im IoT

Im IoT und bei der Kommunikation unter Maschinen (Machine to Machine, M2M) treten oft instabile Übertragungsverhältnisse auf, die durch elektromagnetische Störungen, lange Signallaufzeiten und Verzögerungen (Latenzen) oder zeitweise Nichtverfügbarkeit der Verbindung gekennzeichnet sind. Trotzdem muss die Kommunikation auch unter solch widrigen Verhältnissen zuverlässig erfolgen.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ist die inzwischen als offener Standard anerkannte Methode, um Meldungen mit minimalem Verwaltungszusatz (Protocol Overhead) und äußerst energieeffizient über schmalbandige Übertragungskanäle zu transportieren.

MQTT beruht auf IBM MQ, einer von IBM entwickelten Software mit auf Unternehmen abgestimmten Messaging-Funktionen, die Daten optimal und sicher zwischen Anwendungen übertragen. Wenn eine Nachricht nicht sofort übermittelt werden kann, speichert MQ sie so lange in einer Warteschlange (Message Queue), bis die Übermittlung erfolgen kann. So stellt IBM MQ sicher, dass eine Nachricht niemals verloren geht.

Als Andy Stanford-Clark (IBM) und Arlen Nipper (Cirrus Link) 1999 ihr Protokoll MQTT schufen, wollten sie Monitoringdaten von Ölpipelines aus abgelegenen Regionen via Satelliten zu den Betreibern übermitteln. Das dabei entstandene Protokoll benannten sie nach IBM MQ ergänzt um TT als Hinweis auf den Telemetrietransport der Daten (griechisch: Telemetrie = Fernmessung). MQTT wurde 2010 von IBM öffentlich freigegeben und erwies sich Jahre später als äußerst geeignet für das aufkommende IoT.

MQTT in der Übersicht

Damit der Nutzdatenanteil einer Meldung möglichst groß ist, müssen die im Meldungskopf enthaltenen Zusatzinformationen (Protocol Overhead) so knapp wie möglich gehalten werden. Eine sogenannte Client-Broker-Topologie unterstützt diese Forderung. Was bedeutet das?

Schauen wir uns **Bild 3** näher an. Wir sehen in der Mitte den mit MQTT-Broker (englisch: broker = Makler) bezeichneten roten Kreis, der von MQTT-Clients (Klienten) umgeben ist. Der grüne, auch als Publisher bezeichnete MQTT-Client veröffentlicht eine Meldung (englisch: to publish = veröffentlichen), indem er sie dem MQTT-Broker schickt.

Der Broker weiß nun, welche Klienten an Meldungen dieses Publishers interessiert sind, weil diese sie abonniert haben und deshalb als Subscriber bezeichnet werden (englisch: to subscribe = abonnieren). Aus diesem Grund benötigt ein Publisher keine Informationen über die Abonnenten seiner Nachrichten. Er muss nur den Kontakt zum Broker herstellen können, um dort seine Meldung abliefern zu können. Dieser kümmert sich um die Verteilung der Meldungen an die Abonnenten in Form von Push-Nachrichten. Der Subscriber muss also nicht regelmäßig beim Broker anfragen, ob eine neue Nachricht zu dem ihn interessierenden Thema vorliegt (polling), sondern erhält sie aufgefordert zugestellt.

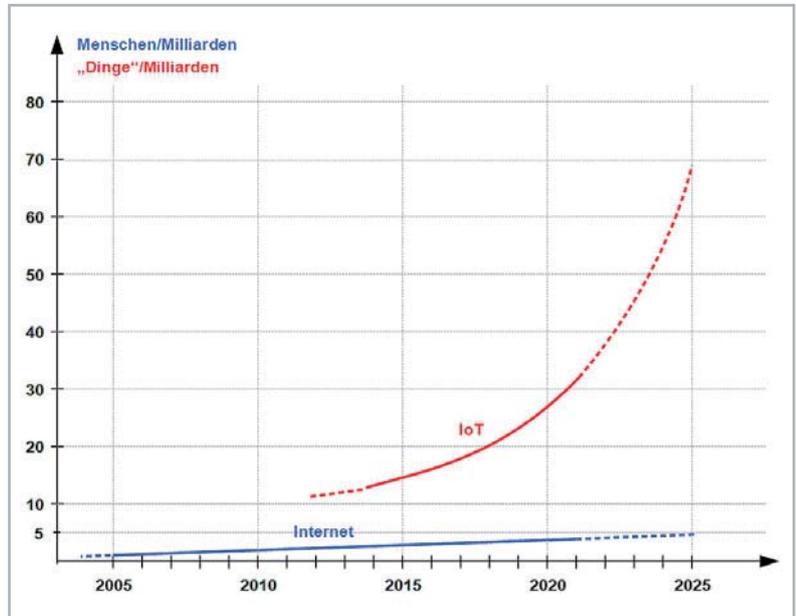


Bild 1: Während die Zahl der Menschen mit Internetzugang durch die Erdbevölkerung begrenzt ist, gilt dies nicht für die Zahl der „Dinge“ im IoT.

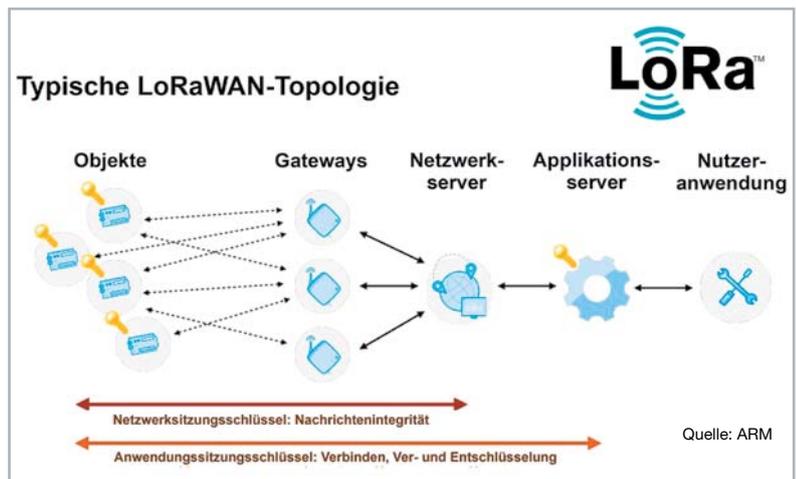


Bild 2: In LoRaWAN-Topologien sammeln Gateways die Meldungen der Clients in ihrem Umfeld.

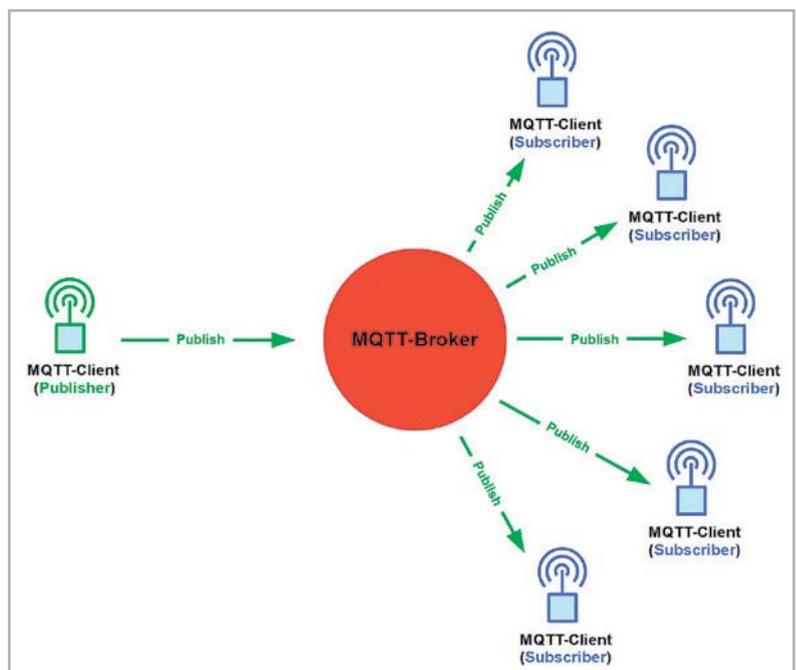


Bild 3: In Broker-Clients-Topologien spielt der Broker eine zentrale Rolle.

Das in MQTT umgesetzte Publisher/Subscriber-System (pub/sub) entkoppelt somit Datenlieferant und Datenempfänger räumlich und zeitlich und stellt besonders geringe Anforderungen an die Rechenleistung der Clients.

In Wikipedia [4] kann man lesen: „Interessant ist, dass ein MQTT-Server (Broker) die gesamte Datenlage seiner Kommunikationspartner hält und so als Zustands-Datenbank benutzt werden kann. So ist es möglich, kleine nicht performante MQTT-Geräte mit einem MQTT-Broker zu verbinden, wobei die Geräte Daten einsammeln und/oder Befehle entgegennehmen, während ein komplexes Lagebild nur auf dem MQTT-Broker entsteht und hier ... ausgewertet werden kann.“

Kommunikation per MQTT

Wie die Kommunikation zwischen dem Makler (Broker) und seinen Klienten (Publisher und Subscriber) abläuft, soll nachfolgend elementar beschrieben werden. Dabei wird der Zeichenvorrat UTF-8 verwendet (ein Byte ermöglicht die Darstellung von $2^8 = 256$ Zeichen, von denen die ersten 128 identisch mit dem ASCII-Code sind). Umlaute und andere Sonderzeichen sind nicht erlaubt.

CONNECT

Um mit dem Broker in Verbindung treten zu können, muss sich ein Client zunächst bei ihm anmelden. Dazu dient die CONNECT-Meldung, in welcher sich der Client mit einer „ClientID“ identifiziert und mit „Username“ und „Password“ authentifiziert. Einige weitere wie „Clean Session“, „Will Message“ und „Keep Alive“ sind ebenfalls enthalten. Hat der Broker die CONNECT-Meldung erhalten, quittiert er sie mit einer CONNACK-Meldung (CONNECTION ACKNOWLEDGE = Verbindungsbestätigung). Nun kennen sich Client und Broker und wissen, dass eine funktionierende bidirektionale Verbindung zwischen ihnen besteht.

PUBLISH

Wenn Broker und Client verbunden (connected) sind, kann die Veröffentlichung (Publishing) von Meldungen (Messages) erfolgen. Der wichtigste Bestandteil der PUBLISH-Meldung ist das „Topic“ (Thema), ein hierarchisch aufgebauter Textstring. Beispiele für ein Topic können

Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur
oder

Haus/Keller/Fitnessraum/Luftfeuchtigkeit
sein.

Als Trennzeichen zwischen den Hierarchieebenen dient der Schrägstrich (Slash) /. Hinzu kommt die **QoS**-Ziffer 0, 1 oder 2, welche die Erwartung an die Zuverlässigkeit der Übertragung kennzeichnet (QoS: Quality of Service = Dienstgüte).

QoS=0 steht für die Erwartung, dass die Nachricht **höchstens einmal** beim Broker abgeliefert wird. Das bedeutet, dass der publizierende Client nach dem Absenden seiner Meldung keine Rückmeldung über den Eingang seiner Nachricht erwartet und erhält. Im Englischen wird deshalb eine Message mit QoS=0 als „shoot and forget“ (abschießen und vergessen) charakterisiert.

QoS=1 will sicherstellen, dass die Nachricht **wenigstens einmal** beim Broker eintrifft. Dazu muss der Broker dem Client eine Eingangsbestätigung schicken. Kommt diese z. B. wegen schlechter Übertragungsverhältnisse nicht innerhalb einer bestimmten Zeit (Time-out) an, sendet der Client erneut seine Message mit QoS=1. Irgendwann erhält der Client seine Eingangsbestätigung und die Sendung dieser Nachricht ist für ihn erfolgreich abgeschlossen.

QoS=2 stellt die zeitraubendste, aber sicherste Kommunikation zwischen Client und Broker dar. Allerdings garantiert sie, dass die Message **genau einmal** beim Broker eintrifft. Dafür quittiert der Broker den Eingang der Meldung und der Client bestätigt den Erhalt der Quittung, worauf der Broker die Beendigung der Kommunikation zurückmeldet. So werden insgesamt vier Meldungen ausgetauscht, was das Datenaufkommen erhöht, die Kommunikation verlangsamt und den Energieverbrauch beim Client erhöht.

Jede Meldung ist sinnlos, wenn sie keine „Payload“ (Nutzdaten) enthält. Darunter versteht man die eigentliche Botschaft, deren Übermittlung durch alle weiteren, dem Ablauf der Übertragung dienenden Daten (Metadaten) der Message erst ermöglicht wird. Dabei ist das Format der Nutzdaten unerheblich: Es können (un)verschlüsselter Text, Bilder oder

Name	Größe Aut...	Geändert am	Typ	Attribute
..		26.10.2020 16:17...	Dateiordner	
acfile.example	230 Byte(s)	19.08.2020 14:55...	EXAMPLE-Datei	A
ChangeLog.txt	102 kB	19.08.2020 14:55...	Textdokument	A
edl-v10	2 kB	19.08.2020 14:55...	Datei	A
ep1-v10	12 kB	19.08.2020 14:55...	Datei	A
libcrypto-1_1-x64.dll	3,25 MB	23.09.2020 05:50...	Anwendungserwe...	A
libssl-1_1-x64.dll	667 kB	23.09.2020 05:50...	Anwendungserwe...	A
mosquitto.conf	44 kB	19.08.2020 14:55...	CONF-Datei	A
mosquitto.dll	82 kB	09.10.2020 16:34...	Anwendungserwe...	A
mosquitto.exe	303 kB	09.10.2020 16:34...	Anwendung	A
mosquitto_passwd.exe	20 kB	09.10.2020 16:33...	Anwendung	A
mosquitto_pub.exe	47 kB	09.10.2020 16:34...	Anwendung	A
mosquitto_rr.exe	46 kB	09.10.2020 16:34...	Anwendung	A
mosquitto_sub.exe	48 kB	09.10.2020 16:34...	Anwendung	A
mosquittoptop.dll	18 kB	09.10.2020 16:34...	Anwendungserwe...	A
pwfile.example	355 Byte(s)	19.08.2020 14:55...	EXAMPLE-Datei	A
readme.md	4 kB	19.08.2020 14:55...	MD-Datei	A
readme-windows.txt	3 kB	19.08.2020 14:55...	Textdokument	A
Uninstall.exe	65 kB	26.10.2020 16:17...	Anwendung	A

Bild 4: Programmverzeichnis einer installierten Mosquitto-Version 1.6.12a für Windows 10



andere beliebige Binärdaten sein. Wegen dieser Formatunabhängigkeit der Nutzlast wird MQTT auch als „Data Agnostic“ bezeichnet.

SUBSCRIBE

Das Publishing einer Nachricht ist nur dann sinnvoll, wenn es Abnehmer-Clients dafür gibt. Ein solcher meldet sich beim Broker durch eine Subscribe-Meldung an. Diese enthält das gewünschte „Topic“, z. B. „Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur“. Wenn der Broker den Eingang einer solchen Meldung verzeichnet, quittiert er sie dem subscribierenden Client mit einer SUBACK-Meldung (SUBscribe ACKnowledge = Abonnement bestätigt).

Ab nun erhält der Subscriber-Client alle Meldungen zu dem angemeldeten Thema unaufgefordert durch Push-Nachrichten zugestellt. Entsprechend meldet sich ein Client als Bezieher von Meldungen durch einen Austausch von UNSUBSCRIBE/UNSUBACK-Meldungen beim Broker ab.

Praxis

Das bisher Geschilderte kann durch einige einfache Experimente ohne Hardware am Computer veranschaulicht werden.

Experiment 1

Steht nur ein PC zur Verfügung, müssen wir Broker, Subscriber und Publisher auf diesem gemeinsam abbilden. Dazu installieren wir die kostenlose Open-Source-Broker-Software namens Mosquitto, die unter [5] für Plattformen wie Windows, Mac und verschiedene Linux-Distributionen (u. a. auch für den Raspberry Pi) erhältlich ist. Wir beschreiben nachfolgend am Beispiel von Windows die Funktionalität.

Nach der Installation sollte das Verzeichnis

```
C:\Program Files\mosquitto
```

in etwa wie in **Bild 4** – in diesem Fall der Windows-10-Rechner des Autors – aussehen.

Wir öffnen jetzt eine Kommando-Konsole (Eingabeaufforderungsfenster) unseres PCs. Die Konsole erreichen wir, indem wir über die Tastenkombination Windows-R das Ausführen-Fenster aktivieren und dort „cmd“ eingeben.

Wir wechseln mit

```
cd c:\Program Files\mosquitto
```

in das Mosquitto-Programmverzeichnis und starten den Broker mit mosquitto.exe

Wir öffnen ein weiteres Konsolen-Fenster (Subscriber-Konsole), indem wir wieder in das Mosquitto-Programmverzeichnis wechseln und den Subscriber unter Nennung des abonnierten Topics

```
mosquitto_sub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur
```

starten.

Mit einem blinkenden Unterstrich signalisiert nun der Subscriber, dass er auf Messages zum genannten Topic wartet, nämlich auf Temperaturmesswerte aus dem im Erdgeschoss des Hauses gelegenen Wohnzimmer.

In einer dritten Konsole (Publisher-Konsole) setzen wir jetzt eine Message mit Temperaturwert mit der Befehlszeile

```
mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur -m "Wohnzimmertemperatur 21.6 C"
```

ab.

Sofort erscheint diese Meldung im Subscriber-Fenster. Das können wir mit geänderten Werten beliebig oft wiederholen. Ändern wir etwas an den Topics, sodass sie nicht mehr übereinstimmen, erfolgt keine Übertragung der Meldungen. **Bild 5** fasst das Gesagte zusammen.

Die ersten drei Messages des Publishers kommen beim Subscriber wegen der gleichen Topics an, nicht dagegen die vierte Message, weil sie ein anderes Topic hat.

Hier kann man sich helfen, indem man den Subscriber mit dem Befehl

```
mosquitto_sub -t Haus/Erdgeschoss/#
```

startet.

Das #-Zeichen ersetzt dabei alle Hierarchieebenen unterhalb von mosquitto_sub -t Haus/Erdgeschoss, wodurch auch die Message eines Publishers mit dem Topic -t Haus/Erdgeschoss/Kinderzimmer/Temperatur -m „Kinderzimmertemperatur 19.5 C“ vom Subscriber übernommen wird.

Subscriber-Konsole

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - mosquitto_sub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur
```

```
c:\Program Files\mosquitto>mosquitto_sub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur
Wohnzimmertemperatur 21.6 C
Wohnzimmertemperatur 20.9 C
Wohnzimmertemperatur 20.6 C
```

Publisher-Konsole

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
```

```
c:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur -m "Wohnzimmertemperatur 21.6 C"
c:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur -m "Wohnzimmertemperatur 20.9 C"
c:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur -m "Wohnzimmertemperatur 20.6 C"
c:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Kinderzimmer/Temperatur -m "Kinderzimmertemperatur 19.5 C"
c:\Program Files\mosquitto>
```

Bild 5: Zusammenspiel zwischen Client (Publisher) und Client (Subscriber)

Mit einer derartigen sogenannten Wildcard-Konstruktion muss also nur bei Publisher und Subscriber die Hierarchie bis zum # übereinstimmen. Beliebig viele weitere Hierarchieebenen werden durch # ersetzt. Die Auswirkungen sind in [Bild 6](#) nachzuverfolgen.

Das bisher Geschilderte können wir auch auf dem Raspberry Pi 4B (oder einer seiner Vorgängertypen) realisieren. Dazu installieren wir die Raspbian-Version von Mosquitto [\[4\]](#) und alles Weitere läuft ganz dem Windows-Beispiel entsprechend. Das Ergebnis zeigt [Bild 7](#).

Experiment 2

Etwas realitätsnäher ist es, Subscriber- und Publisher-Clients auf getrennten Rechnern laufen zu lassen. Dazu wurde ein Raspberry Pi 4B (im Folgenden auch Raspi genannt) mit dem Betriebssystem Raspbian aufgesetzt und über seine eingebaute WLAN-Schnittstelle unter der IP-Adresse 192.168.178.73 drahtlos in das WLAN des Autors eingebunden. Auf diesem Raspi wird Node-RED eingerichtet. Dabei handelt es sich um ein von IBM entwickeltes grafisches Entwicklungssystem, das mit einem Baukasten voller Funktionsbausteine ausgestattet ist.

Einen dreiteiligen Einführungskurs zu Node-RED und der Installation auf einem Raspberry Pi finden Sie im [ELVjournal](#) unter [\[6\]](#).

Der Anwender braucht in Node-RED nur die erforderlichen Bausteine auf den Konfigurationsbildschirm zu ziehen, einige Einstellungen an ihnen vorzunehmen und sie zu verbinden. Der sich ergebende „Flow“ repräsentiert die Problemlösung. Der zweite Rechner ist wie bisher der Windows-10-PC mit der Netzwerkadresse 192.168.178.33. Nun ist es mit geeigneter Software möglich, ohne eine Zeile Programmcode zu schreiben, Messages über die WLAN-Schnittstelle zu übertragen.

Dazu installieren wir auf dem PC zunächst das kostenlose Programm MQTT.fx, ein visuelles Debugging-Tool für MQTT-Kommunikation.

MQTT.fx ist eine Desktopanwendung zur komfortableren Kommunikation mit MQTT-Brokern wie HiveMQ oder Mosquitto, als sie über die Standardkonsole möglich ist. Dabei nutzt MQTT.fx die Standardfunktionen der Broker, beim mosquitto-Broker z. B. `mosquitto_pub` und `mosquitto_sub`. Wir können den Installationsfile für einen 64-bit-Windows-10-Rechner direkt von der Homepage des Entwicklers Jens Deters laden [\[7\]](#).

Nach der Installation öffnen wir MQTT.fx und nehmen unter Extras → Edit Connection Profiles in dem sich öffnenden Editorfenster für die Verbindung einige Einstellungen vor ([Bild 8](#)).

Die Eingabe eines beliebigen Profilnamens (Profile Name), Wahl des Profiltyps (Profile Type) als MQTT Broker, Eintragung der Broker-Adresse (Broker Address) 192.168.178.73 und des Broker-Ports 1883 bestätigen wir mit OK und finden uns im Eingangsbildschirm von MQTT.fx wieder.

```
Subscriber-Konsole → C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - mosquitto_sub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/#
Temperatursubscriber → C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_sub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur
empfangener Temperaturwert → 21,6 C
Subscriber beenden → ^C
Feuchtesubscriber → C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_sub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/rel_Luftfeuchte
empfangener Feuchtwert → 43 %rH
Subscriber beenden → ^C
CO2-Subscriber → C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_sub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/CO2-Konzentration
empfangener CO2-Wert → 487 ppm
Subscriber beenden → ^C
Wildcardsubscriber → C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_sub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/#
empfangene → 21,6 C
Temp.-, Feuchte-, CO2-Werte → 43 %rH
→ 487 ppm

Publisher-Konsole → C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
gesendeter Temperaturwert → C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur -m "21,6 C"
gesendeter Feuchtwert → C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/rel_Luftfeuchte -m "43 %rH"
gesendeter CO2-Wert → C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/CO2-Konzentration -m "487 ppm"
C:\Program Files\mosquitto>
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/rel_Luftfeuchte -m "43 %rH"
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/CO2-Konzentration -m "487 ppm"
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur -m "21,6 C"
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur -m "43 %rH"
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -t Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/CO2-Konzentration -m "487 ppm"
C:\Program Files\mosquitto>
```

Bild 6: Ein Publisher veröffentlicht Meldungen zu einem bestimmten Topic, die der Broker an darauf abonnierte Subscriber weiterleitet.

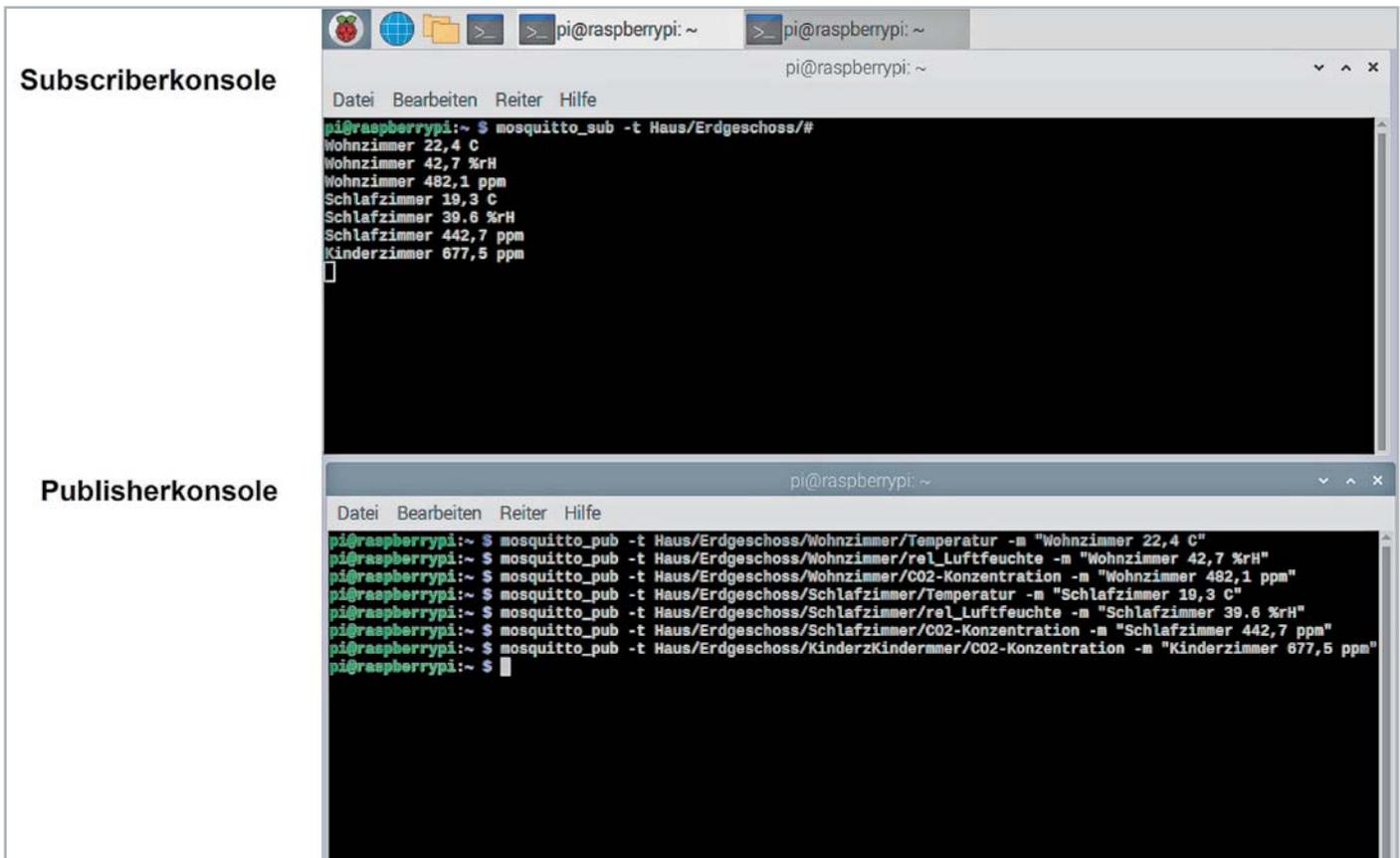


Bild 7: Mosquitto auf zwei Raspberry-Pi-4B-Konsolen

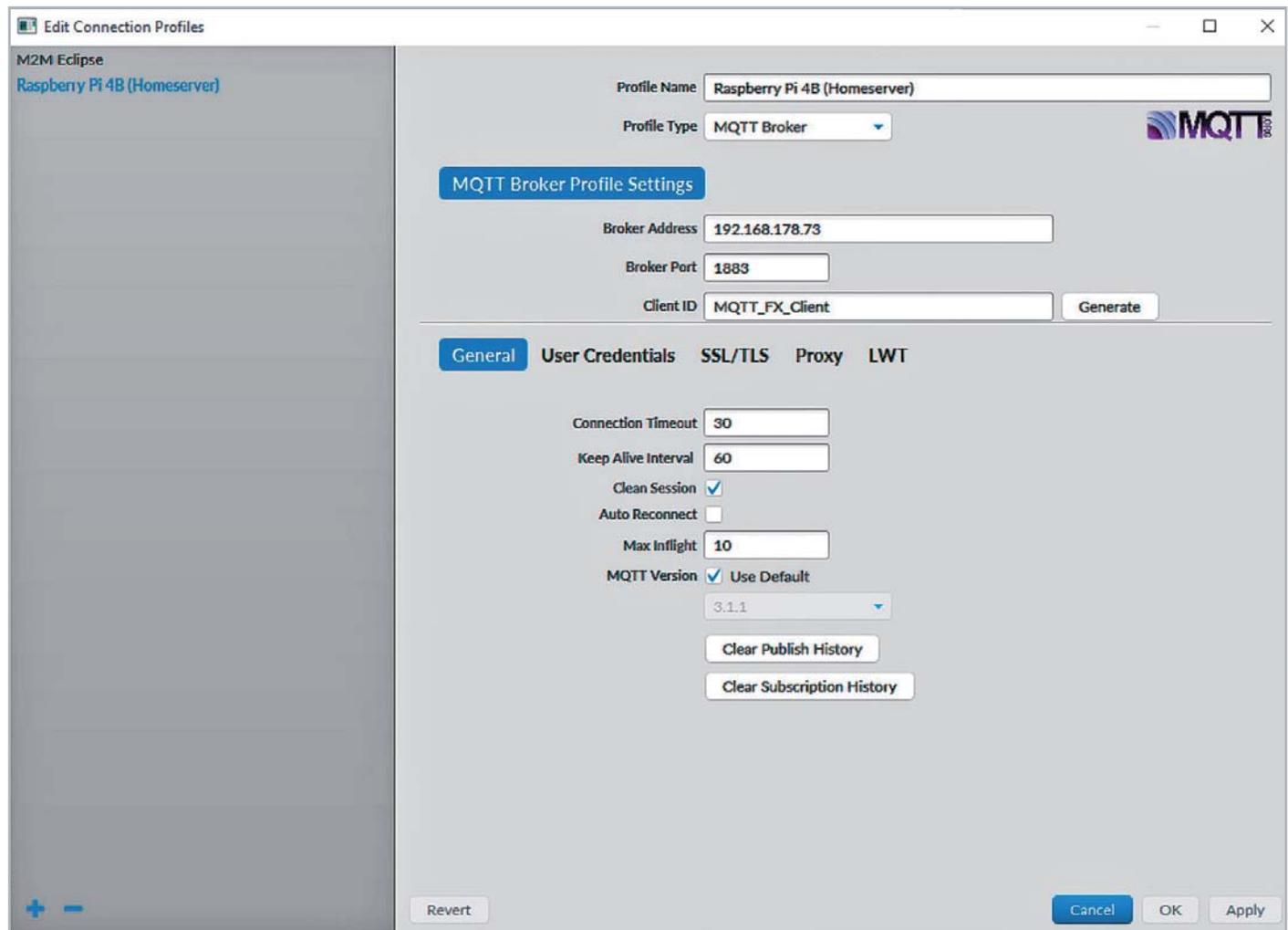


Bild 8: Profileinstellungen in MQTT.fx



Hier stellen wir durch Drücken des Buttons „Connect“ und Eingabe des Topics

Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/Temperatur sowie Wahl von QoS 0 die von MQTT.fx weiter benötigten Verbindungsdaten bereit (Bild 9).

Nun wenden wir uns wieder dem Raspi zu.

An dieser Stelle soll vorausgesetzt werden, dass Node-RED auf dem Raspi lauffähig ist. Wenn man aus der Benutzeroberfläche des Raspbian-Betriebssystems heraus Node-RED starten will, öffnet sich nicht etwa die Benutzeroberfläche von Node-RED, sondern ein Konsolenbildschirm, dem wir entnehmen können, dass Node-RED aus dem Raspi-Browser heraus durch Eingabe von 192.168.178.73:1880 in die Adresszeile gestartet werden muss (Bild 10).

Ist die Benutzeroberfläche von Node-RED präsent, wird der Node „mqtt in“ aus der Rubrik „network“ der senkrechten Nodeauswahlliste links auf die Arbeits-

fläche gezogen und durch zweifachen Linksklick zur Eingabe von Topic „Haus/Erdgeschoss/Wohnzimmer/#“ und QoS-Level 0 geöffnet. Als Output verwenden wir „a String“ und vergeben einen Namen, im Beispiel „Wohnzimmer“ (Bild 11). Mit Klick auf die Schaltfläche „Fertig“ beenden wir die Bearbeitung des Nodes.

Als Nächstes ziehen wir den Node „Debug“ aus der Rubrik „Common“ und verbinden ihn mit dem MQTT-Node, dem wir den Namen „Wohnzimmer“ gegeben haben. Mit Klick auf „Deploy“ wird die Anordnung auf Fehler überprüft und kompiliert.

Im Erfolgsfall leuchtet am oberen Bildschirmrand kurz der Schriftzug „Erfolgreich implementiert“ auf (Bild 12).

Jetzt kommt der Test. Dazu publishen wir in MQTT.fx auf dem Windows-PC eine Nachricht und prüfen, ob diese im Debug-Fenster von Node-RED auf dem Raspi erscheint. Wie Bild 13 beweist, funktioniert das.

Wir haben also MQTT-Message vom Windows-10-Rechner mithilfe des Programms MQTT.fx unter einem Topic publiziert und der über WLAN angebundene Raspberry Pi 4B hat diese Nachrichten, deren Topic er subscribiert hat, empfangen. Und das ohne jeden Programmcode!

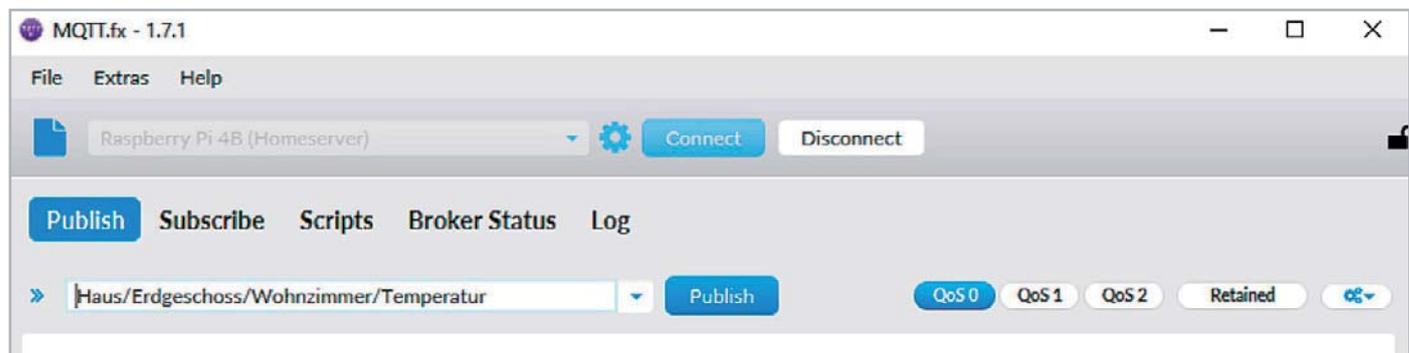


Bild 9: Nach dem Klick auf „Connect“ muss noch das Topic eingeben werden.

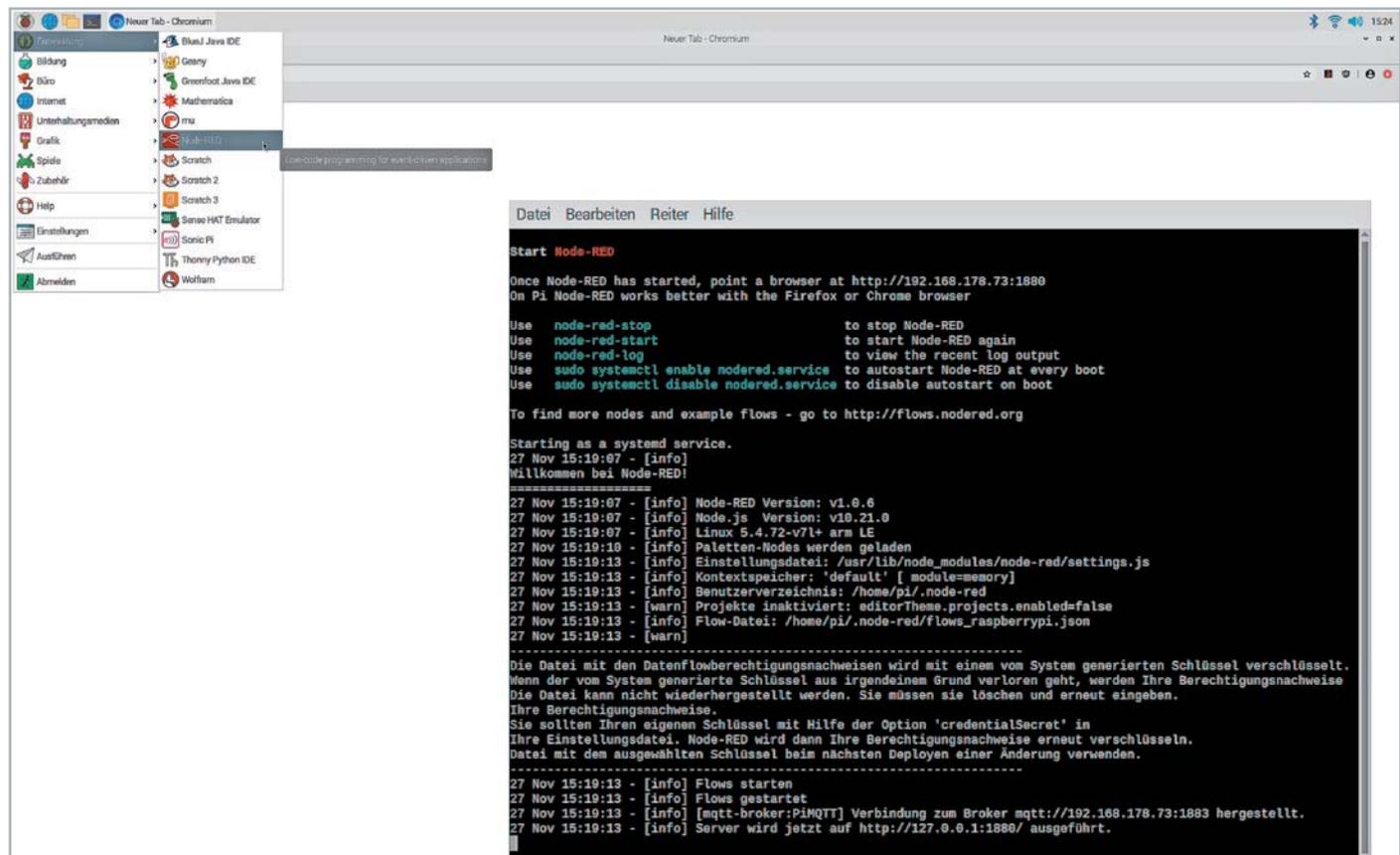


Bild 10: Debug-Ausgaben beim Start von Node-RED



Fazit

Es ist durchaus möglich, in relativ kurzer Zeit ein Grundverständnis für das Protokoll MQTT im IoT und IIoT (Industrial Internet of Things) zu entwickeln. Richtig spannend wird es, wenn man echte „Dinge“ zum Datenaustausch über größere Distanzen bewegen kann. Mit dem Raspberry Pi und den darauf bereits installierten Tools wie Node-RED, der Programmiersprache Python und einer schier unerschöpflichen Flut von teils exzellenten Lernhilfsmitteln und Projektbeschreibungen aus dem Internet kann man das mit der nötigen Beharrlichkeit im Selbststudium schaffen. Tastatur, Maus und Bildschirm sind für den Raspberry nicht zwingend erforderlich, wenn man ihn über das RDP (Remote Desktop Protocol) mit seinem in der Regel ohnehin vorhandenen Windows-PC verbindet. Dann kann es mit einer Anfangsinvestition deutlich unter 100 Euro losgehen. So ist es auch bei diesem Projekt der Fall gewesen. **ELV**

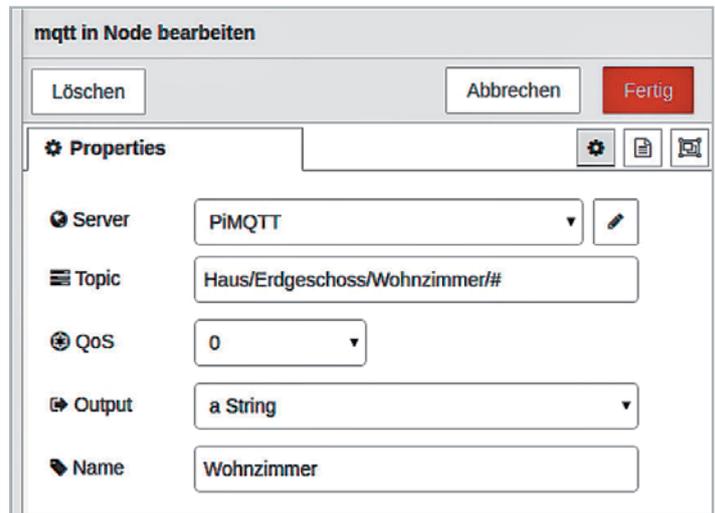


Bild 11: Konfiguration des mqtt in-Nodes

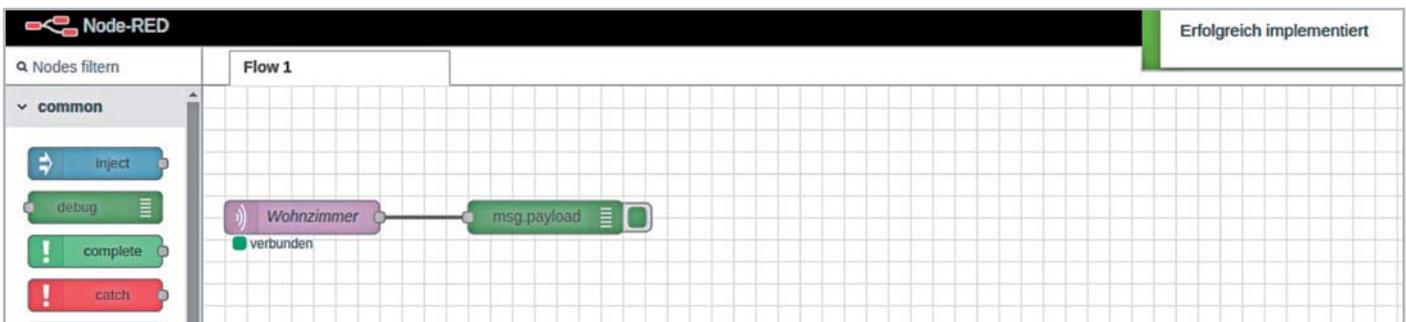


Bild 12: Deployment des Flows

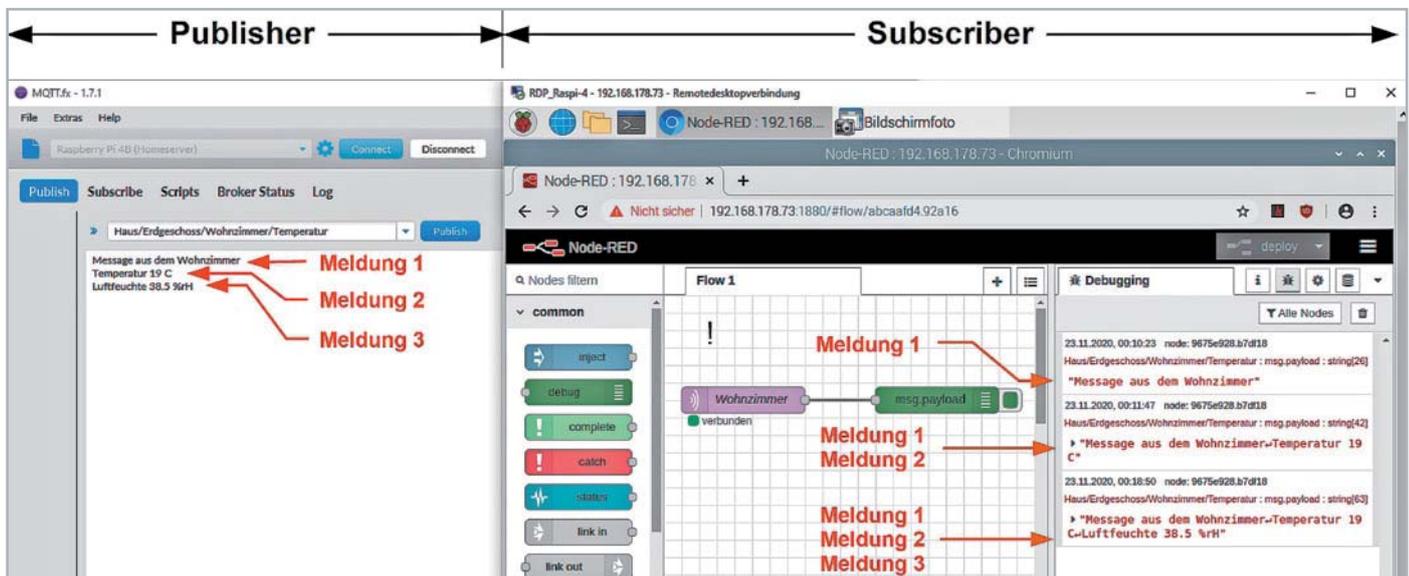


Bild 13: Die Eingabe einer Meldung im Publisher (Node-RED auf Raspberry Pi 4B) erscheint im Subscriber (MQTT.fx auf Windows-Rechner).



Weitere Infos:

- [1] Internet der Dinge auf Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Internet_der_Dinge
- [2] ELVjournal 1/2021: Energiesparer LPWAN – Low Power Wide Area Networks – Artikel-Nr. 251814
- [3] Low Power – Long Range – Die Technologie hinter LoRa und LoRaWAN – Artikel-Nr. 252094
- [4] Wikipedia – MQTT: <https://de.wikipedia.org/wiki/MQTT>
- [5] Mosquitto (Eclipse) Download: <http://mosquitto.org/download/>
- [6] ELVjournal-Fachbeitrag Node-RED Einführung (3 Teile): Artikel-Nr. 251410, 251516 und 251603
- [7] Download MQTT.fx: <http://www.jensd.de/apps/mqttfx/>

Alle Links finden Sie auch online unter: de.elv.com/elvjournal-links

Zutrittssteuerung

Wir zeigen Ihnen Schritt für Schritt, wie Sie mit dem FP100 und dem HmIP-DLD eine Fingerprint-Zutrittssteuerung realisieren:



149,95 €

Artikel-Nr. 154952

Abm. (B x H x T): 56 x 118 x 63 mm

Hinweis: Montage auf Standard-Profilzylindern mit Not- und Gefahrenfunktion (Überstand an Türinnenseite: 8 bis 15 mm – ohne Bohren)

Machen Sie Ihre Haustür smart

homematic IP

Homematic IP Türschlossantrieb HmIP-DLD

- Flexible Zugangssteuerung: Zuteilung von Berechtigungen/Zeitfenstern, automatisches Verriegeln, individuelle Verzögerungen
- Smartes Entriegeln, Verriegeln und Öffnen der Haustür per Smartphone, Schlüsselbundfernbedienung (Artikel-Nr. 142561) oder per Fingerprint (siehe ELVprojekt oben)
- Manuelles Öffnen/Schließen am Drehrad möglich (Notfunktion)
- Batteriebetrieb (3x Mignon/AA (inkl.), typ. Lebensdauer: 6 Monate)

Hinweis: Der Betrieb erfordert die Anbindung an einen Homematic IP Access Point, eine Zentrale CCU2/CCU3 oder an Partnerlösungen von Drittanbietern.

Lieferung ohne Smartphone



Alle Infos unter QR-Code:



im Smart Home



99,95 €

Artikel-Nr. 251211

Abm. (B x H x T):
58 x 137 x 26 mm,
Gewicht: 502 g

Smarter Zugang per Fingerprint und Zifferncode

ELV

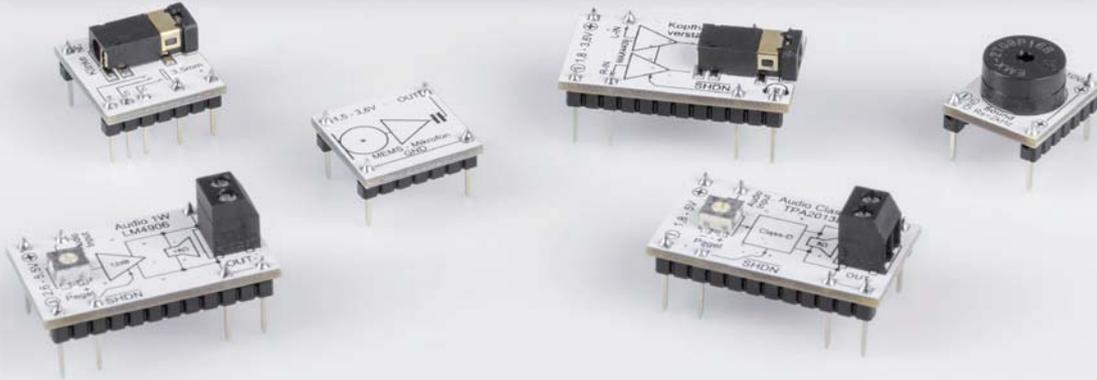
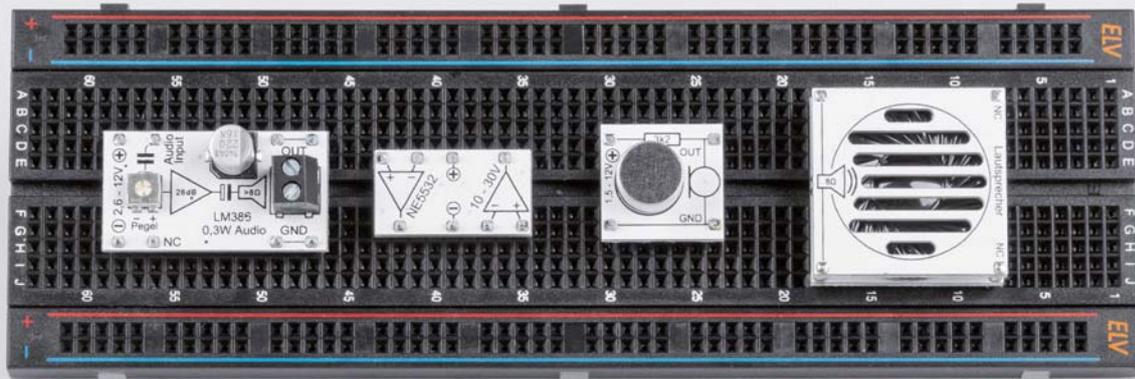
Fingerprint-Codeschloss FP100

- Hochwertiges Metallgehäuse – wetterfest (IP66) und vandalismussicher, Sabotagekontakt gegen Demontage und Manipulation
- Bis zu 1000 Fingerabdruck- und bis zu 2000 Codeschloss-Zugänge hinterlegbar
- Programmierbarer Relais-Ausgang, potentialfrei: mit jedem Homematic/Homematic IP Funksender mit Schalteingang kombinierbar (siehe ELVprojekt oben)
- 26/44-Bit-Wiegand-Interface für Pass-through-Betrieb
- Fail-Secure- oder Fail-Safe-Schloss-Betrieb

Das ELV Sboard-II mit Wiegand-Schnittstelle für eine codierte Verbindung zum Zugangssystem finden Sie im ELVshop (Artikel-Nr. 251464).

Alle Infos
unter
QR-Code:





Audio-Experimente einfach gemacht

Prototypenadapter PAD7 Audio

Mit dem neuesten Prototypenadapter-Set PAD7 steigen wir in die Welt der Audio-Verstärker ein. Dabei haben wir eine Auswahl bestehend aus verschiedenen Verstärkertypen (Class AB/D, Audio-Operationsverstärker), MEMS- und Elektret-Mikrofonen, einer 4-poligen Stereo-Klinkenbuchse, einem Sound-Transducer und einem Prüflautsprecher für Audio-Experimente zusammengestellt. Das insgesamt 11-teilige Set ist in dem bekannten Prototypenadapter-Format ausgeführt, somit sind Experimentieraufbauten auf dem Breadboard schnell und einfach realisierbar. Mit der aufgedruckten Anschlussbeschriftung sind alle Bauteilwerte und -funktionen auf einen Blick ersichtlich und verbessern damit die Übersichtlichkeit von Steckbrett-Aufbauten gegenüber dem konventionellen Aufbau deutlich.

PAD7

Artikel-Nr.
156575

Bausatz-
beschreibung
und Preis:



www.elv.com



Infos zum Bausatz PAD7



Schwierigkeitsgrad:
leicht



Ungefähre Bauzeit:
1 h



Besondere Werkzeuge:
Lötcolben, Messschieber



Lötverfahren:
ja



Programmierkenntnisse:
nein



Elektrische Fachkraft:
nein

Früher und heute

Mit dem mittlerweile siebten Set für Experimente auf dem Breadboard ergänzen wir die bisherige Reihe der ELV Prototypenadapter-Sets um Module aus dem Audibereich. Natürlich kann man solche Schaltungen auch mit einzelnen Bauteilen klassisch realisieren. Will man aber schnell und einfach einen Breadboardaufbau oder eine Stand-alone-Schaltung um eine Audiokomponente erweitern, dann sind die Module aus dem PAD7-Set eine echte Hilfe.

In Bild 1 sieht man eine Gegenüberstellung des Class-AB-Audioverstärker-Moduls LM386 aus dem PAD7-Set und dem konventionellen Aufbau auf dem Breadboard. Hier wird deutlich, dass man mit den Prototypenadapter-Modulen schneller und übersichtlicher als in der mit einzelnen Bauteilen aufgebauten Schaltung auf dem Breadboard experimentieren kann. Durch die Beschriftung auf dem Modul sind zudem die Funktionen bzw. Anschlüsse einfach zu erkennen und Werte wie z. B. Spannung und Leistung ablesbar.

Table 1 zeigt die im Audio-Set PAD7 enthaltenen Module. Von dem TPA2013-Audioverstärker-Modul sind zudem zwei gleiche Module vorhanden, um auch einen Stereoaufbau mit Lautsprecher realisieren zu können. Neben den Verstärkermodulen ist auch an den Audioeingang



Übersicht aller im PAD7 enthaltenen Bauteile

Tabelle 1

Menge	Typ	Funktion	Modulbezeichnung	Seite
1	LM386	Audioverstärker, Class-AB, 0,3 W	CM-IC-LM386-A	4
1	LM4906	Audioverstärker, Class-AB, 1 W	CM-IC-LM4906-A	5
2	TPA2013	Audioverstärker, Class-D, 2,2 W	CM-IC-TPA2013-A	6
1	MAX4409-A	Kopfhörerverstärker, 2x 80 mW	CM-IC-MAX4409-A	8
1	NE5532-A	Audio-Operationsverstärker, 2-fach	CM-IC-NE5532-A	9
1	Elektret-Mikrofon	Elektret-Mikrofonkapsel	CM-AM-02	10
1	MEMS-Mikrofon	MEMS-Mikrofon	CM-AM-01	11
1	Sound-Transducer	Sound-Transducer mit Steuertransistor	CM-AS-01	12
1	Prüflautsprecher	Prüflautsprecher, 0,25 W	CM-AS-02	12
1	4-polige Klinkenbuchse	4-polige Stereo-Klinkenbuchse, 3,5 mm	CM-FC-PJ35-A	13

gedacht. Mit einem Elektret- und einem modernen MEMS-Mikrofon bieten wir gleich zwei verschiedene Technologien zur Audioaufzeichnung an. Eine Audioquelle kann bequem mit der 4-poligen Stereo-Klinkenbuchse angeschlossen werden und die Ausgabe kann über einen im Set enthaltenen Prüflautsprecher bzw. einen Soundtransducer ausgegeben werden.

Audio-Verstärkertypen

Bei Audioverstärkern gibt es hinsichtlich der Betriebsart einige Unterschiede, die wir hier kurz ansprechen wollen. Wer detaillierte technische Information zu den unterschiedlichen Verstärkertypen sucht, kann sich unter [1] informieren.

Im PAD7 kommen sowohl Class-AB- als auch moderne Class-D-Verstärker zum Einsatz. Obwohl der uralte Class-AB-Verstärker vom Typ LM386 nicht unbedingt neuester Technik entspricht, haben wir ent-

schieden, diesen auch mit in unser Set aufzunehmen. Viele Nachbausaltungen bzw. Vorschläge basieren auf diesem robusten und bewährten Verstärker. Somit wird es für den Einsteiger leichter, genau den identischen Verstärker nach Vorgabe einzusetzen als vielleicht einen moderneren Ersatz zu nehmen, der dann nicht unbedingt pinkompatibel ist.

Natürlich kommen im PAD7 auch moderne Verstärker zum Einsatz, wie z. B. der Class-D-Verstärker TPA2013.

In [Tabelle 2](#) sind die technischen Daten der Verstärker dargestellt. Wesentliche Unterschiede gibt es vor allem bei der Versorgungsspannung. Neue und modernere Verstärkerbausteine sind beispielsweise nur bis zu einer Betriebsspannung von 3–5 V verwendbar.

Wer mit höheren Spannungen arbeiten möchte, kommt um den LM386 nicht herum, denn dieser Baustein ist für Spannungen bis 12 V zugelassen.

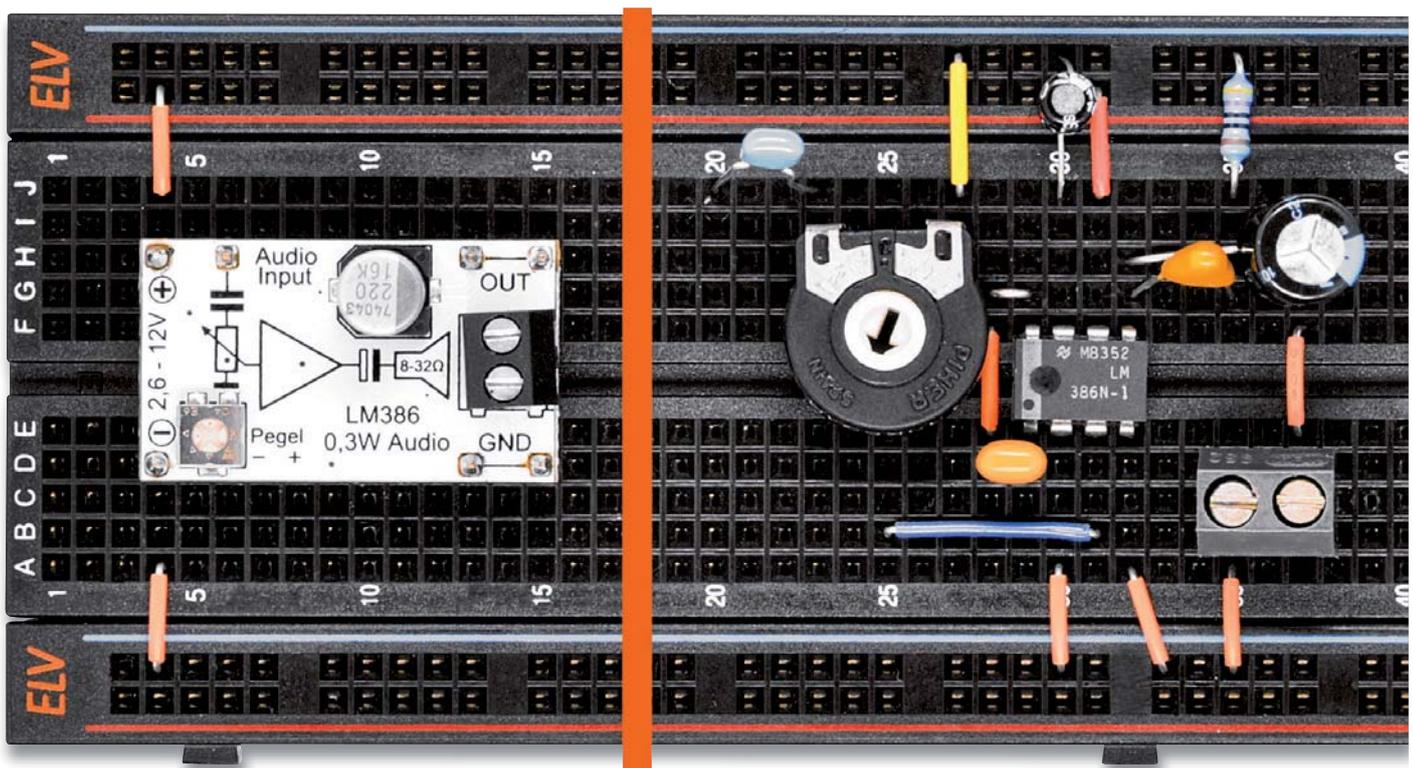


Bild 1: PAD7-Modul LM386 (links) im Vergleich zum konventionellen Aufbau (rechts)

Technische Daten der Verstärker in der Übersicht

Bezeichnung	LM386	LM4906	TPA2013	MAX4409
Modulbezeichnung	CM-IC-LM386-A	CM-IC-LM4906-A	CM-IC-TPA2013-A	CM-IC-MAX4409-A
Ausgangsleistung (RMS)	0,3 W (Mono)	1 W (Mono)	2,2 W (Mono)	2x 60 mW (Stereo)
Typ	Class-AB	Class-AB (Brückenschaltung)	Class-D	Kopfhörerverstärker
Versorgungsspannung	4–12 V	2,6–5,5 V	1,8–5 V	1,8–3,6 V
Stromaufnahme	4 mA (ohne Signal) max. 150 mA (mit Signal)	5 mA (ohne Signal) 0,1 µA (Stand-by) max. 200 mA (mit Signal)	6 mA (ohne Signal) 0,3 µA (Stand-by) max. 160 mA (mit Signal)	5 mA (ohne Signal) 20 µA (Stand-by) max. 80 mA (mit Signal)
Max. Eingangspegel für max. Leistung	35 mVeff @ 4 V / v = 20 125 mVeff @ 12 V / v = 20 8 mVeff @ 4 V / v = 200 18 mVeff @ 12 V / v = 200	350 mVeff	700 mVeff	2 Veff
Verstärkungsfaktor (v)	20 (26 dB) / 200 (46 dB)	4 (12 dB)	10 (20 dB)	1 (0 dB)
Klirrfaktor (THD + N)	0,2 % @ 0,15 W / 9 V 10 % @ 0,3 W / 9 V	0,2 % @ 0,4 W / RL 8 Ω 1 % @ 1 W / RL 8 Ω	1 % @ 1,2 W / RL 8 Ω 10 % @ 2,2 W / RL 8 Ω	0,02 % / RL 16 Ω
Wirkungsgrad	ca. 50 % max.	ca. 50 %	> 87 %	ca. 50 %
Lautsprecherimpedanz	≥ 8 Ω	≥ 8 Ω	≥ 8 Ω	≥ 16 Ω
Frequenzgang	50 Hz – 100 kHz (-3 dB)	20 Hz – 100 kHz (-3 dB)	60 Hz – 20 kHz (-3 dB)	15 Hz – 100 kHz (-3 dB)
Anschlüsse	Eingang: Stiftleiste Ausgang: Schraubklemme/Stiftleiste	Eingang: Stiftleiste Ausgang: Schraubklemme/Stiftleiste	Eingang: Stiftleiste Ausgang: Schraubklemme/Stiftleiste	Eingang: Stiftleiste Ausgang: Klinenbuchse/Stiftleiste
Abm. Platine (B x T)	33 x 18 mm	33 x 18 mm	33 x 18 mm	33 x 18 mm
Gewicht	5 g	4 g	4 g	4 g

Der Klassiker – LM386 Class-AB-Audioverstärker, 0,3 W

Diesen kleinen Audioverstärker LM386 könnte man als Urgestein bezeichnen. Der von National Semiconductor Anfang der 1980er-Jahre entwickelte Baustein ist in unzähligen Schaltungen zu finden. Wer also eine – vielleicht im Internet gefundene Schaltung – nachbauen möchte, kommt in den meisten Fällen nicht um einen LM386 herum.

Technisch gesehen ist der LM386 veraltet, denn am Ausgang wird ein relativ großer Koppelkondensator benötigt (s. Schaltbild Bild 2).

Dieser große Elko (Elektrolytkondensator) ist notwendig, da die Ausgangsstufe des LM386 eine Komplementärstufe [2] ist, deren Arbeitspunkt bei $U_B/2$ liegt. Da der Lautsprecher an einem Anschluss an Masse liegt, muss der DC-Anteil mittels eines Kondensators entfernt werden. Diese Technik wird heute bei Audioendstufen nicht mehr verwendet. Stattdessen wird in modernen Verstärkern eine Brückenschaltung verwendet, die ohne Ausgangskondensatoren auskommt. Trotz seines Alters hat der LM386 aber einen entscheidenden Vorteil: Die erlaubte Betriebsspannung kann bis zu 12 V betragen, was bei neueren Bausteinen nur sehr selten ist. Somit kann der LM386 z. B. auch mit einer 9-V-Batterie versorgt werden. Mit dem Trimmer R1 kann eine Pegelanpassung vorgenommen werden.

In Bild 3 sind die Platinfotos des LM386-Moduls (CM-IC-LM386-A) abgebildet. Im Anschlusschema (Bild 4) ist eine typische Konfiguration dargestellt. Ist die Kabelverbindung zur Audioquelle länger als ca. 50 cm, sollte man abgeschirmtes Kabel verwenden, um Störeinstrahlungen zu vermeiden. Es sollte außerdem darauf geachtet werden, dass ein Anschluss des Lautsprechers auf Massepotential (GND) liegt.

Der Verstärkungsfaktor der Audiostufe beträgt normalerweise 20 (26 dB). Dies ist für viele Anwendungen die Default-Einstellung. Mithilfe der Lötbrücke J3 kann der Verstärkungsfaktor auf 200 (46 dB) erhöht

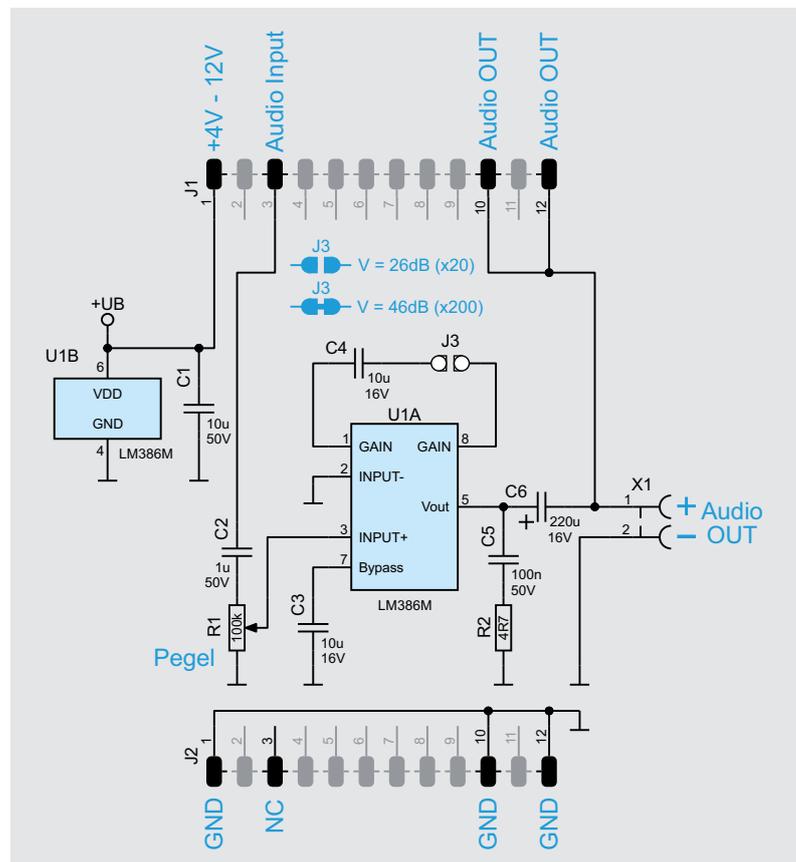


Bild 2: Schaltbild des CM-IC-LM386-A



werden. Hierzu muss die Lötbrücke J3 geschlossen werden, was durch Auflöten einer gewollten Lötzinnbrücke geschieht. Dies sollte jedoch nur der erfahrene Elektroniker machen, da die Lötstellen von J3 sehr klein sind.

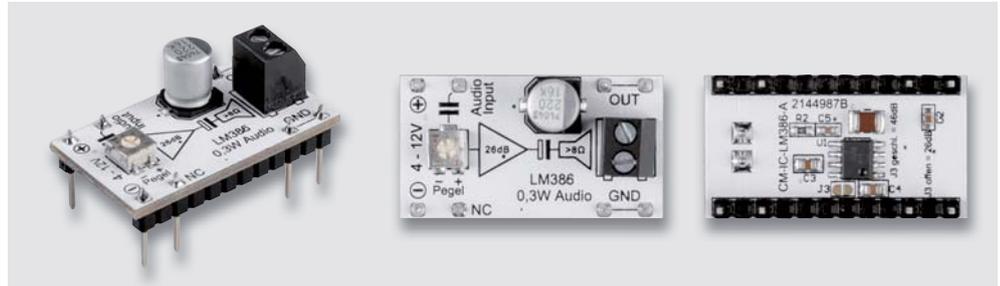


Bild 3: Platinenfotos des LM386-Moduls

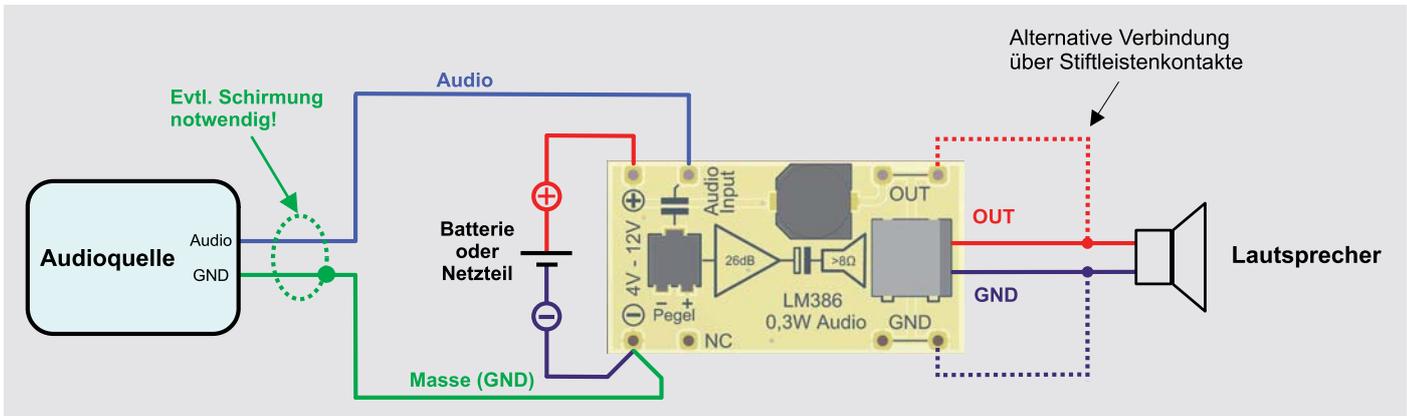


Bild 4: Anschlussschema für das LM386-Modul

LM4906 Class-AB-Audioverstärker, 1 W BTL

Dieses kleine Verstärkermodul mit dem IC LM4906 ist im Gegensatz zum LM386 etwas moderner. Durch die Brückenschaltung (BTL) des Lautsprechers entfällt der ansonsten übliche Ausgangskondensator, da im Ruhezustand (ohne Signal) an beiden Ausgängen das gleiche DC-Potential anliegt. Im Prinzip besitzt der LM4906 zwei Ausgangsstufen, wie man auch im Blockschaltbild (Bild 5) erkennt. Der Lautsprecher ist jeweils an einen dieser Ausgänge angeschlossen. Diese beiden Endstufen werden gegenphasig angesteuert.

Durch die Brückenschaltung ergeben sich zahlreiche Vorteile gegenüber einer „normalen“ Endstufe mit nur einer Komplementärendstufe:

- Ein Ausgangs-Elko kann entfallen, da im Ruhezustand die Differenzspannung am Ausgang null Volt beträgt.

- Die Ausgangsspannung hat sich (gemessen über dem Lautsprecher) verdoppelt. Eine Spannungsverdopplung steigert die Ausgangsleistung um das Vierfache ($P=U^2/R$).

Die technischen Daten können der [Tabelle 2](#) entnommen werden.

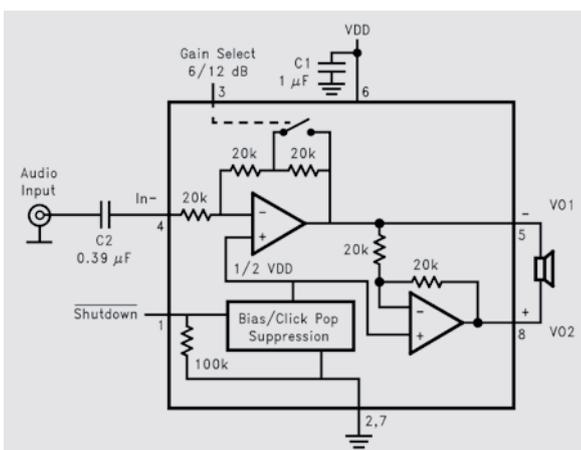


Bild 5: Blockschaltbild des LM4906 (Quelle: Ti.com)

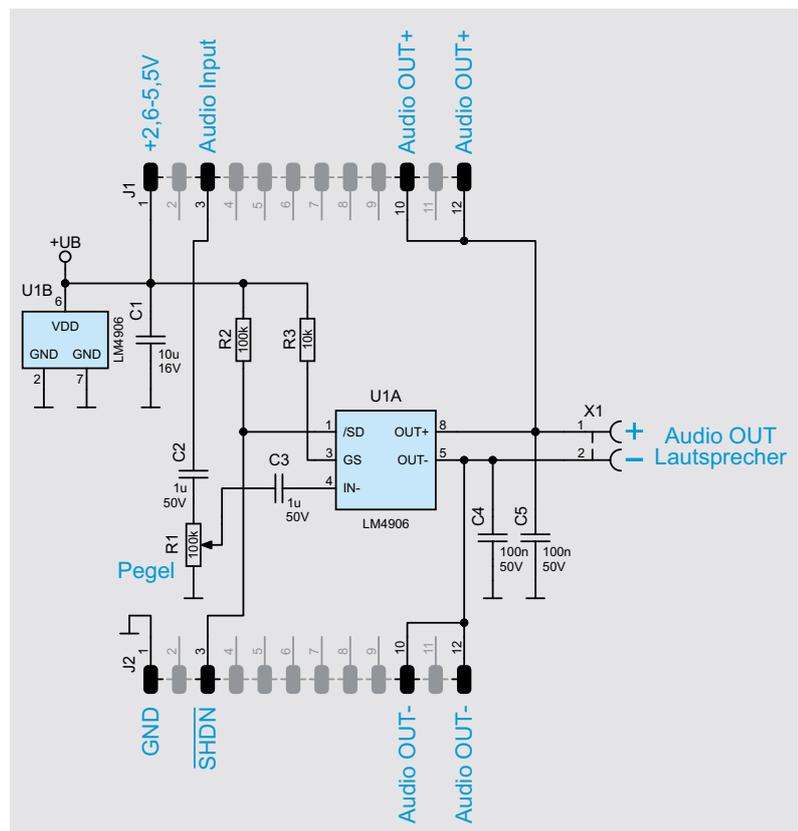


Bild 6: Schaltbild des Verstärkermoduls CM-IC-LM4906-A

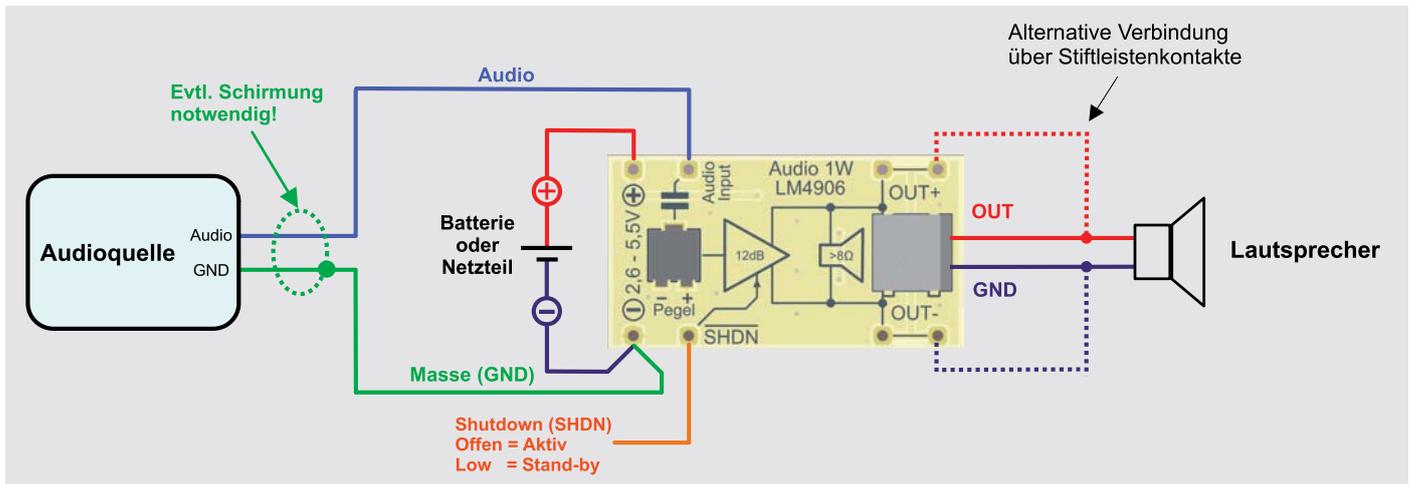


Bild 7: Anschlusschema des Verstärkermoduls CM-ICLM4906-A

Als weiteres Feature gilt der Shutdown-Betrieb. In batteriebetriebenen Anwendungen möchte man möglichst Energie sparen. Wenn die Audioendstufe nicht benötigt wird, kann diese durch den Eingang „Shutdown/SHDN“ deaktiviert werden. Die Stromaufnahme beträgt im Shutdown nur $0,1 \mu\text{A}$. Die Deaktivierung der Endstufe über den Anschluss „Shutdown“ hat den Vorteil, dass man nicht die komplette Versorgungsspannung abschalten muss.

In Bild 6 ist das Schaltbild des Verstärkermoduls CM-IC-LM4906-A zu sehen. Wie man sieht, kann auch hier eine Pegelanpassung mit einem Trimmer (R1) vorgenommen werden.

Der Verstärkungsfaktor der Endstufe ist fest auf den Wert 4 (12 dB) eingestellt. Bei der Verwendung dieses Verstärkers sollte auf den eingeschränkten Spannungsbereich geachtet werden. Eine Versorgungsspannung oberhalb von 5,5 V kann zur Zerstörung des Bauteils führen.

Wie man das Verstärkermodul korrekt anschließt, ist im Anschlusschema in Bild 7 zu sehen. Ist die Kabelverbindung zur Audioquelle länger als ca. 50 cm, sollte man abgeschirmtes Kabel verwenden, um Störeinstrahlungen zu vermeiden.

Die Platinenfotos des CM-IC-LM4906-A sind in Bild 8 dargestellt.

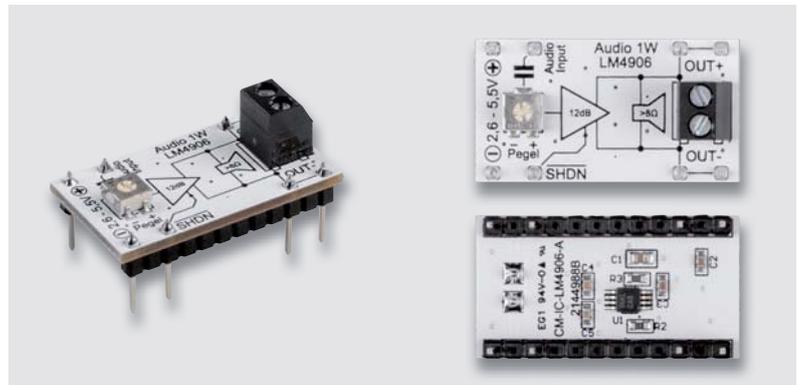


Bild 8: Platinenfotos des LM4906-Moduls

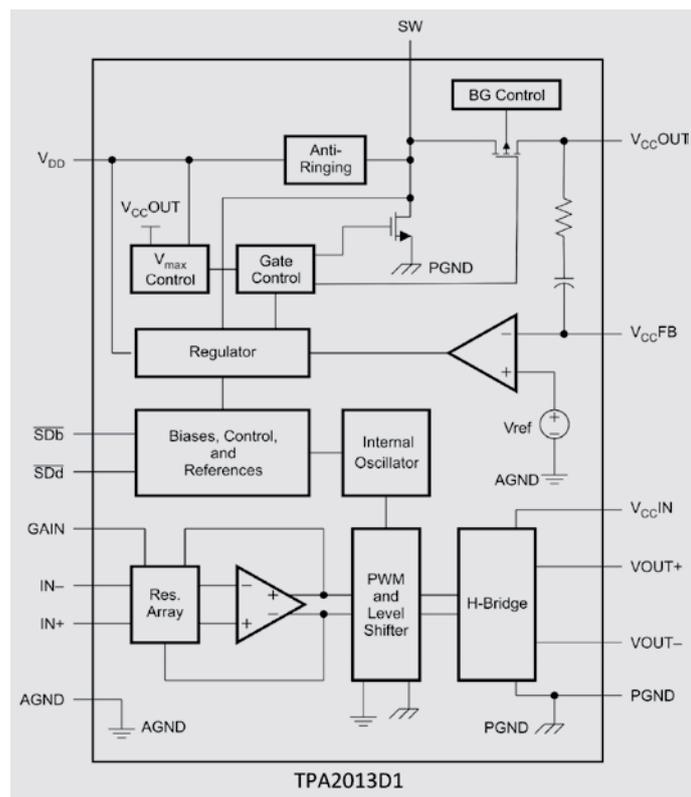
TPA2013 Class-D-Audioverstärker 2 W

Kommen wir nun zum Kraftpaket unter den kleinen Verstärkern. Der TPA2013 ist ein Class-D-Verstärker, mit einer Leistung von ca. 2 W (je nach Betriebsspannung). Class-D bedeutet, dass diese Endstufe digital arbeitet, im Gegensatz zu den analogen Class-AB-Verstärkern. Die Funktionsweise ist im Kasten „Elektronikwissen“ beschrieben.

Der TPA2013 ist zwar in einem sehr kleinen Gehäuse untergebracht, das Innenleben ist jedoch recht komplex, wie man im Blockschaltbild (Bild 9) erkennt.

Das Besondere an diesem Modul ist der integrierte Step-up-Wandler, der einfach gesagt eine Betriebsspannungserhöhung vornimmt. Auch bei z. B. nur einer niedrigen Betriebsspannung von 3 V wird hieraus eine stabile Spannung von 5,5 V generiert. Wie wir wissen, bringt eine Verdopplung der Betriebsspannung eine Vervierfachung der Leistung. Dies ist anhand folgender Formel gut erkennbar: $P = U^2/R$.

Wer also mit niedriger Batteriespannung eine möglichst hohe Ausgangsleistung generieren möchte, liegt mit diesem Verstärker genau richtig. Das Schaltbild der kompletten Verstärkerschaltung ist in Bild 10 dargestellt.

Bild 9:
Blockschaltbild des TPA2013

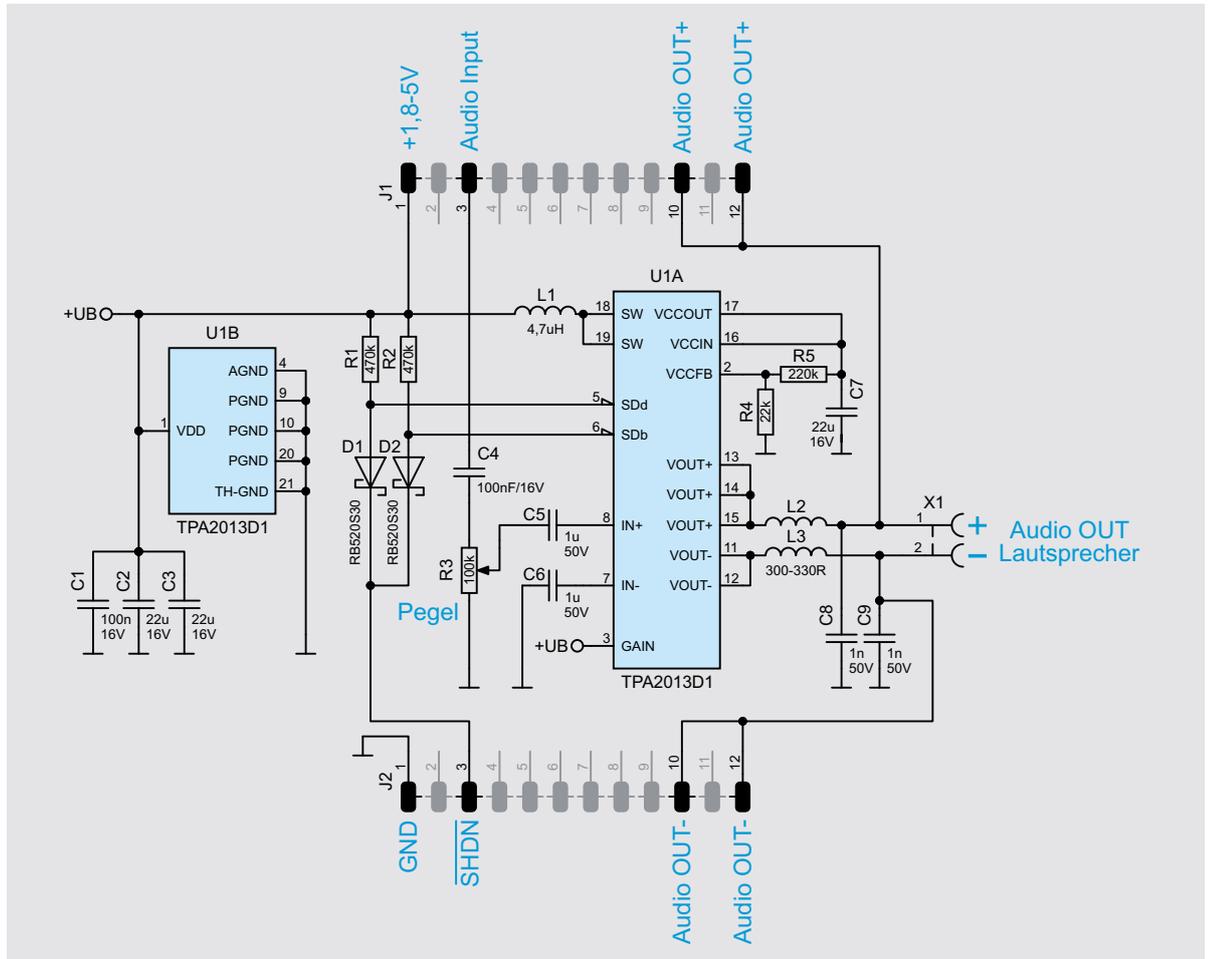


Bild 10: Schaltbild des Verstärkers CM-IC-TPA2013-A

Die für Class-D-Verstärker üblichen Ausgangsfilter zur Störunterdrückung werden von L2/L3 und C8/C9 gebildet. Wie auch bei den anderen Verstärkermodulen kann der Pegel mit einem Trimmer (R1) angepasst werden.

Hinweis! Die untere Grenzfrequenz des Verstärkers liegt, bedingt durch C4, bei ca. 60 Hz. Tiefe Frequenzen (Bässe) unterhalb dieser Grenzfrequenz würden sehr viel Energie benötigen, und somit einen Batteriebetrieb negativ beeinflussen.

Bild 11 zeigt die Platinenfotos der Verstärkerplatine. Wie man das Verstärkermodul korrekt anschließt, ist im Anschlusschema in Bild 12 zu sehen.

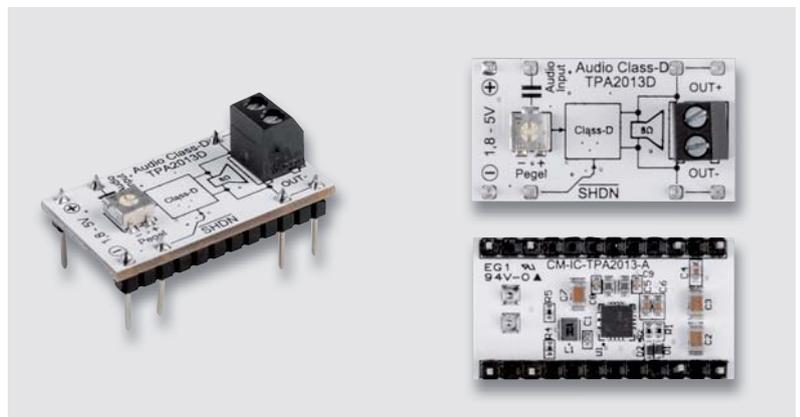


Bild 11: Platinenfotos des Moduls TPA2013-A

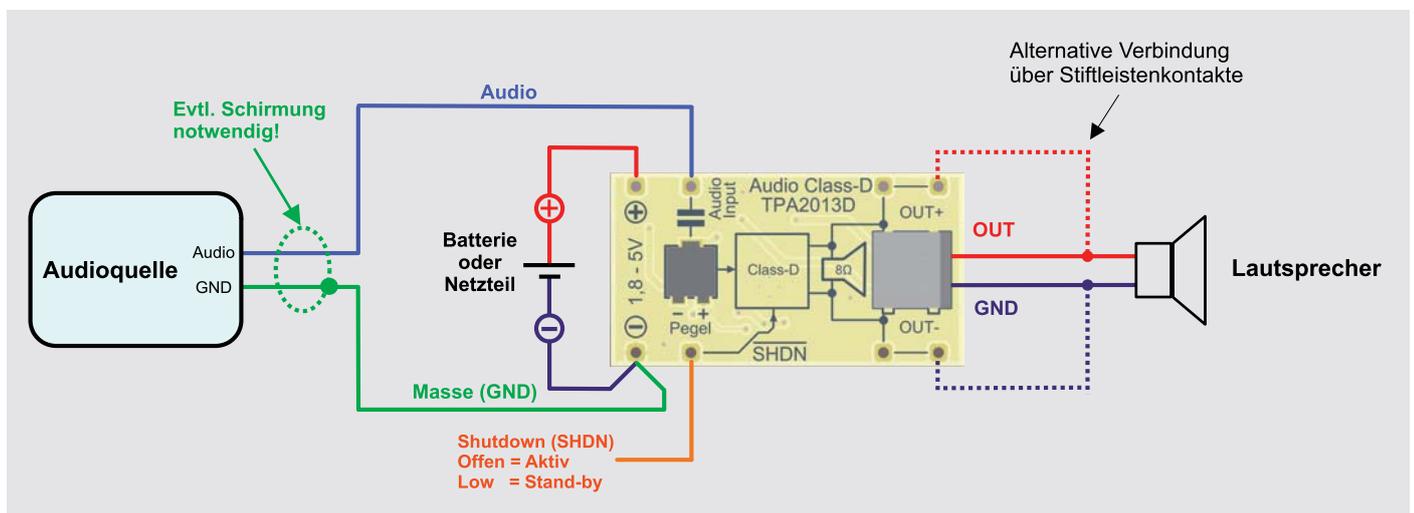


Bild 12: Anschlusschema für das Verstärkermodul CM-IC-TPA2013-A



MAX4409 Kopfhörerverstärker

Dieses Modul enthält einen Low-Voltage-Kopfhörerverstärker mit dem Baustein MAX4409, der eine Ausgangsleistung von 2x 80 mW (@ $R_L=16\ \Omega$) aufweist. Der MAX4409 erhöht die Ausgangsleistung durch eine interne Ladungspumpe, die eine zusätzliche, negative Betriebsspannung erzeugt. Hierdurch ist die Ausgangsspannung der Endstufen doppelt so hoch, und als angenehmer Nebeneffekt können die sonst übli-

chen (und voluminösen) Ausgangs-Elkos entfallen, da kein DC-Anteil am Verstärkerausgang anliegt.

Weitere Features des MAX 4409 sind die automatische Abschaltung bei Kurzschluss, Übertemperatur, Unter- oder Überspannung sowie die Unterdrückung von Klick- und Popgeräuschen beim Ein- und Ausschalten.

Mit seinem Spannungsbedarf von nur 1,8 bis 3,6 V eignet sich dieser Verstärker sehr gut für batterie- oder akkubetriebene Anwendungen. Das Schaltbild des Verstärkermoduls ist in [Bild 13](#) dargestellt. Der Ver-

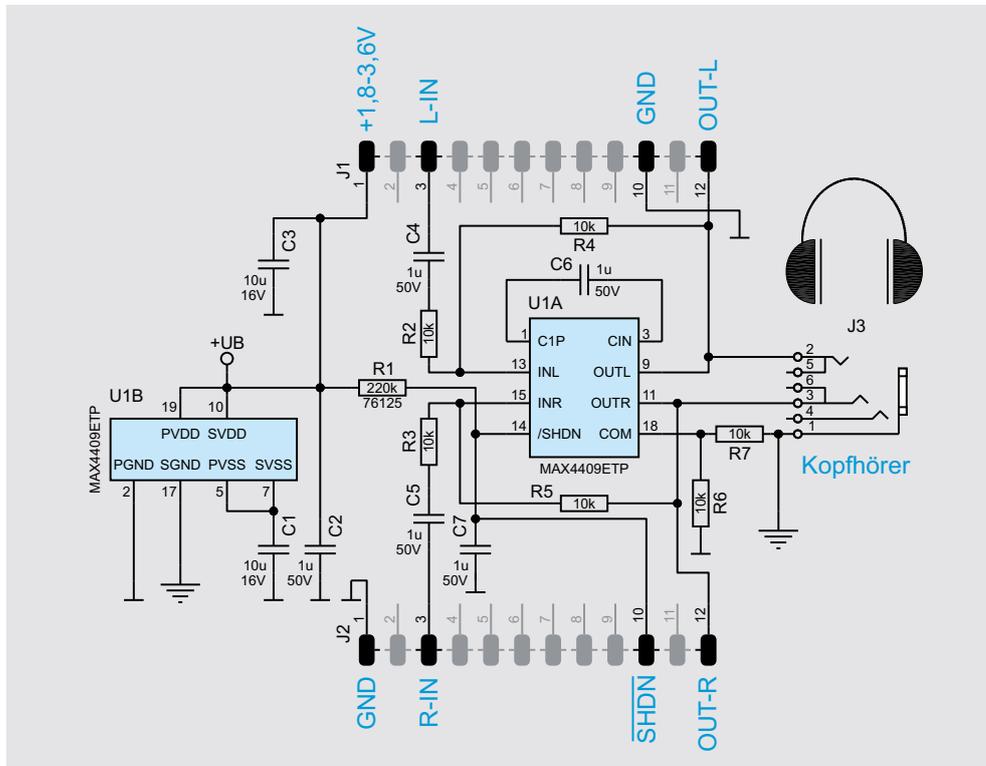


Bild 13: Schaltbild des Kopfhörerverstärkers

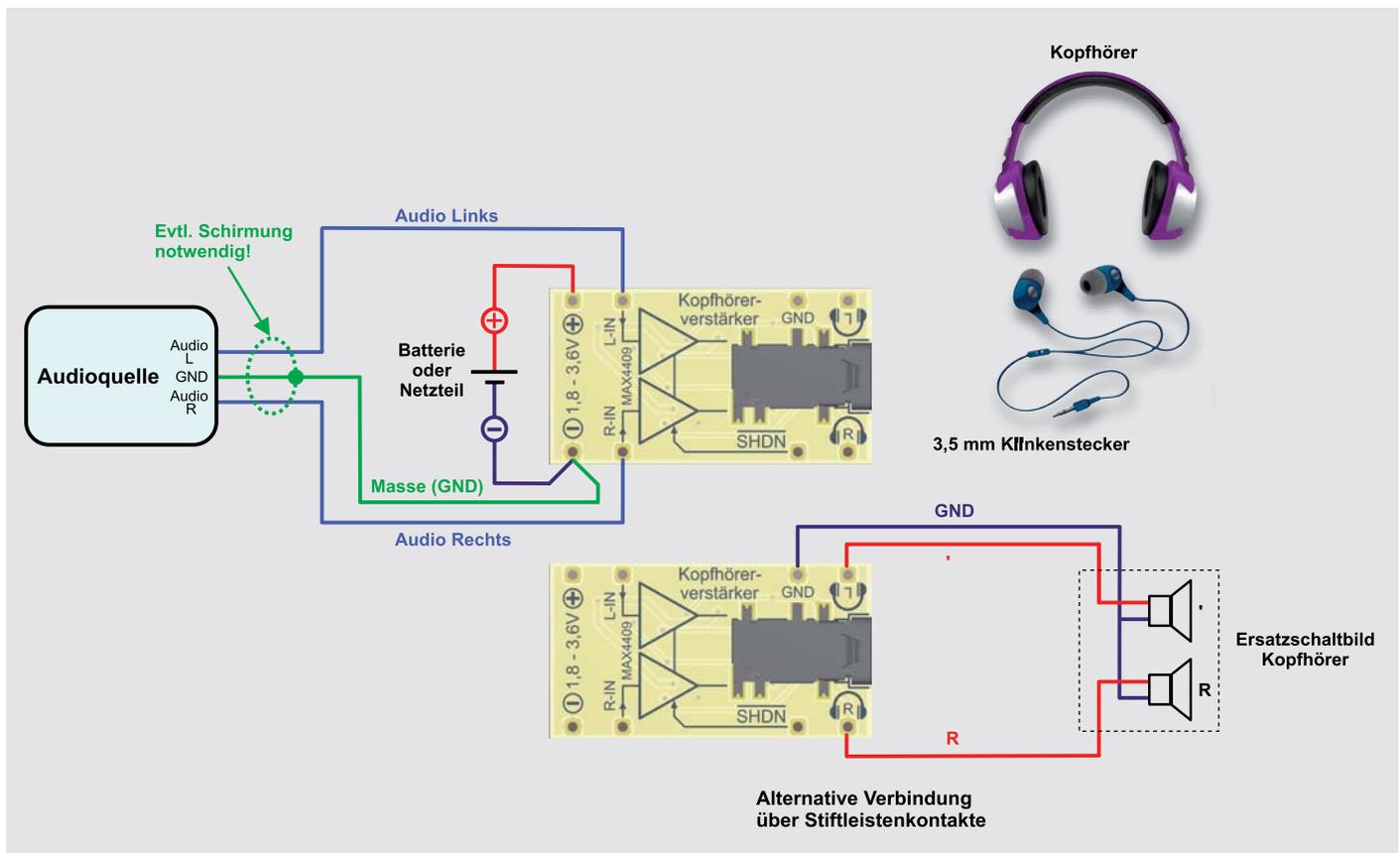


Bild 14: Anschlussschema des Kopfhörerverstärkers



stärkungsfaktor beträgt 1 (0 dB) und wird durch das Verhältnis der Widerstände $R4/R2$ und $R5/R1$ bestimmt. Wie man erkennt, handelt es sich in dieser Dimensionierung um einen Stromverstärker, denn die Spannungsverstärkung beträgt nur 1. Die Stromverstärkung ist aber ausreichend, um Kopfhörer mit einer Impedanz von 16–32 Ω zu treiben. Der Kopfhörer kann direkt mit der Klinkenbuchse auf der Platine verbunden werden.

Die Kontaktierung kann aber auch über die Stiftleisten erfolgen, wie im Anschlusschema (Bild 14) zu sehen ist. In Bild 15 sind die Platinenfotos dargestellt.

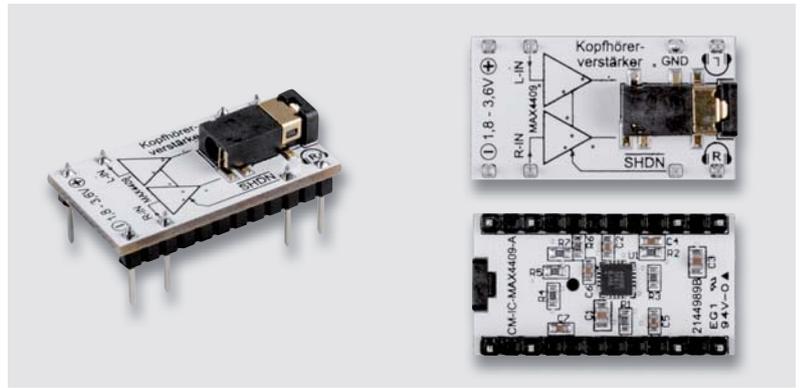


Bild 15: Fotos des Kopfhörerverstärkers MAX4409-A

NE5532 Audio-Operationsverstärker (2-fach)

Dieses Modul enthält den bekannten Operationsverstärker (OP) NE5532 als Dual-OP (s. Bild 16). Dieser seit vielen Jahren bewährte Operationsverstärker ist sehr rauscharm und wird deshalb gerne in Audioschaltungen eingesetzt.

Der Versorgungsspannungsbereich erstreckt sich von 10 V bis 30 V. Die minimale Spannung beträgt eigentlich 10 V oder ± 5 V. Wenn die Ein- und Ausgangsspannungen nicht zu dicht an die Versorgungsspannungsschienen (Rail) reichen und die Signalspannung relativ klein ist, kann der NE5532 auch mit einer Spannung ab ca. 5 V betrieben werden. Allerdings garantiert dann der Hersteller die technischen Daten nicht mehr.

Daten	NE5532	
	Modulbezeichnung:	CM-IC-NE5532-A
	Bezeichnung OP:	NE5532
	Typ:	2-fach-Operationsverstärker/rauscharm
	Versorgungsspannung:	10–30 V
	Stromaufnahme:	8 mA (pro OP)
	Ausgangsstrom (I_{out}):	35 mA
	Offset (U_{E0}):	0,5 mV
	Grenzfrequenz (f_T):	10 MHz
Abm. Platine (B x T):	23 x 13 mm	

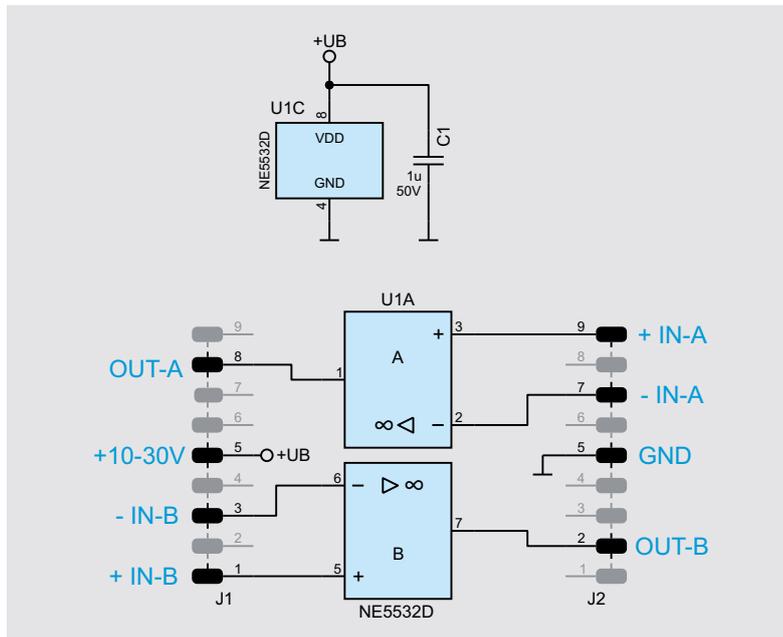


Bild 16: Schaltbild des Moduls CM-IC-NE5532-A

Wer häufig Operationsverstärker verwendet und diese als Prototypenadapter benötigt, sollte sich das ELV Prototypenadapter-Set PAD2 [3] anschauen, denn dieses Set bietet reichlich unterschiedliche Operationsverstärker.

Die Platinenfotos des NE5532-Moduls sind in Bild 17 dargestellt.

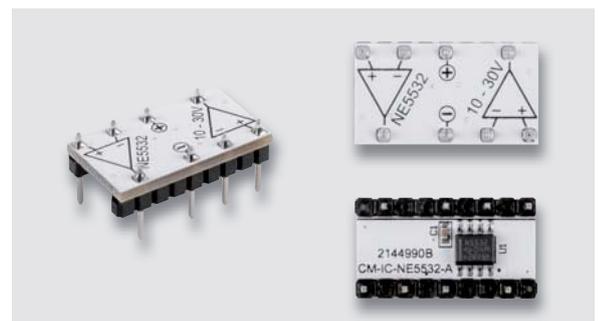


Bild 17: Platinenfotos des NE5532-A-Moduls



Elektret-Mikrofon

Diese Modulplatte ist mit einem Elektret-Mikrofon ausgestattet. Dieser Mikrontyp wird in riesigen Stückzahlen produziert, deshalb ist er recht preiswert. Auf die detaillierte Funktionsweise wollen wir hier nicht näher eingehen, sondern uns auf die wichtigsten elektrischen Parameter beschränken. Diesen Mikrontyp gibt als 2- und 3-polige Version (s. Bild 18), wobei sich heutzutage die 2-polige Version durchgesetzt hat. Von der Funktion her sind beide Varianten identisch.

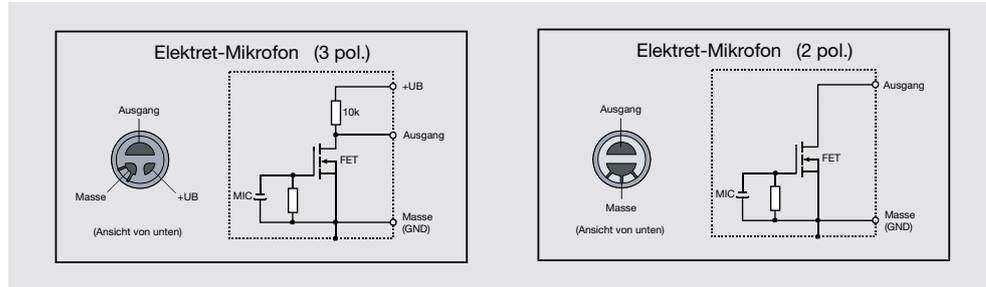


Bild 18: Anschlussbelegungen von Elektret-Kapseln

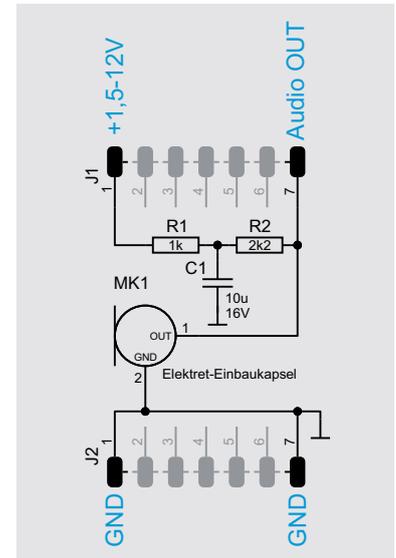


Bild 19: Schaltbild des Elektret-Mikrofons CM-AM-02

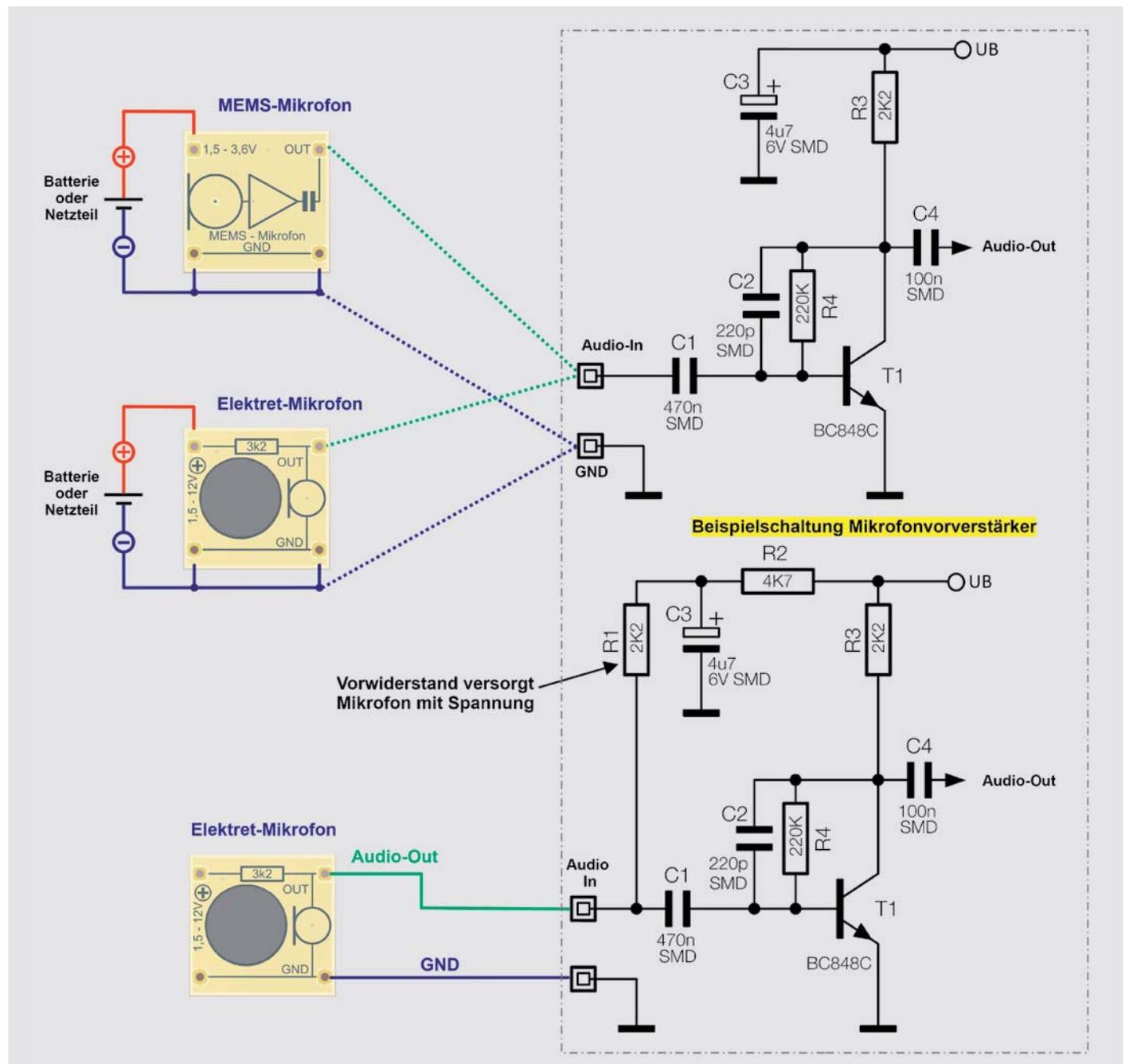


Bild 20: Anschlussschema Elektret- bzw. MEMS-Mikrofon



Eines haben beide Versionen gemeinsam: Sie benötigen eine Versorgungsspannung für den internen Transistor (FET). Bei der 3-poligen Version ist der Drainwiderstand mit im Gehäuse untergebracht, weshalb hier ein weiterer Anschluss benötigt wird.

Wie man im Schaltbild unserer Mikrofonplatine (Bild 19) erkennt, ist hier auch ein Drain- bzw. Vorwiderstand vorhanden, der in zwei einzelne Widerstände aufgeteilt ist. Mit R1 und C1 wird die Versorgungsspannung von Störspannungen befreit. Widerstand R2 ist der eigentliche Drainwiderstand für die Elektretkapsel MK1. Im Prinzip entspricht unser Mikrofonmodul somit der Anschlussbelegung eines 3-poligen Mikrofons.

Die Versorgungsspannung kann im Bereich von 1,5 bis 12 V liegen, wobei die Stromaufnahme sehr gering ist, was auch den Einsatz in batteriebetriebenen Geräten ermöglicht.

Das Anschlussschema (Bild 20) zeigt, wie man die Mikrofonplatine verwenden kann. Die Platinenfotos sind in Bild 21 zu sehen.

Daten	Elektret-Mikrofon	
	Modulbezeichnung:	CM-AM-02
	Typ:	Elektret, ECM-60PB
	Versorgungsspannung:	1,5–12 V
	Stromaufnahme:	max. 0,5 mA
	Frequenzgang:	50 Hz bis 4 kHz
Abm. Platine (B x T):	18 x 15,3 mm	



Bild 21: Platinenfotos des CM-AM-02

MEMS-Mikrofon

Diese Modulplatine ist mit einem MEMS-Mikrofon ausgestattet. Diese ultrakleinen Mikrofone finden sich heutzutage in vielen Handys und Smartphones. Sie sind in der sogenannten MEMS-Technologie (Micro-Electro-Mechanical Systems) [4] aufgebaut und haben die klassischen Elektret-Mikrofone in diesem Sektor verdrängt. Nicht nur die mechanischen Abmessungen, sondern auch die technischen Daten sind überzeugend. So zeichnen sich MEMS-Mikrofone durch einen hohen Signal-Rausch-Abstand, große Empfindlichkeit und den sehr geringen Stromverbrauch aus.

Wie man im Schaltbild (Bild 22) erkennt, bedarf es keiner zusätzlichen Peripherie, lediglich zwei Kondensatoren sind erforderlich. Der Kondensator C1 dient zur Glättung der Versorgungsspannung, während C2 als Koppelkondensator am Ausgang dient.

Im Anschlussschema Bild 20 ist zu erkennen, dass die Verwendung recht einfach ist. Man sollte jedoch unbedingt auf die max. Versorgungsspannung achten. Eine zu hohe Spannung von mehr als 3,6 V könnte zur Zerstörung des Mikrofons führen.

Die Platinenfotos sind in Bild 23 zu sehen.

Die Platinenfotos sind in Bild 23 zu sehen.

Daten	MEMS-Mikrofon	
	Modulbezeichnung:	CM-AM-01
	Typ:	MEMS (SPU0410LR5H-QB / Knowles)
	Versorgungsspannung:	1,5–3,6 V
	Stromaufnahme:	0,5 mA max.
	Frequenzgang:	100 Hz bis 80 kHz
	Ausgangsimpedanz:	400 Ω
	Abm. Platine (B x T):	18 x 15,3 mm

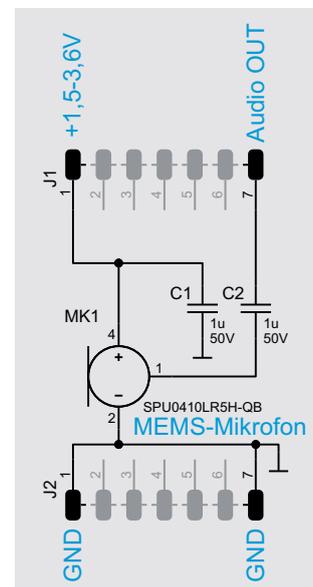


Bild 22: Schaltbild des MEMS-Mikrofons CM-AM-01

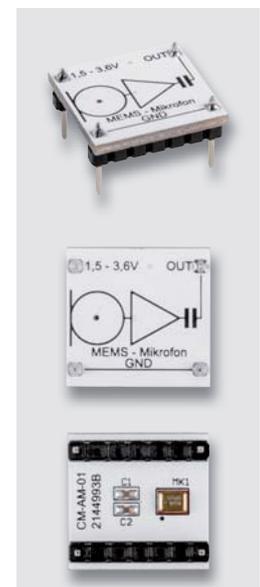


Bild 23: Fotos des MEMS-Mikrofons CM-AM-01



Sound-Transducer

Der Sound-Transducer ist ein elektroakustisches Bauelement, das wie bei einem Lautsprecher akustische Signale wiedergeben kann. Dieses Bauteil sollte nicht mit einem Piezo verwechselt werden, denn im Gegensatz zum Piezo besitzt der Transducer eine Schwing-spule aus Kupferdraht, hat also einen ohmschen Widerstand.

Ein kleiner Nachteil ist, dass der Transducer eine bestimmte Resonanzfrequenz aufweist, bei der die maximale Lautstärke erreicht wird. Natürlich werden auch Frequenzen von z. B. 1 kHz wiedergegeben, aber eben nicht mit voller Lautstärke.

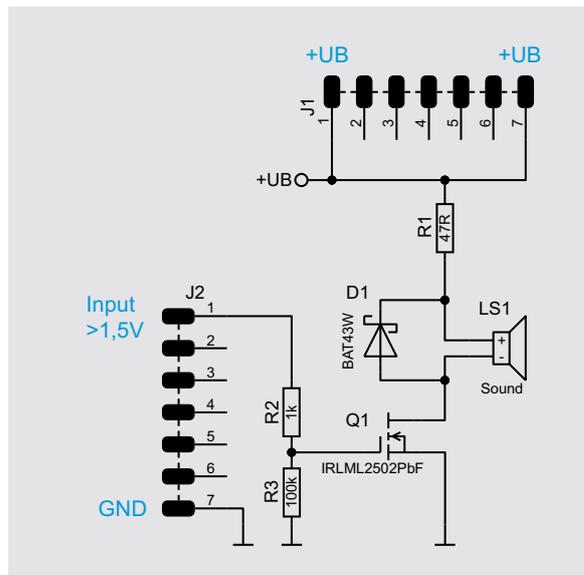


Bild 24: Schaltbild des Sound-Transducers

Sound-Transducer

Typ:	Sound-Transducer 2 kHz
Modulbezeichnung:	CM-AS-01
Betriebsspannung:	3–10 V
Eingangsspegel:	1,5–12 V
Resonanzfrequenz:	ca. 2 kHz
Stromaufnahme:	40 mA max. @ 10 V
Abm. Platine (B x T):	18 x 15,3 mm

Daten

Die Schaltung enthält noch einen kleinen Schalttransistor, der die Ansteuerung vereinfacht (s. [Schaltbild Bild 24](#)). Ab einer Spannung von 1,5 V schaltet der Transistor durch und steuert (schaltet) somit den eigentlichen Transducer. Die Ansteuerung geschieht mit einem Rechtecksignal mit einer minimalen Signalspannung von 1,5 V_{pp}.

Bild 25 zeigt die Fotos des Sound-Transducer-Moduls.

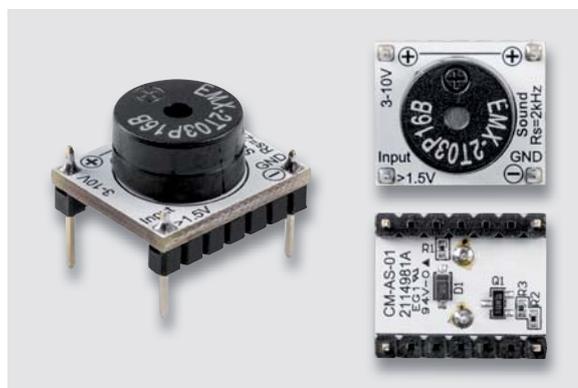


Bild 25: Sound-Transducer-Modul

Prüflautsprecher

Wenn man eine Audioschaltung entwickelt oder zusammgebaut hat, steht man oft vor der Aufgabe, diese auch zu testen. Für solche Aufgaben eignet sich dieser Prüflautsprecher. Die Betonung liegt dabei auf dem Wort „Prüf“, denn ein vollwertiger Lautsprecher ist dieser kleine Lautsprecher nicht.



Bild 26: Lautsprecher CM-AM-01

In Bild 26 sind die Fotos des Lautsprechermoduls CM-AS-02 dargestellt. Der Fachmann erkennt: Ohne ein richtiges Gehäuse kann ein Lautsprecher nicht ordentlich funktionieren, da sich durch die offene Bauweise die Schallwellen neutralisieren. Aber unser Prüflautsprecher hat den Vorteil, dass er sehr klein und problemlos zu handhaben ist. Einfach auf ein Steckboard setzen und mit der zu prüfenden Schaltung verbinden (s. Bild 27).

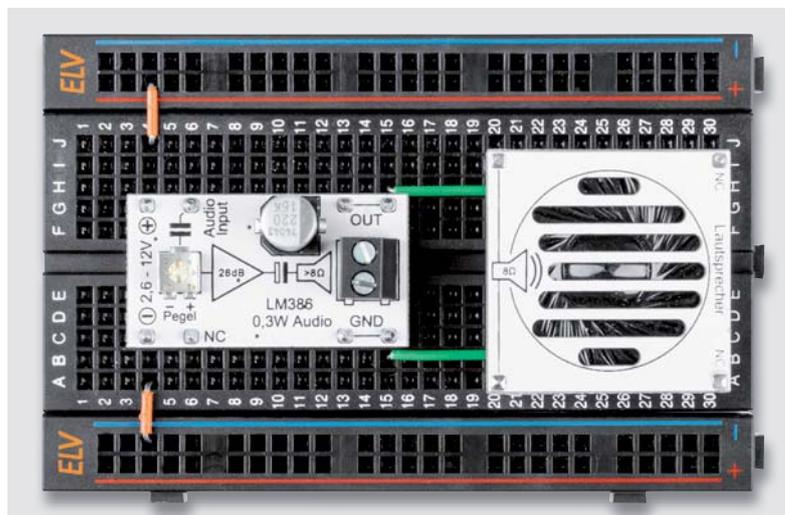


Bild 27: Anwendungsbeispiel für den Prüflautsprecher CM-AS-02 auf einem Steckboard



4-polige Klinkenbuchse

Diese kleine Modulplatine beinhaltet eine 4-polige Klinkenbuchse zur Aufnahme von Steckern mit einem Durchmesser von 3,5 mm. Klinkenstecker und Buchsen in dieser Größe werden häufig als Audio-Ein- und -Ausgang genutzt, wie z. B. für Mikrofone, Kopfhörer usw. Dank der 4-poligen Ausführung kann diese Buchse auch für spezielle Kontaktierungen verwendet werden, bei denen ein zusätzlicher Kontakt benötigt wird,

wie z. B. an einem Headset (Kopfhörer und Mikrofon). Dieser zusätzliche Kontakt ist mit „4“ gekennzeichnet (s. Schaltbild Bild 28). Natürlich ist diese Buchse auch als normaler 3-poliger Stereo- oder Monoklinkenstecker nutzbar (Kontakte 1–3). Weitere Informationen zum Thema Klinkenstecker findet man unter [5].

Die Platinenfotos sind in Bild 29 zu sehen.

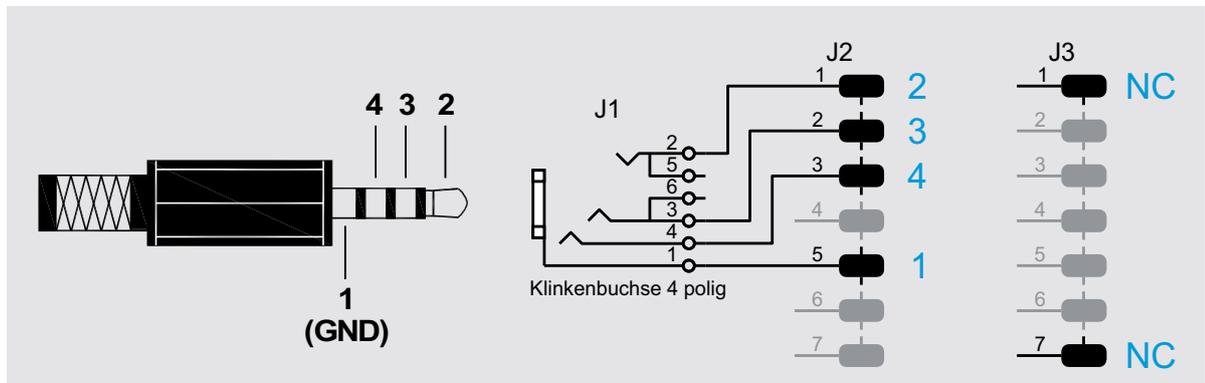


Bild 28: Anschlussbelegung und Schaltbild der 4-poligen Klinkenbuchse

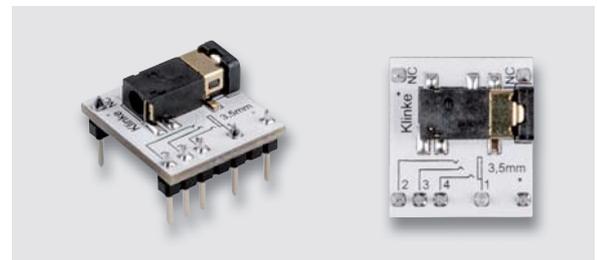


Bild 29: Fotos der 4-poligen Klinkenbuchse CM-FC-PJ35-A

Nachbau

Die einzelnen Module sind aus produktionstechnischen Gründen schon mit SMD-Bauteilen vorbestückt. Die Bauteilgehäuse sind nach heutigem SMD-Stand sehr klein und können fast nur noch maschinell bestückt und verlötet werden. Nun besteht die Aufgabe darin, die entsprechenden Stiftleisten und die Anschlussklemmen aufzulöten.

In der Regel sind die passenden Stiftleisten in der entsprechenden Polzahl vorhanden und müssen somit nicht gekürzt werden. Bei einigen Modulen müssen nicht genutzte Pins aus den Stiftleisten entfernt werden. Dies geschieht, wie in Bild 30 zu sehen, mit einer kleinen Zange. Die so vorbereiteten Stiftleisten (Bild 31) werden von unten in die Platinen eingesetzt und auf der Oberseite verlötet.

Da die so angefertigten Platinen auch optisch gut aussehen sollen, empfiehlt sich die Reinigung der Platinenoberfläche. Bei jedem Lötvorgang bleiben unweigerlich Rückstände von dem im Lötzinn enthaltenen Flussmittel auf der Platine zurück. Diese können mit Alkohol oder noch besser mit einem speziellen Lötmittelreiniger (z. B. Fluxfrei [6]) entfernt

werden. Praktisch hat sich hierbei der Einsatz einer (alten) Zahnbürste bewährt. Die zu reinigende Platine wird hierbei kurz eingesprüht und anschließend mit der Zahnbürste gereinigt (Bild 32).



Bild 30: So werden nicht benutzte Stifte entfernt.

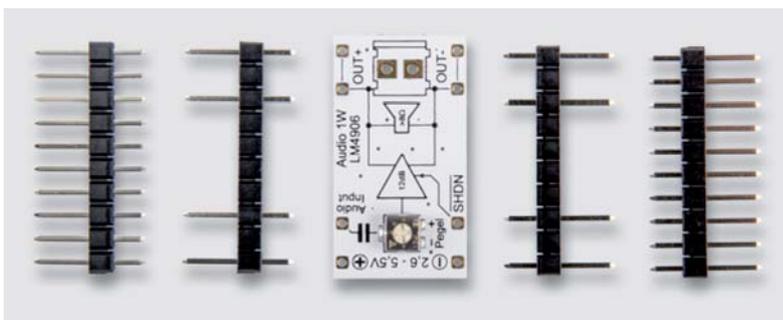


Bild 31: So sehen die vorbereiteten Stiftleisten vor dem Verlöten aus.

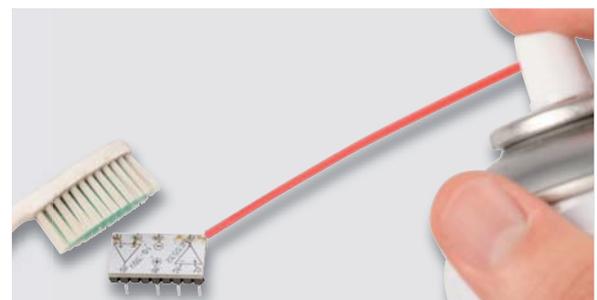


Bild 32: Mit einer Zahnbürste und einem Reiniger werden Rückstände vom Flussmittel entfernt.



Bild 33: So wird die 5-polige Stiftleiste in fünf einzelne Stifte geteilt.

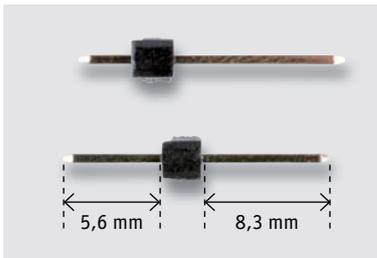


Bild 34: Der Stiftkörper muss so weit verschoben werden, bis sich die gezeigten Maße ergeben.

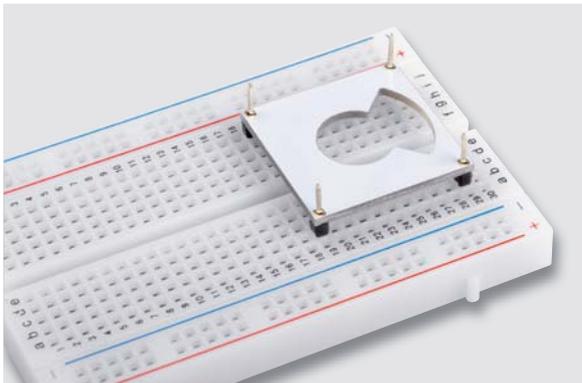


Bild 35: So kann die Montage auf einem Steckboard erfolgen.



Bild 36: So werden die Stifte von oben mit der Platine verlötet.



Bild 37: So werden zum Schluss die Stifte auf der Platinenoberseite angelötet.

Aufbau der Lautsprecherplatine

Der Zusammenbau der Lautsprecherplatine bedarf etwas Vorbereitung und ist nicht ganz so einfach. Wenn man sich strikt an unsere Anleitung hält, ist der Zusammenbau jedoch auch für Elektronikeinsteiger kein Problem.

Zuerst müssen die Stiftleisten bearbeitet werden. Die 5-polige Stiftleiste muss zunächst in einzelne Stifte aufgeteilt werden. Dies kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Der erfahrene Elektroniker versucht dies einfach mit einem Seitenscheider, was leider nicht immer zum gewünschten Erfolg führt, da die Stiftkörper in ungleichmäßige Teile zerfallen können. Besser geeignet ist ein Klingenmesser (Cutter), wie in Bild 33 dargestellt – es geht aber auch mit einem dünnen Sägeblatt.

Warnhinweis: Hier besteht bei unsachgemäßer Handhabung Verletzungsgefahr! Man setzt das Messer auf die gewünschte Schnittstelle an, und bewegt die Messerklinge unter Druck von oben hin und her. Irgendwann gibt der Kunststoff nach und bricht. Hier sollte man jedoch aufpassen, denn die Stiftleisten können sich selbstständig und durch die Luft fliegen.

Nachdem man nun fünf einzelne Stifte zur Verfügung hat, von denen vier benötigt werden, müssen diese bearbeitet werden. Der Stiftkörper wird so weit verschoben, bis sich die in Bild 34 gezeigten Maße ergeben. Zum Abmessen sollte man unbedingt einen Messschieber verwenden, um die notwendige Genauigkeit zu erreichen.

Die so vorbereiteten Stifte werden nun vorzugsweise auf ein (altes) Steckboard (Breadboard) mit einem quadratischen Abstand von 25,4 mm (entspricht 10 Rastereinheiten) eingesetzt, und zwar so, dass das längere Ende nach oben zeigt (Bild 35). Auf diese Stifte wird die untere Platine vom Lautsprechermodul aufgesetzt, aber noch nicht verlötet, wie in Bild 36 zu sehen ist.

Anschließend legt man den Lautsprecher auf die untere Platine, so dass sich die Anschlussplatte des Lautsprechers oberhalb der Aussparung befindet. Wenn man den Lautsprecher langsam dreht, merkt man, wie dieser förmlich einrastet. Probestalber setzt man die obere Platine noch auf und kontrolliert, ob alles passt und korrekt ausgerichtet ist.

Die Stifte sollten auf der oberen Platine ca. 0,5 mm herausragen, gerade noch so viel, dass diese angelötet werden können. Nun entfernt man den Lautsprecher und die obere Platine wieder und lötet die vier Stifte, wie in Bild 36 zu sehen ist, von oben an. Anschließend setzt man die Teile wieder zusammen.

Wichtig! Das Lautsprechersymbol muss sich oberhalb der Aussparung für den Lautsprecher befinden, wie in Bild 36 dargestellt.

Nun verlötet man die die Stifte, die oben aus der Platine herausragen (Bild 37).



Damit der Lautsprecher fest zwischen den beiden Platinen eingeklemmt wird, bedarf es einer gewissen Spannung zwischen den beiden Platinen. Diese wird erreicht, wenn man die schon verlöteten Lötstellen der Stifte noch mal mit dem LötKolben erwärmt und mit einem Finger leichten Druck auf die Platine ausübt, wie in **Bild 38** zu sehen ist.

Hat man alle Lötstellen in dieser Vorgehensweise nachgearbeitet, sollte der Lautsprecher fest zwischen den beiden Platinen verankert sein.

Zum Schluss nimmt man das Lautsprechermodul vom Steckboard und stellt die Verbindung zwischen Lautsprecher und Platine her. Hier wird, wie in **Bild 39** zu sehen ist, mit jeweils einem Stück Silberdraht die Verbindung zwischen Lautsprecheranschlüssen und Lötanschlüssen auf der Platine mittels Lötung hergestellt.

Hinweise zur Verwendung

Betriebsspannung

Die einzelnen Module weisen unterschiedlichen Betriebsspannungen auf, deren obere Grenze unbedingt eingehalten werden muss. Eine zu hohe Betriebsspannung kann zur Zerstörung des Bauteils führen. Wird z. B. das MEMS-Mikrofon, das nur bis zu einer Betriebsspannung von 3,6 V geeignet ist, mit einem Audioverstärker mit $U_B=9\text{ V}$ kombiniert, muss mit einem Spannungsregler die Betriebsspannung für das MEMS-Mikrofon auf 3,3 V stabilisiert werden. Hierfür kann ein Spannungsregler mit 3,3-V-Ausgang verwendet werden, beispielsweise ein TS9011(SMD) oder ein Spannungsregler aus unserem PAD2 [3].

Auf den Verstärkermodulen befinden sich Blockkondensatoren für die Betriebsspannung. Aus Platzgründen wurden die maximal möglichen Kondensatoren verwendet. Es kann in gewissen Fällen (z. B. Spannung bricht unter Last zusammen) notwendig sein, dass die Betriebsspannung zusätzlich mit weiteren Kondensatoren geblockt werden muss. Hier empfiehlt es sich, einen Elko ($> 100\ \mu\text{F}$) parallel zur Betriebsspannung zu schalten.

Anwendung auf einer Lochrasterplatine

Die Stiftleisten der Module sind im Rastermaß angeordnet, was den Einsatz auf Lochrasterplatine ermöglicht. Die Module können direkt (ohne Sockel) auf einer Lochrasterplatine verwendet werden, was aber dazu führt, dass ein Entnehmen oder Austausch nicht mehr möglich ist. Praktischer ist, die Module auf Buchsenleisten zu setzen, wie in **Bild 40** dargestellt. So hat man die Möglichkeit, die Module wieder zu entnehmen, um diese eventuell an anderer Stelle erneut zu verwenden.

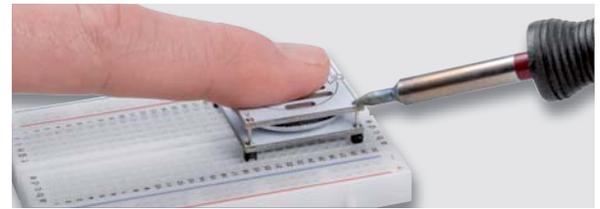


Bild 38: Unter leichtem Druck mit einem Finger werden die Lötstellen noch einmal erhitzt.



Bild 39: So wird die elektrische Verbindung zwischen dem Lautsprecher und den Platinenanschlüssen hergestellt.

Bei den Buchsenleisten sollte darauf geachtet werden, dass diese trennbar und für Stifte von einem Durchmesser von 0,7 bis 0,9 mm geeignet sind. Qualitativ hochwertig sind sogenannte Präzisionsbuchsenleisten, deren Kontakte aus gedrehten Hülsen bestehen, wie man sie auch von hochwertigen IC-Fassungen kennt. In **Bild 40** ist der Aufbau auf einer Lochrasterplatine mit Buchsenleisten zu sehen.

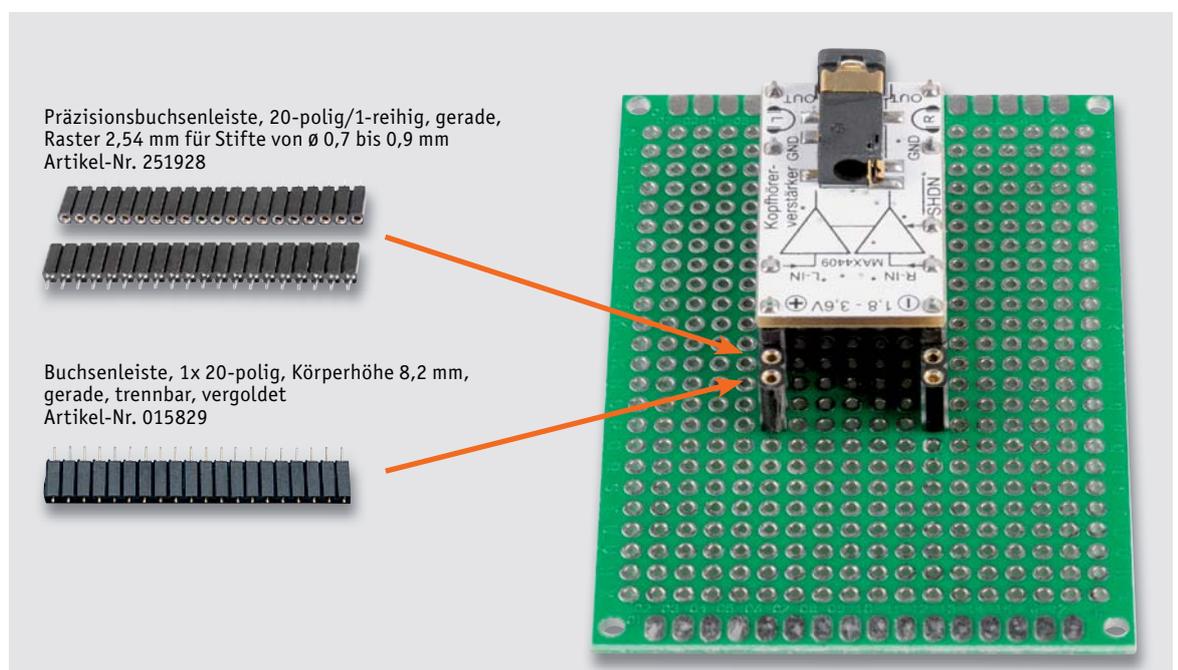
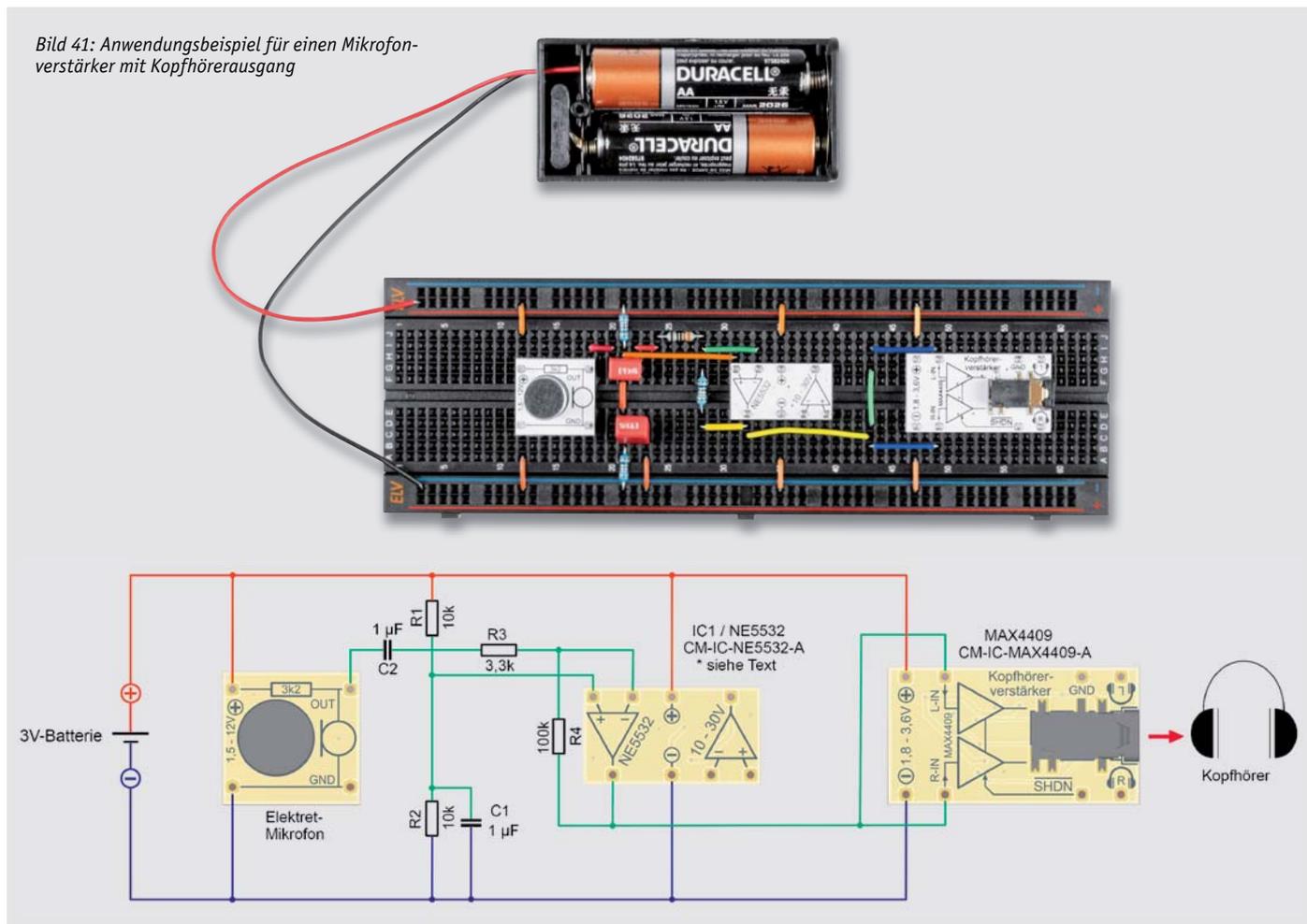


Bild 40: So können die Module auf einer Lochrasterplatine verwendet werden.

Anwendungsbeispiel „Mikrofonverstärker“

Bild 41: Anwendungsbeispiel für einen Mikrofonverstärker mit Kopfhörerausgang



In dem hier beschriebenen Anwendungsbeispiel wollen wir zeigen, wie man aus den Komponenten des PAD7 einen Mikrofonverstärker mit Kopfhörerausgang aufbaut. Ein paar zusätzliche bedrahtete Bauteile wie Widerstände und Kondensatoren sind allerdings noch notwendig. Aber die sind vielleicht noch in der eigenen „Bastelkiste“ vorhanden.

Alle benötigten Bauteile sind in der [Tabelle 3](#) zusammengefasst. Den fertigen Aufbau und den Verdrahtungsplan zeigt das [Bild 41](#), somit sollte der Nachbau keine Probleme bereiten.

Kommen wir zuerst zur Schaltungsbeschreibung. Als Mikrofon kommt das Elektret-Mikrofon (CM-AM-02) zum Einsatz. Da der Pegel des Mikrofons für den Kopfhörerverstärker MAX4409 nicht ausreicht, muss ein zusätzlicher Verstärker zwischengeschaltet werden. Dies übernimmt in der Regel ein Operationsverstärker. In unserer Testschaltung verwenden wir den NE5532, obwohl dieser OP laut Hersteller eine minimale Betriebsspannung von 10 V benötigt.

Unsere Testschaltung funktioniert auch mit einer Betriebsspannung von 3 V (Batterie) und stellt somit exemplarisch eine Verstärkerstufe dar. Wer eine praktische Verstärkerstufe für Batteriebetrieb aufbauen möchte, sollte einen stromsparenden Operationsverstärker mit niedrigem Spannungsbedarf wie z. B. den TLV272 oder LMV358 verwenden.



Bild 42: Der OP TLV272 als PAD (links) und im DIP-Gehäuse (rechts)

Unterschiedliche Operationsverstärker finden sich in unserem Prototypenadapter-Set PAD2 [\[3\]](#). Natürlich kann anstelle eines Prototypenadapters auch ein konventioneller OP im DIP-Gehäuse verwendet werden. Unsere Prototypenadapter dienen ja vielmehr zum Testen und Experimentieren. In einem Lochrasteraufbau kann praktischerweise auch ein DIP-Gehäuse verwendet werden.

[Bild 42](#) zeigt den TLV272 aus dem ELV PAD2, der sich hervorragend für Batteriebetrieb eignet. Im Vergleich dazu ist im rechten Teil von [Bild 42](#) ein handelsübliches DIP-Gehäuse mit Anschlussbelegung für den TLV272/LMV358 zu sehen.

Der OP ist in unserer Testschaltung als invertierender Operationsverstärker beschaltet. Der Verstärkungsfaktor wird vom Verhältnis der Widerstände R_4 zu R_3 bestimmt und liegt in unserem Fall bei 30 ($v = R_4/R_3$). Das Signal des Mikrofons gelangt über einen Koppelkondensator C_2 auf den Eingang des Operationsverstärkers (R_3). C_2 ist notwendig, damit der DC-Anteil vom Mikrofon den Arbeitspunkt des Operationsverstärkers nicht beeinflusst. Der Arbeitspunkt des Operationsverstärkers wird mit dem Spannungsteiler R_1/R_2 erzeugt und liegt bei $U_B/2$.

Diese Spannung führt auf den nichtinvertierenden Eingang (+) des Operationsverstärkers. Der Kondensator C_1 glättet (stabilisiert) die Arbeitspunktspannung. Vom Ausgang des Operationsverstärkers gelangt das Signal auf die Eingänge des Kopfhörerver-



stärkers MAX4409. Da dieser Kopfhörerverstärker zwei Kanäle hat (Stereo) werden beide Eingänge (L+R) miteinander verbunden.

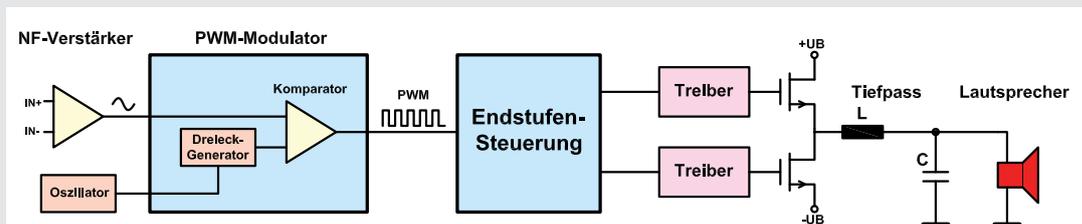
Als Versorgungsspannung eignet sich eine Batteriespannung von 3 V. Dies wird, wie in Bild 41 zu sehen, durch zwei Batterien mit Batteriehälter erreicht.

Wenn man die Schaltung so weit aufgebaut hat und die Spannungsversorgung und der Kopfhörer angeschlossen sind, kann man die Umgebungsgeräusche nun verstärkt über den Kopfhörer wahrnehmen. **ELV**

Bauteilliste für das Anwendungsbeispiel „Mikrofonverstärker“

Menge	Referenz	Beschreibung	ELV Artikel-Nr.
1	IC 1	NE5532 aus Prototypenadapter PAD7 TLV272 aus Prototypenadapter PAD2	156575 154712
1		Elektret-Mikrofon aus Prototypenadapter	156575
1		Steckboard 830 Kontakte	125903 (weiß) 250986 (schwarz)
1		Steckbrückenset	058831
1		Batteriehälter 2x Mignon mit Kabel	080118
1	R3	Widerstand 3,3 K Ω , bedrahtet	006358 (VPE = 10 Stück)
2	R1, R2	Widerstand 10 K Ω , bedrahtet	006313 (VPE = 10 Stück)
1	R4	Widerstand 100 K Ω , bedrahtet	006309 (VPE = 10 Stück)
2	C1, C2	Kondensator 1 μ F, >10 V	100218

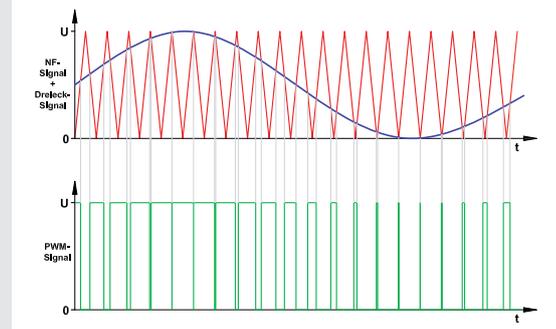
Tab. 3



Der Class-D-Verstärker

Im Gegensatz zum AB-Verstärker, der ein analoges Audiosignal linear verstärkt, arbeitet ein Class-D-Verstärker als (digitaler) Schaltverstärker. Dabei wird das vorverstärkte Audiosignal und ein durch einen internen Oszillator mit vielfacher Frequenz des Audiosignals erzeugtes Dreiecksignal in einem PWM-Modulator mit einem Komparator zu einem PWM-Signal gewandelt. Durch Vergleich der Spannungshöhe des Audiosignals und des Dreiecksignals wird hier ein Rechtecksignal erzeugt, in dessen Pulsweite die Information zu Amplitude und Frequenz enthalten ist. Dieses Signal gelangt auf die Endstufensteuerung, die dafür sorgt, dass die Endstufentransistoren in exakt definierter Zeitfolge durchgeschaltet bzw. gesperrt werden und so das digitale Signal verstärken. Ein Tiefpass am Ausgang trennt schließlich die hochfrequenten Anteile des Signals (die Trägerfrequenz) ab, und es gelangt lediglich das Audiosignal auf den Lautsprecher. In einem Filterfree-System entfällt der eigentliche Tiefpass, hier wirkt der Lautsprecher inklusive seiner Zuleitungen selbst als Tiefpass und erzeugt die Audiofrequenz.

Die Vorteile dieser aufwendigen Signalverarbeitung sind ein nahezu verlustfreier Betrieb der Endstufentransistoren und weit geringere Anforderungen an die Stromversorgung der Endstufe.



Denn hier werden die Endstufentransistoren nicht wie beim Analog-Verstärker linear betrieben, sondern als steilflankig angesteuerte Schaltstufe, die nur den Zustand „ein“ oder „aus“ zu realisieren hat. Hierdurch entfällt die bei Linearverstärkern entstehende Verlustleistung weitgehend (hier wirkt lediglich der $R_{DS(on)}$ -Widerstand des Transistors), es sind nur kleine bis gar keine Kühllkörper erforderlich. So kann eine solche Endstufe sehr kompakt ausfallen und belastet das Umfeld nicht durch Verlustwärme.



Weitere Infos:

- [1] Wikipedia – Endstufe: <https://de.wikipedia.org/wiki/Endstufe>
- [2] Wikipedia – Kompletärendstufe: <https://de.wikipedia.org/wiki/Gegentaktendstufe>
- [3] ELV Bausatz Prototypenadapter für Steckboards PAD2, linear – Artikel-Nr. 154712
- [4] MEMS-Technik: https://en.wikipedia.org/wiki/Microelectromechanical_systems
- [5] Wikipedia – Klinkenstecker: <https://de.wikipedia.org/wiki/Klinkenstecker>
- [6] ITW Cramolin Flux-Frei: Lötmitteleiniger, 400 ml – Artikel-Nr. 029321

Alle Links finden Sie auch online unter: de.elv.com/elvjournals-links

Prototypenadapter PAD1

Prototypenadapter-Set zur
Adaptierung unterschiedlicher
Buchsen, Taster und Schalter

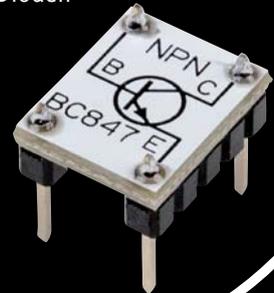
Alle Infos unter:



Prototypenadapter PAD2, linear

Enthält Operationsverstärker, Transistoren,
Spannungsregler und Dioden

Alle Infos unter:



Prototypenadapter PAD3, passiv

Enthält Widerstände, Kondensatoren und
Leerplatinen für Widerstands-Trimmer

Alle Infos unter:



Prototypenadapter PAD6 CMOS-Logik

- 32-teiliges Set – ermöglicht sehr einfach und übersichtlich realisierbare Logikschaltungen auf dem Breadboard (Steckboard)
- Gewährt die Steckbrett-Kompatibilität von Bauteilen, die nicht im üblichen 2,54-mm-Rasterformat vorliegen oder mechanisch nicht passen
- Sehr übersichtlich dank aufgedruckter Anschlussbelegung – alle Bauteilwerte und Funktionen sind auf einen Blick ersichtlich
- 2-stellige 7-Segment-Anzeige mit BCD-Decoder

Alle Infos unter:



ELV Steckboard
im ELVshop:
Artikel-Nr. 250986

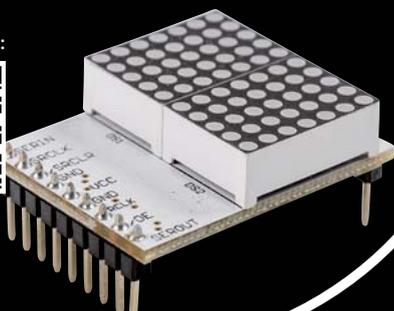
Die ELV Welt des Prototypings



Prototypenadapter PAD4, digital

Bietet Bauteil-Module, die vielfach in der Mikroprozessor-Peripherie Anwendung finden

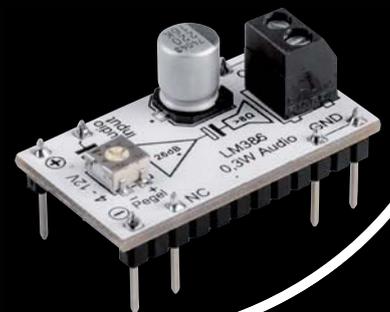
Alle Infos unter:



Prototypenadapter PAD7, Audio

Verschiedene Verstärkertypen, MEMS- und Elektret-Mikrofone, Stereo-Klinkenbuchse, Sound-Transducer und Prüflautsprecher

Alle Infos unter:



Unser gesamtes Sortiment an Prototypenadaptern, Experimentierboards und passendem Zubehör finden Sie im ELVshop unter Webcode #10325



Obere Reihe von links:
Manfred Gontjes, Torsten Boekhoff,
Dominik Gimplinger, Marco Fenbers
Mittlere Reihe von links:
Marcus Rull, Werner Müller, Andree Dannen
Untere Reihe von links:
Tim Janssen, Andreas Prast, Simeon Flachowsky

Dialog

Experten antworten

Sie suchen Beratung oder haben Fragen zu Ihrem ELV Projekt? Wir helfen Ihnen gerne!
Jeden Tag beantworten wir Hunderte von Fragen per E-Mail oder Telefon. Dieses Wissen stellen wir Ihnen im Internet zur Verfügung. Die wichtigsten Fragen zum Produkt finden Sie im ELVshop direkt beim Artikel.

Nützliche Tipps rund um Homematic IP

Wir zeigen Ihnen, wie sich bestimmte Aufgabenstellungen im Homematic IP System lösen lassen. Die beschriebenen Lösungsmöglichkeiten sollen insbesondere Homematic IP Einsteigern helfen, die Einsatz- und Programmiermöglichkeiten von Homematic IP optimaler nutzen zu können.

elv.com: Webcode #10020 im Suchfeld eingeben

Technische Fragen?

Sie erreichen uns Montag bis Freitag von 9:00 bis 18:00 Uhr.
Halten Sie bitte Ihre ELV Kundennummer (wenn vorhanden) bereit.

Tel.: 0491/6008-245

E-Mail: technik@elv.com



Frage

von Herrn Hüntler zur Rollladen-Zeitschaltuhr RZA200 (Artikel-Nr. 130329):

Das Verhalten der Rollladen-Zeitschaltuhr nach einem Spannungsausfall ist nicht vorhersehbar. Ich konnte feststellen, dass nach der Wiederkehr der Spannungsversorgung der Rollladen entweder herunter- oder hochgefahren wird. Nach meiner Meinung sollte die RZA200 nach Spannungsausfall keine Fahrbefehle ausführen.

Antwort

von ELV: Nach einer Spannungswiederkehr wird der letzte Zustand wiederhergestellt. Erreichte Schaltzeiten werden dabei berücksichtigt.

Beispiel: Hochfahren um 12:10 Uhr

1. Der Rollladen ist heruntergefahren und es tritt ein Spannungsausfall- und die Spannungswiederkehr vor 12:10 Uhr auf → Die RZA macht eine Fahrt nach unten.
2. Der Rollladen ist heruntergefahren und es tritt ein Spannungsausfall vor 12:10 Uhr auf. Die Spannungswiederkehr ist um oder nach 12:10 Uhr → Die RZA hat sich die ausstehende Fahrt nach oben gemerkt und führt sie nun aus.
3. Der Rollladen ist heraufgefahren und es tritt ein Spannungsausfall- und die Spannungswiederkehr nach 12:10 Uhr auf → Die RZA macht eine Fahrt nach oben. 



Ihr Kontakt zur ELVjournal-Redaktion

E-Mail
redaktion@elvjournal.com

ELV forum
de.elv.com/forum

 Facebook
facebook.com/elvelektronik

 Twitter
twitter.com/elvelektronik

 Youtube
youtube.com/elvelektronikde

Postadresse

ELV Elektronik AG
Redaktion ELVjournal
Maiburger Str. 29-36, 26789 Leer
Deutschland



Frage von Herrn Reckling zum Homematic IP Fußbodenheizungsaktor 12-fach, motorisch HmIP-FALMOT-C12 (Artikel-Nr. 153621):



Die Heizkreise des 12-fach-Fußbodenheizungsaktors sind über die CCU3 Zentrale mit den Homematic IP Wandthermostaten verknüpft, die in den einzelnen Räumen platziert sind. Die Heizungsregelung funktioniert. Ich konnte allerdings feststellen, dass bei einem Raum das Ventil nur zu 7,5 % geöffnet wird, obwohl die Solltemperatur noch lange nicht erreicht ist (Soll: 21 °C, Ist: 17 °C).

Antwort von ELV: Prüfen Sie bitte, ob in den Einstellungen des Fußbodenheizungsaktors der hydraulische Ventilabgleich aktiviert ist. Diese Einstellung bewirkt, dass sich alle Räume mit der gleichen Geschwindigkeit erwärmen. Wenn sich in Ihrem Fall ein Raum nur sehr langsam erwärmen kann (z. B. bedingt durch die Größe des Raumes), werden die anderen Räume (die sich bei höherer Ventilöffnung schneller erwärmen könnten) quasi „ausgebremst“ mit dem Ziel, dass sich alle Räume in der gleichen Zeitspanne aufwärmen. Deaktivieren Sie in Ihrem Fall den hydraulischen Ventilabgleich, sodass sich der betreffende Raum durch die dann größere Ventilöffnung schneller erwärmt. **ELV**

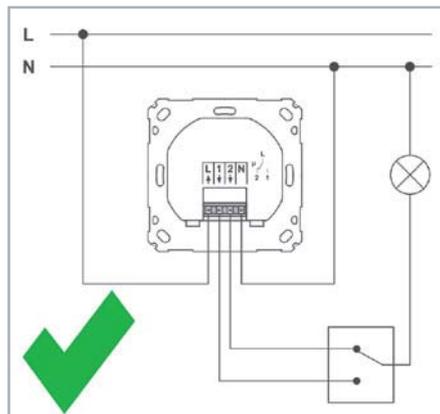
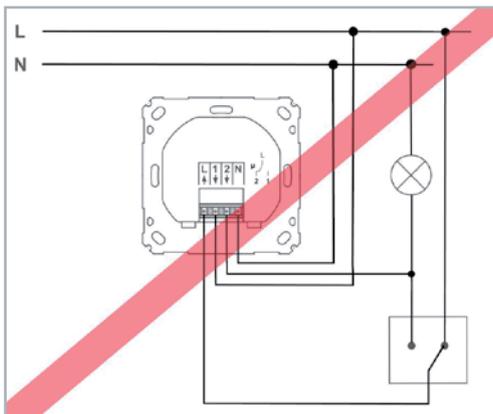
Name	Typenbezeichnung	Bild	Bezeichnung	Seriennummer	Interface	Firmware
Fußbodenaktor MOT HmIP-FALMOT-C12	HmIP-FALMOT-C12		Homematic IP Fußbodenheizungsaktor 12-fach, motorisch		HmIP-RF	Version: 1.4.6
Kanalparameter Parameterliste schließen						
Name	Kanal	Parameter				
Fußbodenaktor MOT HmIP-FALMOT-C12:0	Ch.: 0	Zyklische Statusmeldung	<input checked="" type="checkbox"/>			
		Anzahl der auszulassenden Statusmeldungen	<input type="text" value="1"/>	(0 - 255)		
		Anzahl der auszulassenden, unveränderten Statusmeldungen	<input type="text" value="20"/>	(0 - 255)		
		Reset per Gerätetaste sperren	<input type="checkbox"/>			
		Routing aktiv	<input checked="" type="checkbox"/>			
		Automatisches Umstellen von Sommer- auf Winterzeit	<input checked="" type="checkbox"/>	DST konfigurieren		
		Notbetrieb Kühlen	<input type="text" value="0.0"/>	= 100% (0.0 - 1.0)		
		Notbetrieb Heizen	<input type="text" value="0.1"/>	= 100% (0.0 - 1.0)		
		Frostschutzfunktion aktiv ab:	<input type="text" value="8.0"/>	°C (1.5 - 10.0)		
		Automatische Umschaltung von Stetig auf PWM (bei kleinen Ventilpositionen)	<input type="checkbox"/>			
Ventilposition Umschaltwert	<input type="text" value="Inaktiv"/>					
Hydraulischer Ventilabgleich	<input checked="" type="checkbox"/>					

Frage von Herrn Langenberg zum Homematic IP Schalt-Mess-Aktor für Markenschalter HmIP-BSM (Artikel-Nr. 142720):



Lässt sich der HmIP-BSM Schaltaktor auch in einer Spar-Wechselschaltung einsetzen?

Antwort von ELV: Nein. Beim Einsatz in einer Spar-Wechselschaltung ist es möglich, dass (je nach Schaltzustand des anderen Wechselschalters) die Versorgungsspannung für den HmIP-BSM Schaltaktor beim Schalten abgeschaltet wird, sodass der Kontakt des HmIP-BSM Schaltaktors kurz „anzieht“ und aufgrund des Abschaltens der Versorgungsspannung danach sofort wieder in den ursprünglichen Zustand zurückfällt. Infolgedessen würde dann die Leuchte in der Wechselschaltung kurz aus- und dann sofort wieder einschalten. Der Einsatz des HmIP-BSM Schalt-Mess-Aktors darf nur in einer Wechselschaltung erfolgen, die mit korrespondierenden Leitungen aufgebaut ist. **ELV**



Nutzen Sie auch das ELV Technik-Netzwerk, um sich mit anderen Technik-begeisterten über Ihre Anliegen auszutauschen.

de.elv.com/forum



Wohlfühl-Licht

Tannenzapfen-Lampe mit RGB-Leuchte



Der dänisch/norwegische Begriff „Hygge“ ist nicht zuletzt wegen der Covid-19-Pandemie ein fester Bestandteil von Lifestyle-Magazinen und Einrichtungsberatungen geworden. Hygge bedeutet „Behaglichkeit“, und ein ganz wesentlicher Teil dieser Philosophie ist es, eine gemütliche und herzliche Atmosphäre zu schaffen, in der Beleuchtung und Kerzen eine wesentliche Rolle spielen. Ziel dieses Leserwettbewerb-Projekts ist es, eine stylische Stehlampe in Form eines Tannenzapfens mit einer selbst-gemachten LED-Leuchte zu versehen, die verschiedenste Lichtstimmungen erzeugen kann.

Vielen Dank!



**siehe Seite 112*

Dr. Peter Tschulik

hat für seinen Beitrag zum Leserwettbewerb einen Gutscheincode* über 200,- Euro erhalten!

Zwei Varianten

Zum Einsatz kommen hier leicht erhältliche WS2812-Neopixel-Streifen. Das Projekt ist eine spannende Verbindung von Hard- und Software, Webdesign, 3D-Druck und Programmierung und kann in zwei Varianten umgesetzt werden, die im Folgenden beschrieben werden:

Variante 1: Steuerung durch den ELV Bausatz Lichtorgel LED-WS2812 [1]

Variante 2: Steuerung durch einen eigenen ESP32 [2] mit umfangreichen und komfortablen Konfigurationsmöglichkeiten über einen eigenen WLAN Access Point

Am Anfang steht der 3D-Druck: Zuerst einmal drucke ich die vier Teile der Tannenzapfen-Lampe nach dem Download von Thingiverse [3] mit der Bezeichnung

PineCone_Lamp-cap
PineCone_Lamp-base
PineCone_Lamp-middle
PineCone_Lamp-top

aus, was mehrere Stunden dauert. Als Filament verwende ich PLA von Renkforce in der Farbe „Natural“, mit dem ich gute Erfahrungen ge-

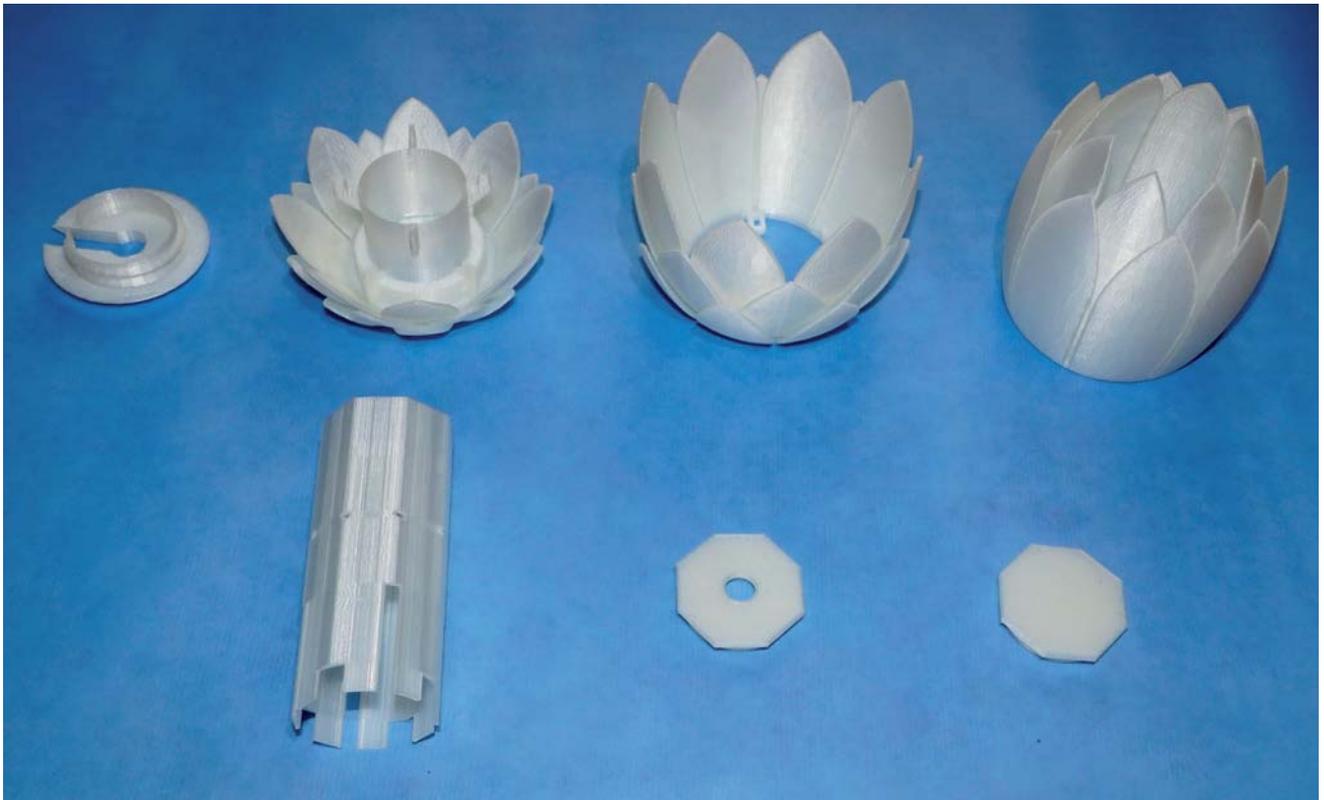


Bild 1: Die sieben per 3D-Druck erstellten Teile für die Leuchte

macht habe. Als Druckparameter wähle ich einen Infill von 50 %, Supports und ein Raft zur besseren Haftung auf dem Druckbett.

Die RGB-Leuchte habe ich mit dem Open-Source-Programm OpenSCAD entwickelt [4, 5], mit dem auch komplexe Formen schnell und einfach entworfen werden können. Die Originaldateien können unter [6] heruntergeladen und nach Bedarf angepasst werden.

Der Hauptteil trägt den Namen „Neopixel bulb Main“ und wird mit den Seitenschlitzen nach oben mit einem Infill von 60 %, Supports und einem Raft ausgedruckt. Mit dem gleichen Parameter drucke ich wahlweise „Neopixel bulb Top 1“ für Variante 1 für die Steuerung mittels der ELV Lichtorgel oder „Neopixel bulb Top 2“ für Variante 2 für die Steuerung durch den ESP32 aus. Letzterer verfügt über eine Bohrung für einen Ein-/Aus-Taster. Bild 1 zeigt alle sieben gedruckten Teile.

Damit ist der zeitintensivste Teil abgeschlossen!

Zusammenbau der RGB-Leuchte

Für die RGB-Leuchte schneide ich acht Stücke zu je sieben LEDs von einem WS2812-Strip mit 60 LEDs pro Meter ab. Als Nächstes konfektioniere ich acht rote und acht schwarze Kabel aus 0,14-mm²-Schaltlitze mit einer Länge von ca. 9 cm. Die eine Seite wird auf 2–3 mm abisoliert und verzinnt, die andere Seite auf 8–10 mm abisoliert und nicht verzinnt.

Weitere sieben Kabel einer anderen Farbe (hier gelb) mit einer Länge von 3 cm werden zugeschnitten, auf beiden Seiten auf einer Länge von 3–4 mm abisoliert und verzinnt. Ein letztes Kabel der gleichen Farbe mit einer Länge von 19 cm wird zugeschnitten, auf beiden Seiten auf einer Länge von 2–3 mm abisoliert und verzinnt. Bild 2 zeigt die acht WS2812-Streifen und jeweils eines der unterschiedlichen Kabel.

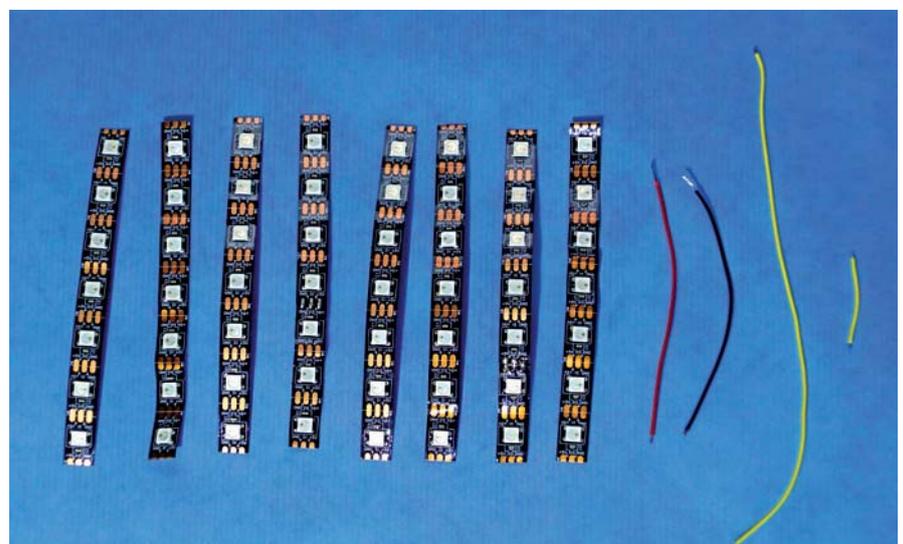


Bild 2: Die vorkonfektionierten LED-Streifen und Kabel

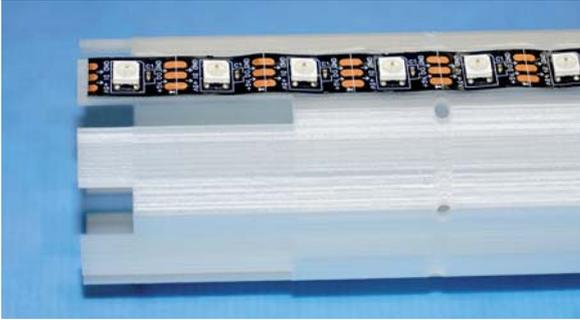


Bild 3: Der erste Streifen ist verklebt.

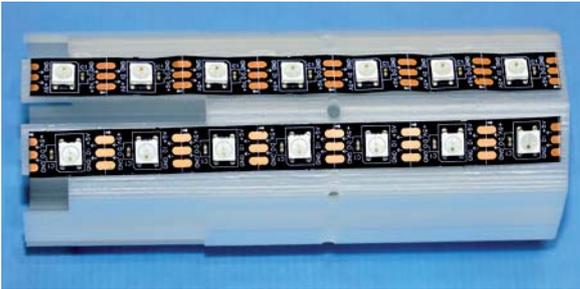


Bild 4: Position des zweiten Streifens

Ab nun ist Konzentration gefragt. Der erste Streifen wird genau wie im [Bild 3](#) gezeigt zwischen einem länglichen und einem kurzen Schlitz montiert – mit dem DI-Pin in Richtung der Schlitz (Unterseite). Da das Doppelklebeband auf dem PLA-Material nicht nachhaltig haftet, verwende ich zusätzlich einen transparenten Kraftkleber.

Beim nächsten Streifen, der von der geschlitzten Seite aus im Uhrzeigersinn angebracht wird, muss darauf geachtet werden, dass der DI-Eingang des nächsten Streifens neben dem DO-Ausgang des ersten Streifens zu liegen kommt (Mäanderform) ([Bild 4](#)).

Im Anschluss werden nach dem gleichen Prinzip die restlichen Streifen verklebt.

Danach wird der LötKolben angeheizt, um mit der Verkabelung zu beginnen: Ausgehend vom ersten Streifen wird der DO-Ausgang mit den kurzen Kabelstücken mit dem DI-Eingang des zweiten Streifens verbunden. Dies wiederholt sich bis zum letzten Streifen, wo der DO-Ausgang unbeschaltet bleibt. Dabei ist genau darauf zu achten, keine Kurzschlüsse durch Lötbrücken zu produzieren, die einzelne LEDs später zerstören könnten.

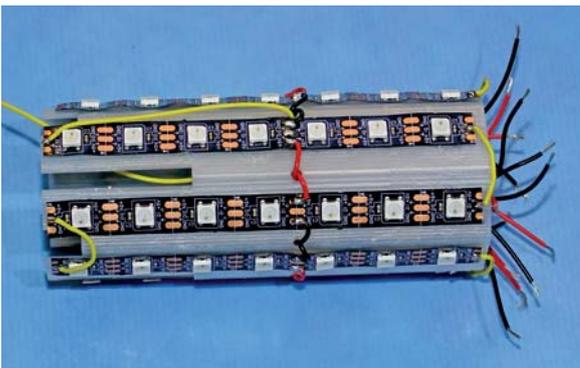


Bild 5: Verkabelung von DI/DO und Spannungsversorgung an den Streifen

Anschließend werden je nach der Polarität abwechselnd zwei rote und zwei schwarze Drähte durch die mittleren Bohrungen geführt und auf die Oberseite der Lampe (jene ohne die Schlitz) gezogen und danach mit den korrekten Versorgungspins neben den Löchern an den Strips verlötet. Das verbleibende lange Kabel wird an den DI-Pin des ersten Strips gelötet und durch eine Mittelbohrung nach unten gefädelt. Dabei ist wieder darauf zu achten, keine Kurzschlüsse durch Lötbrücken zu produzieren. [Bild 5](#) zeigt den abgeschlossenen Schritt.

Nun werden jeweils vier rote und vier schwarze Adern miteinander verdreht und verlötet ([Bild 6](#)). Falls Variante 2 mit dem ESP32 aufgebaut werden soll, ist darauf zu achten, dass die jeweils zusammengefassten Drähte sich nicht mit den Führungsschienen im Inneren der RGB-Leuchte überlappen. Kabelbinder sorgen für zusätzliche Ordnung.

Zwei rote und zwei schwarze, ca. 14 cm lange Kabel werden an die vier Enden angelötet und danach die Lötstellen mit einem Schrumpfschlauch isoliert. Schlussendlich werden die vier Kabel durch den Lampenkörper nach unten durchgefädelt und alle Nahtstellen im Hohlraum der Lampe verstaut.

Nun beginnt der Zusammenbau der Lampe. Zuerst einmal wird der Mittelteil auf das Unterteil aufgesetzt und verklebt. Danach wird die RGB-Leuchte auf den unteren Teil aufgesetzt, und die Kabel werden durch den Hohlraum geführt.

Achtung: Die RGB-Leuchte erst nach dem Funktionstest verkleben, Oberteil noch nicht aufsetzen und unteren Schraubteil noch nicht montieren!

Fertigstellung für Variante 1 – Steuerung durch den ELV Bausatz Lichtorgel LED-WS2812

Bei dieser Variante gilt es nur mehr, den Anschluss zur Lichtorgel herzustellen. Ich verwende dazu den Originalsteckverbinder der LED-Streifen, der verpolungssicher ausgeführt ist. Die beiden roten Kabel werden untereinander verbunden, ebenso die beiden weißen Kabel mit den schwarzen und das mittlere, grüne Kabel mit dem DI-Eingang. [Bild 7](#) zeigt die endgültige Verdrahtung.

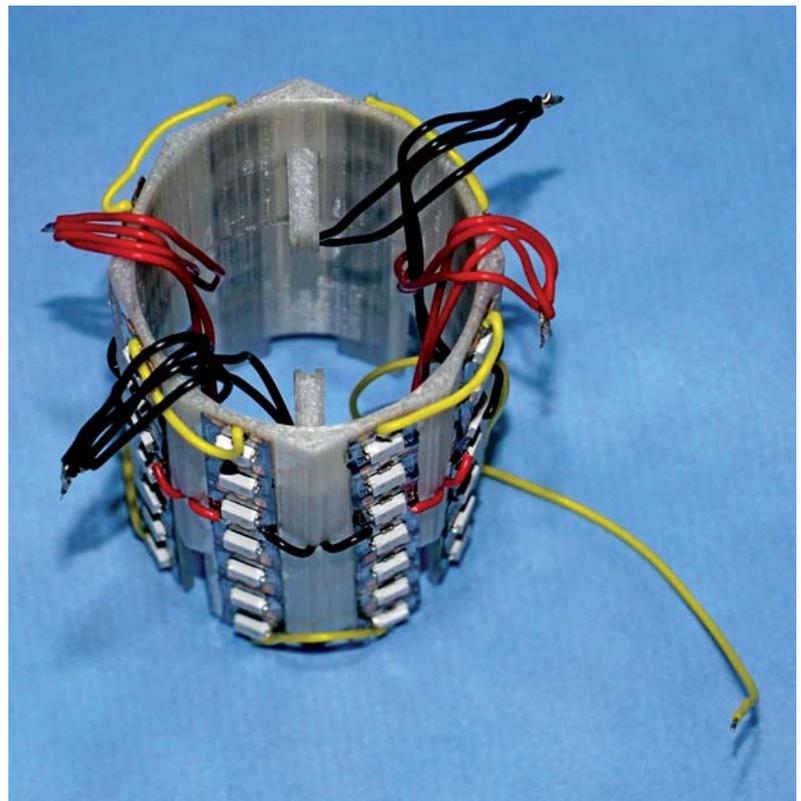


Bild 6: Fertigstellen der Verkabelung im Inneren

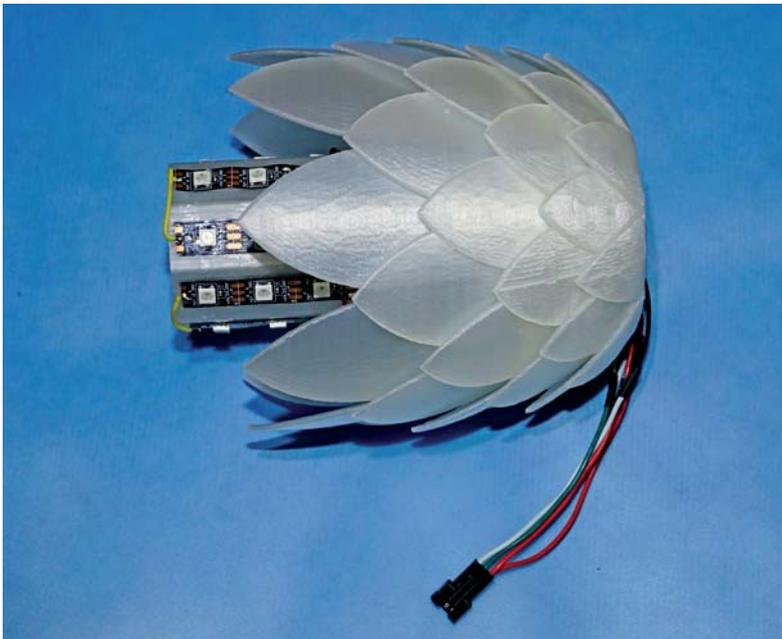


Bild 7: Verdrahtung für Variante 1

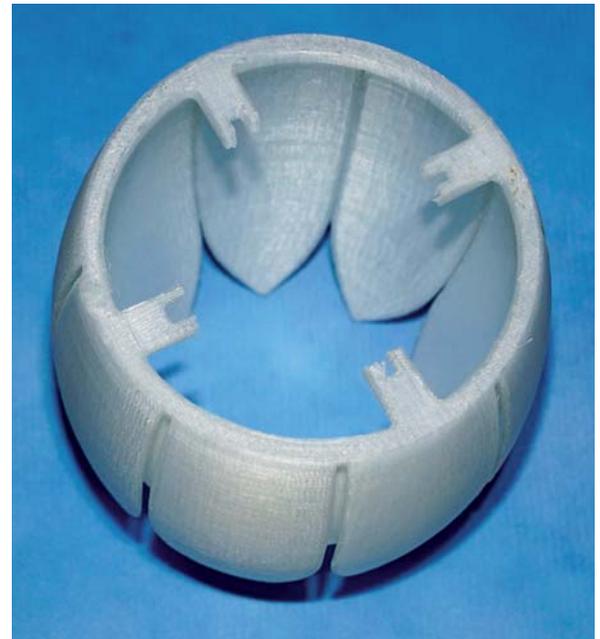


Bild 8: Vorbereitung des Oberteils

Nach einem Funktionstest werden die Kabel im Lampenkörper verstaut, der Schraubteil wird befestigt und der Stecker kann in der Aussparung an der Unterseite mit Heißkleber befestigt werden. Der Gegenstecker wird wie in der Anleitung zum ELV Bausatz Lichtorgel LED-WS2812 [1] beschrieben angeschlossen. Danach wird die Lichtorgel mit Strom versorgt. Der maximale Strom der RGB-Leuchte beträgt $56 \times 60 \text{ mA} = 3,36 \text{ A}$.

Wie in der Anleitung beschrieben wird die Taste „Ein/Aus“ für mindestens 3 s gedrückt, damit man in das Set-up-Menü gelangt. Im Menüpunkt 1 wird die Anzahl der angeschlossenen LEDs mit der Hinauf- und Hinuntertaste auf 56 eingestellt. Im Menüpunkt 2 wird die Option 3 „90° gedreht + Mäander“ ausgewählt, im Menüpunkt 3 wird für die Anzahl der Spalten „8“ eingetragen.

Funktioniert alles, wird die Kappe (Variante ohne Loch) auf die Oberseite der RGB-Leuchte aufgesetzt und gegebenenfalls verklebt. Ebenso wird die RGB-Leuchte mit dem Unterteil verklebt.

Das Oberteil der Lampe muss noch etwas modifiziert werden: Die vier Schnappnasen müssen wie in Bild 8 gezeigt mit einer Minirennscheibe oder einem scharfen Messer gekürzt werden. Dann wird auch das Oberteil vorsichtig über die RGB-Leuchte geschoben und verklebt.

Fertigstellung Variante 2 – Steuerung durch einen ESP32

Ich beginne mit der Montage des Ein-/Aus-Tasters [7]. Dieser wird mittels der beiliegenden Mutter verschraubt, und jeweils ein schwarzer und ein z. B. grüner Draht mit ca. 14 cm Länge werden angelötet und isoliert (Bild 9).

Danach folgt die Verdrahtung des ESP32-Pico-Kits, die von der Unterseite der Lampe aus erfolgt.

Der grüne Draht für den Taster wird auf IO15 (entsprechend GPIO13) angelötet. Der schwarze Draht kommt an einen GND-Pin des ESP32-Pico-Kits. Der DI-Pin wird über einen 150-Ω-Widerstand an IO2 (entsprechend GPIO 12) angelötet. Der 150-Ω-Widerstand dient als Schutz, wenn nur das ESP32-Pico-Kit ohne die WS2812-LEDs versorgt wird.

Die Anschlussbeine werden ein wenig nach innen gebogen, um den ESP32 später leichter ins Gehäuse zu schieben.

Für den Anschluss des ESP32-Pico-Kits schneide ich ca. 10 cm von einem passenden USB-Kabel ab. Die Versorgungsadern löte ich gemeinsam mit den zwei roten und zwei schwarzen Versorgungsleitungen der WS2812-LEDs an einen USB-Anschlussadapter an. Dies dient dazu, das ESP32-Pico-Kit ohne angeschlossene Last der LEDs (> 3 A) vom PC aus programmieren zu können.

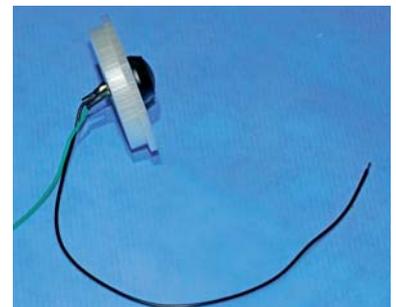


Bild 9: Vormontage des Ein-/Aus-Tasters

Bild 10 zeigt die Verdrahtung vor dem Einbau, wobei der Schumpfschlauch noch nicht über den Widerstand gezogen ist. Da mich die rote Power-Led am ESP32 stört, die immer leuchtet, sobald die Schaltung mit Strom versorgt wird, habe ich diese vor dem Einbau ausgelötet.

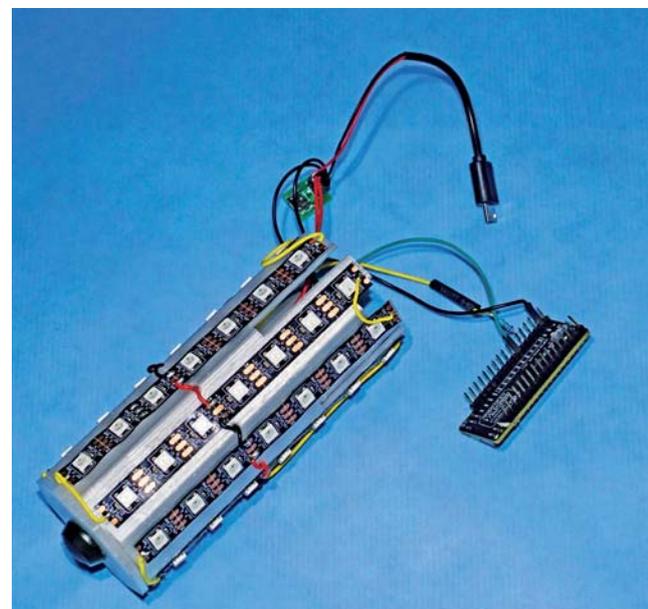


Bild 10: Verdrahtung vor dem Einbau

Software

Vor dem Einbau der Komponenten erfolgt noch das Aufspielen der Software [6]. Diese wurde in der Arduino IDE erstellt. Eine genaue Beschreibung der umfangreichen Software würde diesen Artikel sprengen, allerdings ist die Software ausführlich dokumentiert und in folgende Blöcke geteilt: „Tannenzapfenlampe.ino“ enthält neben den Definitionen die Setup- und Main-Routine. „Basis.ino“ enthält Basisroutinen wie beispielsweise das Ein- und Ausschalten über den Taster, die Erstinitialisierung des Flash-Speichers, das Einlesen des Init.txt-Files, die Anzeige des Flash-Inhalts im Debugging-Modus sowie die Neopixel-Routinen, die in einem eigenen Task auf einem Core laufen. „Led.ino“ enthält die einzelnen LED-Programme wie beispielsweise statische Farben, Programme, das Auslesen und Beschreiben von fünf Speichern sowie eine Testroutine, die weiter unten bei der Bedienung beschrieben ist. „Web.ino“ schließlich beinhaltet die Behandlung und den Aufruf der einzelnen Webseiten, die über die Bibliothek „ESP Async Web Server“ erfolgt.

Folgende Vorbereitungsarbeiten sind vor dem Übertragen der Software notwendig:

- Drei Libraries „ESP Async Web Server“, „Async TCP“ und „Fastled“ müssen installiert werden. Die Links zu den Libraries finden sich in Zeile 14–16 von „Tannenzapfenlampe.ino“.
- In Zeile 205 kann der Befehl „#define _DEBUG_“ durch Entfernung der beiden // am Beginn der Zeile aktiviert werden. Dann werden viele zusätzliche Informationen über den Serial-Monitor der Arduino IDE mit 115.200 Baud ausgegeben. Das ist sehr hilfreich, wenn etwas nicht funktioniert oder der Code erweitert bzw. geändert werden soll.



Bild 11: USB-Anschluss an der Unterseite

Bevor jedoch der Code auf den ESP32 übertragen wird, müssen noch die Daten in Unterverzeichnis „data“ angepasst und übertragen werden. Die Datei „Init.txt“ enthält die vier Konfigurationsparameter. In der ersten Zeile (Default: NEOPIXEL_BULB“) wird der Namen des WLAN-Netztes angegeben, das von der Tannenzapfen-Lampe aufgespannt wird. Die zweite Zeile gibt das Passwort an (Default: Default), das eingegeben werden muss, um sich mit dem WLAN der Tannenzapfen-Lampe zu verbinden. In der dritten Zeile wird die IP-Adresse (Default: 192.168.122.1) angegeben, unter der die Tannenzapfen-Lampe erreichbar ist. In der vierten und letzten Zeile wird die Subnet-Maske (Default: 255.255.255.0) angegeben. Die einzelnen Zeilen sind mit einem CRLF (Enter) geteilt, nach der letzten Zeile darf kein Zeilenumbruch mehr stehen! Im Unterverzeichnis „data“ sind die Styledatei „Style.css“ und die fünf Webseiten abgelegt. Bei Bedarf können auch diese geändert werden.

Übertragung der Daten und des Programms

Nun geht es endlich darum, die Daten und das Programm zu übertragen. Das ESP32-Pico-Kit wird mit dem PC direkt (also ohne Versorgung der WS2812-LEDs) verbunden. In der Arduino IDE muss sowohl die ESP32-Erweiterung als auch der ESP32-Sketch-Data-Uploader (siehe Link in Tannenzapfen.ino Zeile 20–22) installiert sein.

Als Board wird das ESP-Pico-Kit ausgewählt, danach die korrekte Schnittstelle. Zuerst werden die Daten unter Tools → ESP32 Sketch Data Upload übertragen und dann der Sketch mittels Sketch → Upload. Hat das funktioniert, so geht es an einen ersten Funktionstest.

Der ESP32 wird über das USB-Kabel an den USB-Kabeladapter angeschlossen und die gesamte Schaltung mit einem genügend starken USB-5-V-Schaltenteil versorgt. Alle LEDs sollten kurz weiß aufleuchten und dann dunkel werden. Mit dem Taster wird die Lampe ein- und ausgeschaltet.

Hat der Schalttest funktioniert, wird die Schaltung in der RGB-Leuchte verstaut: Das ESP32-Pico-Kit wird in die Halterung in der Birne eingeschoben und eventuell verklebt, wobei das Abnehmen des Tasteroberteils beim Einsetzen hilfreich ist. Eine lange Spitzzange leistet gute Dienste. Den USB-Kabeladapter habe ich in die halbkreisförmige Aussparung an der Unterseite mit Heißkleber befestigt. Nachdem alle Kabel verstaut sind, wird das USB-Kabel an den ESP32 angeschlossen. Filzgleiter an der Unterseite verhindern Kratzspuren an Möbelstücken. Bild 11 zeigt die fertig montierte Tannenzapfen-Lampe.

Steuerung der Lampe

Kommen wir zur Beschreibung der umfangreichen Steuerungsfunktionen über eine Web-Oberfläche. Um diese zu nutzen, muss man sich nach dem Einschalten der Lampe zuerst einmal mit dem WLAN (Default NEOPIXEL_BULB) verbinden und das Passwort (Default: Default) eingeben. Bei manchen mobilen Endgeräten wie Smartphones muss man die mobile Datenverbindung abschalten, um auf die Lampe zugreifen zu kön-

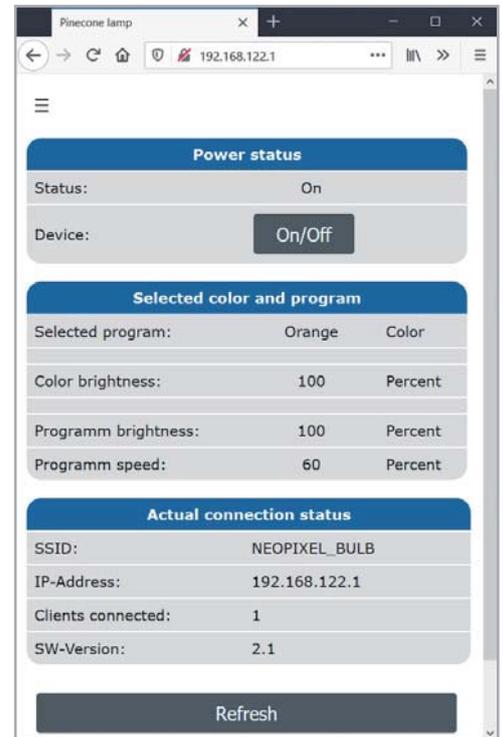
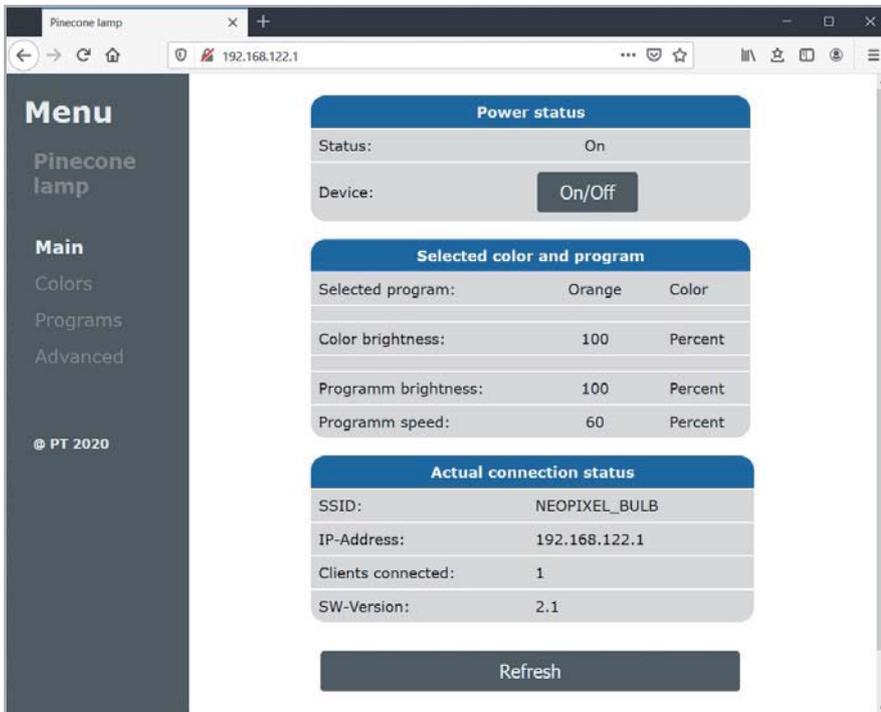


Bild 12: Darstellung der Hauptseite – links auf einem Tablet/Laptop, rechts auf einem Mobiltelefon

nen. In einem Browser gibt man die IP-Adresse der Lampe ein (Default: 192.168.122.1), und schon sollte die Hauptseite der Lampe angezeigt werden. Links im Bild 12 die Variante für größere Geräte wie Laptops und rechts die Variante für kleinere Geräte wie Mobiltelefone.

In Bild 12 sieht man das Hauptmenü, das entweder permanent angezeigt wird (Tablet/Laptop) oder sich ausklappen lässt (Mobiltelefon). Im Menü „Colors“ können festgelegte Farben eingestellt werden, im Menü „Programs“ Animationen und im Menü „Advanced“ können fünf Speicherplätze abgerufen oder programmiert werden bzw. beliebige Farben eingestellt werden.

Doch zurück zum Menü „Main“. Ganz oben wird der aktuelle Einschaltstatus angezeigt, und mit der Taste darunter kann die Lampe ein- bzw. ausgeschaltet werden. Im nächsten Abschnitt werden die aktuell eingestellten Werte angezeigt, in diesem Fall ist die Farbe Orange mit voller Helligkeit ausgewählt. Für die Programme ist auch eine volle Helligkeit gespeichert sowie eine Ablaufgeschwindigkeit von 60 Prozent. Der untere Abschnitt zeigt die aktuellen Verbindungsparameter an, den WLAN-Namen, die IP-Adresse, die Anzahl der verbundenen Clients sowie die SW-Version. Wichtig ist zu wissen, dass Parameter im Flash jeweils beim

Ausschalten der Lampe permanent gespeichert werden und daher beim neuerlichen Einschalten die letzte Einstellung wiederhergestellt wird.

Gehen wir zum Menü „Colors“ (Bild 13). Im Drop-down-Menü „Color“ können die Farben Kaltweiß, Warmweiß, Gelb, Orange, Rot, Dunkelviolet, Violett, Hellviolett, Dunkelblau, Blau, Cyan, Hellgrün und Grün ausgewählt werden. Im Drop-down-Menü „Color brightness“ kann die Helligkeit zwischen 10 % und 100 % in einigen Schritten eingestellt werden. Der Button „Save“ wendet die neue Einstellung an.

Noch Interessanteres findet sich im Menüpunkt „Programs“ (Bild 14). In diesem können fünf verschiedene Farbwechselprogramme, ein Programm namens „Steps“ mit an- und abschwellenden Stufen, zwei verschiedene Programme mit Blinkeffekten, eine Kamin-simulation sowie ein Unwetterprogramm ausgewählt werden. Im Drop-down-Menü „Programm brightness“ kann die Helligkeit in vier Stufen gedimmt werden.

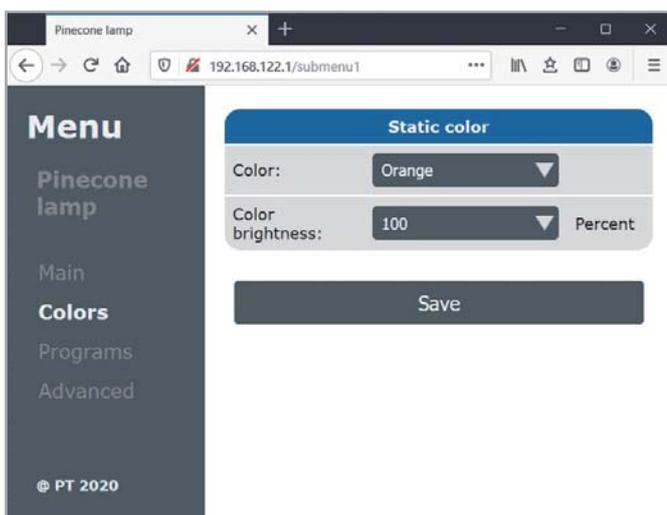


Bild 13: Einstellung der Farben

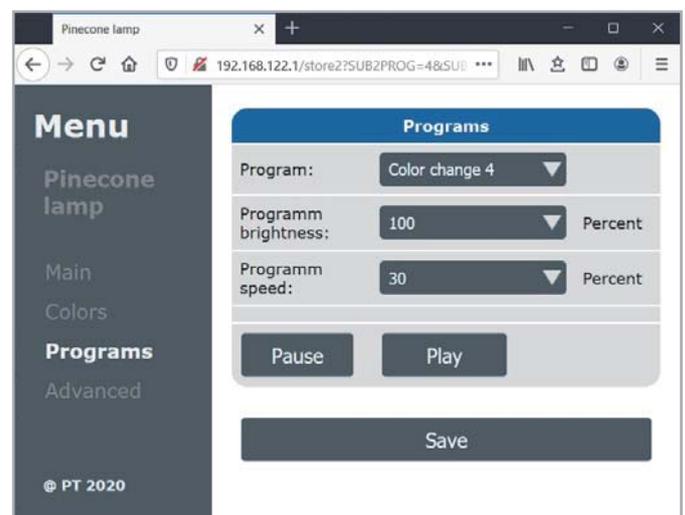


Bild 14: Einstellung von Farbwechseln



Bild 15: Maximale Flexibilität im Menü „Advanced“

Im Drop-down-Menü „Program speed“ kann die Geschwindigkeit des Programms in 10 Stufen eingestellt werden. Der Button „Pause“ hält das Programm an der aktuellen Position an, „Play“ setzt es an der aktuellen Position fort. Der Button „Save“ wendet die neue Einstellung an.

Die maximale Flexibilität bietet der letzte Menüpunkt „Advanced“ (Bild 15).

Im Abschnitt „Storage position“ kann eine von fünf Speicherpositionen ausgewählt und mit dem Button „Save“ angewendet werden.

Im Abschnitt „Color control“ kann jede beliebige Farbe erzeugt und gedimmt und mit dem Druck auf die Taste „Test value“ ausprobiert werden. Dieser Modus funktioniert nicht, solange ein Programm ausgeführt wird.

Im Abschnitt „Storage 1–5“ können fünf Speicher mit „Read 1“ bis „Read 5“ ausgelesen und im Abschnitt „Color control“ angezeigt werden. Mit „Write 1“ bis „Write 5“ werden die Einstellungen, die gerade in „Color control“ angezeigt werden, in den jeweiligen Speicher übernommen.

- Beispiel 1:

Speicherposition 2 mit neuer Farbe belegen: Zuerst unter „Color control“ die Farbanteile Rot, Grün und Blau auswählen, ebenso die Helligkeit und mit „Test value“ testen. Wenn die Farbauswahl gefällt, kann man die Schaltfläche „Write 2“ betätigen.

- Beispiel 2:

Speicherposition 3 ändern: Zuerst mit „Read 3“ den Speicherplatz abrufen und anzeigen, dann unter „Color control“ die Farben bzw. Helligkeit ändern und dann mit „Write 3“ abspeichern.

Die Schaltfläche „Restore standard“ setzt alle fünf Speicherplätze auf die im Programm hinterlegten Standardwerte zurück. Eine entsprechende Sicherheitsabfrage ist eingebaut.

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

ELV



Weitere Infos:

[1] ELV Bausatz Lichtorgel LED-WS2812: Artikel-Nr. 151851

[2] ESP32 Pico Kit: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/get-started-pico-kit.html#get-started-pico-kit-v4-board-front>

[3] Tannenzapfen-Lampe auf Thingiverse: <https://www.thingiverse.com/thing:3322642>

[4] OpenSCAD: <https://www.openscad.org/>

[5] ELVjournal 6/2019 – Von der Idee zum Objekt – Einstieg in das Computer-Aided Design (CAD), Teil 3: Artikel-Nr. 251078

[6] Download der Projekt-Dateien: Artikel-Nr. 252169

[7] Tastertyp: <https://www.segor.de/#Q=GQ12IP65-sw&M=1>

Alle Links finden Sie auch online unter: de.elv.com/elvjournal-links

Ihr Feedback zählt!

Das ELVjournal steht seit mehr als 40 Jahren für selbst entwickelte, qualitativ hochwertige Bausätze und Hintergrundartikel zu verschiedenen Technik-Themen. Aus den Elektronik-Entwicklungen des ELVjournals sind auch viele Geräte aus dem Smart Home Bereich hervorgegangen.

Wir möchten uns für Sie, liebe Leser, ständig weiterentwickeln und benötigen daher Ihre Rückmeldung: Was gefällt Ihnen besonders gut am ELVjournal? Welche Themen lesen Sie gerne? Welche Wünsche bezüglich Bausätzen und Technik-Wissen haben Sie? Was können wir in Zukunft für Sie besser machen?

Senden Sie Ihr Feedback per E-Mail an: redaktion@elvjournal.com

oder per Post an: ELV Elektronik AG, Redaktion ELVjournal, Maiburger Str. 29–36, 26789 Leer, Deutschland

Vorab schon einmal vielen Dank vom Team des ELVjournals.





Kleines ganz groß

Digitales Mikroskop dnt UltraZoom PRO

Ein Mikroskop ist nicht nur am Arbeitsplatz eines Biologen, Materialprüfers, Feinmechanikers, Laboranten oder in Ausbildung und Forschung ein unentbehrliches Arbeitsgerät. Vor allem seit dem Aufkommen digitaler Mikroskope und der Notwendigkeit, mit immer kleineren Bauteilen umgehen zu müssen, haben auch Hobby-Elektroniker diese wertvolle Arbeitshilfe entdeckt. Wir stellen ein aus der Vielzahl an Angeboten herausragendes Digitalmikroskop vor, das dnt UltraZoom PRO.



Technische Daten

Vergrößerungsfaktor:	10- bis 300-fach, mit Digitalzoom bis 1200-fach
Fokussierung:	5 bis 70 mm
Display:	12,7 cm, IPS, 960 x 450 Pixel
Aufnahmemedium:	microSD-Speicherkarte
Aufnahmeformat:	Video: MP4; Einzelbild: JPEG
Aufnahmeauflösungen Video:	FullHD: 1920 x 1080, HD: 1280 x 720
Aufnahmeauflösungen Einzelbild:	12/10/8/5/3/2 Megapixel
Selbstausröser Einzelbilder:	2/5/10 s
Cliplängen Video:	endlos, 1/3/5/10 Minuten
Ausgänge:	FBAS (3,5-mm-Klinkenbuchse), HDMI, Mini-USB (PC)
Weitere Funktionen:	Durchlicht/Auflicht, dimmbar; Polarizer
Spannungsversorgung:	interner Akku, Li-Ion, 3,7 V, nicht wechselbar

Komfortabel

Digitale Mikroskope gibt es in großer Vielzahl, vom einfachen Handheld-USB-Mikroskop bis hin zum komfortablen Standgerät mit leistungsstarker Optik, ebenso leistungsstarker Kameratechnik, extrem hoher Bildauflösung und umfangreicher PC-Auswertungssoftware.

Das dnt UltraZoom PRO kann mit Fug und Recht als Alleskönner unter diesen Geräten bezeichnet werden, das seinen Preis mehr als rechtfertigt.

Beginnen wir bei den mechanischen Qualitäten. Gerade diese machen neben leistungsstarker Optik bereits auf den ersten Blick einen Unterschied zu deutlich preiswerteren Geräten aus.

Das UltraZoom PRO steht auf einem großen und stabilen Mikroskopständer mit integrierter Objektplattform und robustem, leicht höhenverstellbarem Geräteträger. Hier fallen als besondere Ausstattung die beweglichen, in der Federspannung einstellbaren Objekthalter sowie die Durchlichtfläche auf. Das in der Helligkeit einstellbare Durchlicht ist eine sehr nützliche Option, um Konturen, wie z. B. im Blatt im Titelbild zu sehen, besser sichtbar zu machen. Auch solche Details wie die ebenfalls im Titelbild abgebildete RFID-Antenne der Kreditkarte sind mit Durchlicht überhaupt erst so detailscharf auswertbar.

Eine standfeste Basis ist wichtig, um in Ruhe mit nachvollziehbarem Ergebnis arbeiten zu können. Preiswerte Geräte verfügen oft nur über einen leichten Standfuß mit Saugbefestigung (Bild 1), der, wenn er zu leicht ist, den ungünstigen Hebelverhältnissen nicht lange standhält – das Mikroskop fällt einfach um, im Zweifelsfall genau auf die Lötcolbenspitze.

Der große Fuß des UltraZoom PRO beherbergt auch den Lithium-Akku, der über einen eigenen USB-Port mit Ladeanzeige nachgeladen wird. So ist das Gerät



Bild 1: Ein einfacher Saugfußhalter hält das Gerät nicht lange, zudem bietet die leichte Konstruktion keine stabilen Ergebnisse.

bei Bedarf völlig autark und ortsunabhängig nutzbar. Neben dem Durchlicht verfügt das UltraZoom PRO über ein leistungsstarkes, ebenfalls in der Helligkeit einstellbares Auflicht. Ein stufenlos verstellbarer Polarizer hilft, störende Lichtreflexe des Auflichts auszublenken, sodass man ein homogen ausgeleuchtetes Beobachtungsfeld erhält. Im Zusammenspiel mit der Durchlichtfunktion resultiert daraus eine nahezu perfekte Objektausleuchtung. So hat man die Möglichkeit, bestimmte Details im Bild durch geschickte Ausleuchtung mittels Abstimmung der beiden Leuchten und des Polarizers gezielt hervorzuheben.

Hochauflösend

Die integrierte Kamera erlaubt eine Bildausgabe in Full-HD für Videos und von bis 12 Megapixel Auflösung für Einzelbilder. Noch wichtiger ist jedoch die Qualität der Optik, die auf hohem Niveau liegt. Die optische Auflösung beträgt, je nach eingestellter Vergrößerungsstufe (3 Stufen: Gering, Mittel, Hoch, siehe Bild 2), zwischen 10-fach und 300-fach.

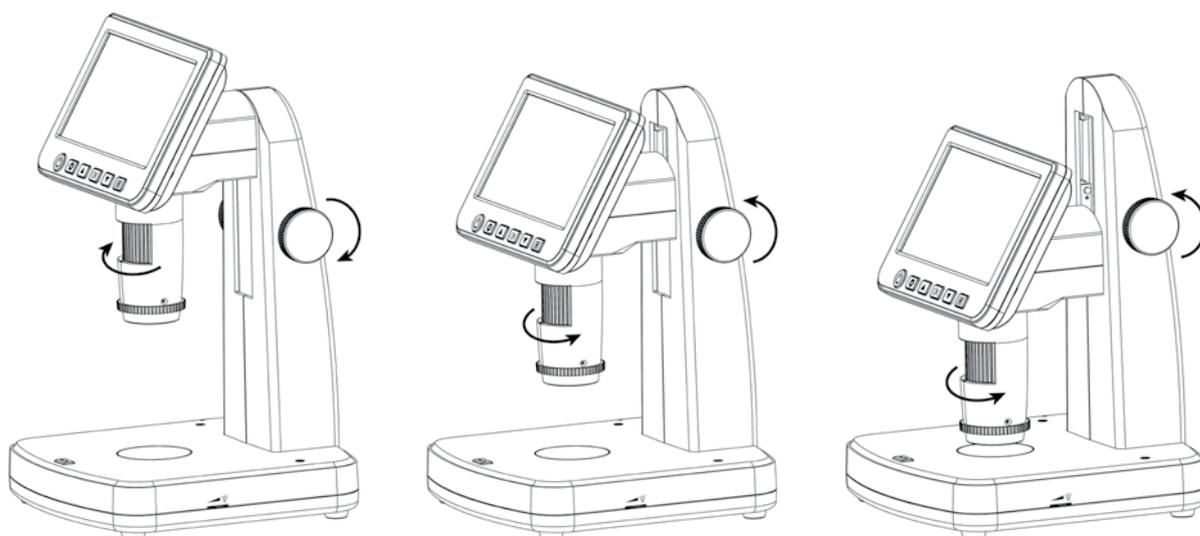
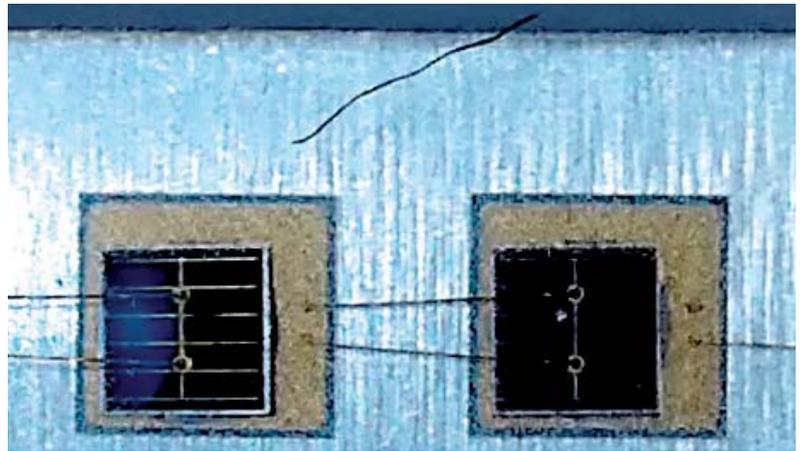


Bild 2: Neben den drei Grund-Vergrößerungsstufen von 10-fach bis 300-fach bietet das Gerät auch einen starken Digitalzoom. Das Beispiel ganz rechts entstand unter Teil-Einsatz des Digitalzooms.



Bild 3: Anschlussvielfalt: Zusätzlich zur PC-USB-Verbindung bietet das Mikroskop FBAS- und HDMI-Ausgänge. Hier ist auch der microSD-Kartenslot zu sehen.

Bild 4: Das Mikroskop ist mit seiner starken Verbindung von Optik, Kamera und Bildauswertung durchaus für viele Aufgaben auch im professionellen Bereich einsetzbar.



Die Fokussierung erfolgt bequem am Okular. Bereits der integrierte 5-Zoll-Bildschirm erlaubt hier eine sehr feine Einstellung, noch besser ist die Wiedergabequalität, wenn man einen PC oder einen HDMI-Bildschirm anschließt. Für beide Ausgabearten und für die Ausgabe von FBAS-Signalen bietet das Mikroskop zusätzliche Ausgänge (Bild 3). Hier findet sich auch der Slot für eine microSD-Speicherkarte, die aufgenommene Einzelbilder und Videosequenzen speichert.

Die Aufnahme erfolgt, je nach Voreinstellung im intuitiv bedienbaren Bildschirmmenü, als Video oder Einzelbild mit der in der stabilen Basis eingebauten Aufnahmetaste – sehr praktisch, so kann die Aufnahme nicht verwackeln. Noch sicherer vor jedem Verwackeln der Aufnahme ist der Einsatz der im Menü einstellbaren Selbstauslöserfunktion.

Zum automatischen Aufnehmen von Videosequenzen ist deren Länge einstellbar – nach Ablauf stoppt die Aufnahme automatisch. Selbstverständlich sind auch alle Aufnahmen mit einem Zeit-/Datumsstempel möglich. Benötigt man eine noch höhere Auflösung, hilft die Zoom-Taste. Sie erlaubt einen Digitalzoom auf eine bis zu 1200-fache Vergrößerung. Der Digitalzoom ist hier eine starke Bereicherung, er macht selbst feinste Details sichtbar, wie das im LED-Chip eingeschlossene Haar in Bild 4 zeigt.

Auswerten

Im Lieferumfang befindet sich auf einer CD-ROM die in ähnlicher Form für Digitalmikroskope bekannte Auswertesoftware „PortableCapture Plus“, die speziell auf die Eigenschaften des dnt UltraZoom PRO angepasst wurde. Sie steht für Windows- und Mac-OS-Computer zur Verfügung. Die

Software erlaubt mit der mitgelieferten Kalibrierhilfe ein genaues Kalibrieren der Bildwiedergabe, um auch exakte Messungen in den erzeugten Bildern ausführen zu können.

Ein integrierter Editor (Bild 5) erlaubt das Messen von Strecken, Flächen und Winkeln im Bild, ebenso ist das Beschriften, Markieren, sogar Freihandzeichnen möglich. So können die Aufnahmen umfangreich ausgewertet, ergänzt und archiviert werden.

Aus dem PC-Programm ist auch eine weitgehende Fernbedienung des Mikroskops möglich. So kann man u. a. automatische Aufnahmen nach Zeitplan ausführen lassen – praktisch für das Erfassen dynamischer Vorgänge, z. B. bei der Untersuchung von Pflanzen, Zuchtkulturen etc.

Fazit unserer Kurzvorstellung

Das dnt UltraZoom PRO ist eine wertige Arbeitshilfe an jedem Arbeitsplatz, bei dem es um die genaue Auswertung feinsten Details und um eine stabile Unterstützung, z. B. bei Feinlötarbeiten, geht.

Zahlreiche Features wie die stabile Mechanik, die variable Beleuchtung, die hohe Qualität der Einheit Optik/Kamera sowie die automatischen Aufnahme-funktionen garantieren beim Einsatz dieses digitalen Mikroskops hochwertige Ergebnisse. **ELV**

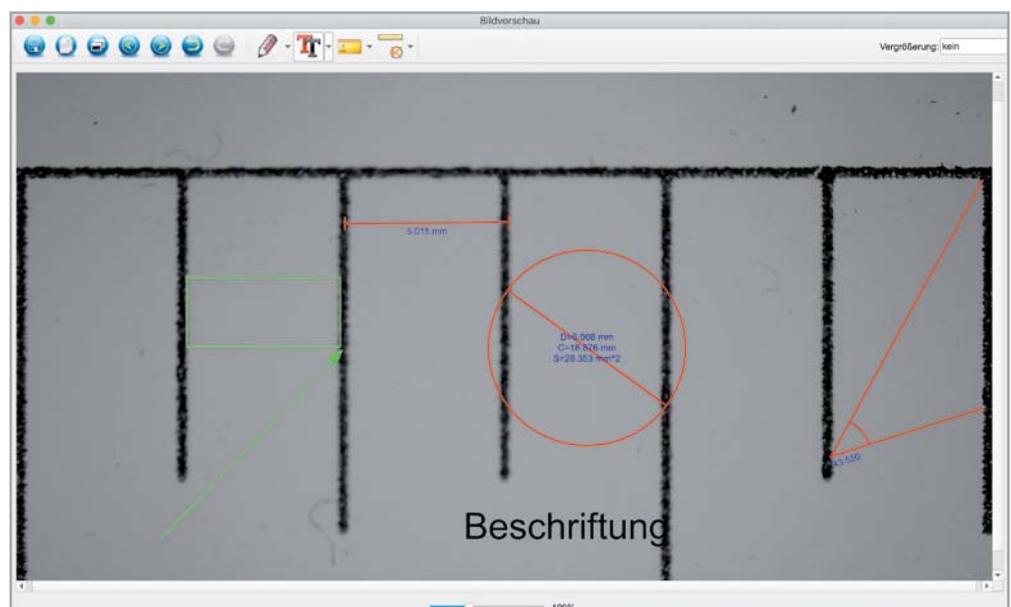


Bild 5: Im PC-Editor ist genaues Ausmessen ebenso möglich wie Beschriften und Markieren.

Ihr Wetterexperte

Umschaltbarer
Displaymodus

Innentemperatur,
-luftfeuchtigkeit
und Luftdruck



249,- €

Artikel-Nr. 251064

Abm. (B x H x T)
Station: 195 x 140 x 20 mm

Abm. (B x H x T)
Sensor: 41 x 121 x 17 mm

Detailscharfe Visualisierung Ihrer Wetter- und Raumklimadaten

WiFi-Wetterstation WeatherScreen PRO



- Set mit detailscharfem TFT-Display, batteriegestütztem Solar-Kombi-Außensensor und einem Master-Raumsensor
- Tabellarische und grafische Wetterdatenauswertungen, inkl. Min./Max.-Anzeigen
- Funkreichweite: bis 100 m (Freifeld), Funkfrequenz: 868 MHz
- Datenupload für Wetterportale (z. B. „Weathercloud“, „Ecowitt Weather“, „Weather Underground“) – IFTTT-kompatibel
- Kostenlose Wetterportal-Apps (iOS/Android) zur mobilen Wetteransicht mit dem Smartphone
- Datenlogger-Funktion: Daten auf microSD-Karte (bis 32 GB, nicht inkl.) speichern und am PC weiterverarbeiten
- Erweiterbar auf ein Raumklimaerfassungssystem mit bis zu 9 Raumklimasensoren* sowie weiteren Zusatz-Displays*

* Bitte beachten Sie die Funk-Reichweiten der Sensoren

für Ihr Zuhause



Dateneinsicht via App



Erweiterbar mit Zusatz-Displays



Erweiterbar mit Raumsensoren



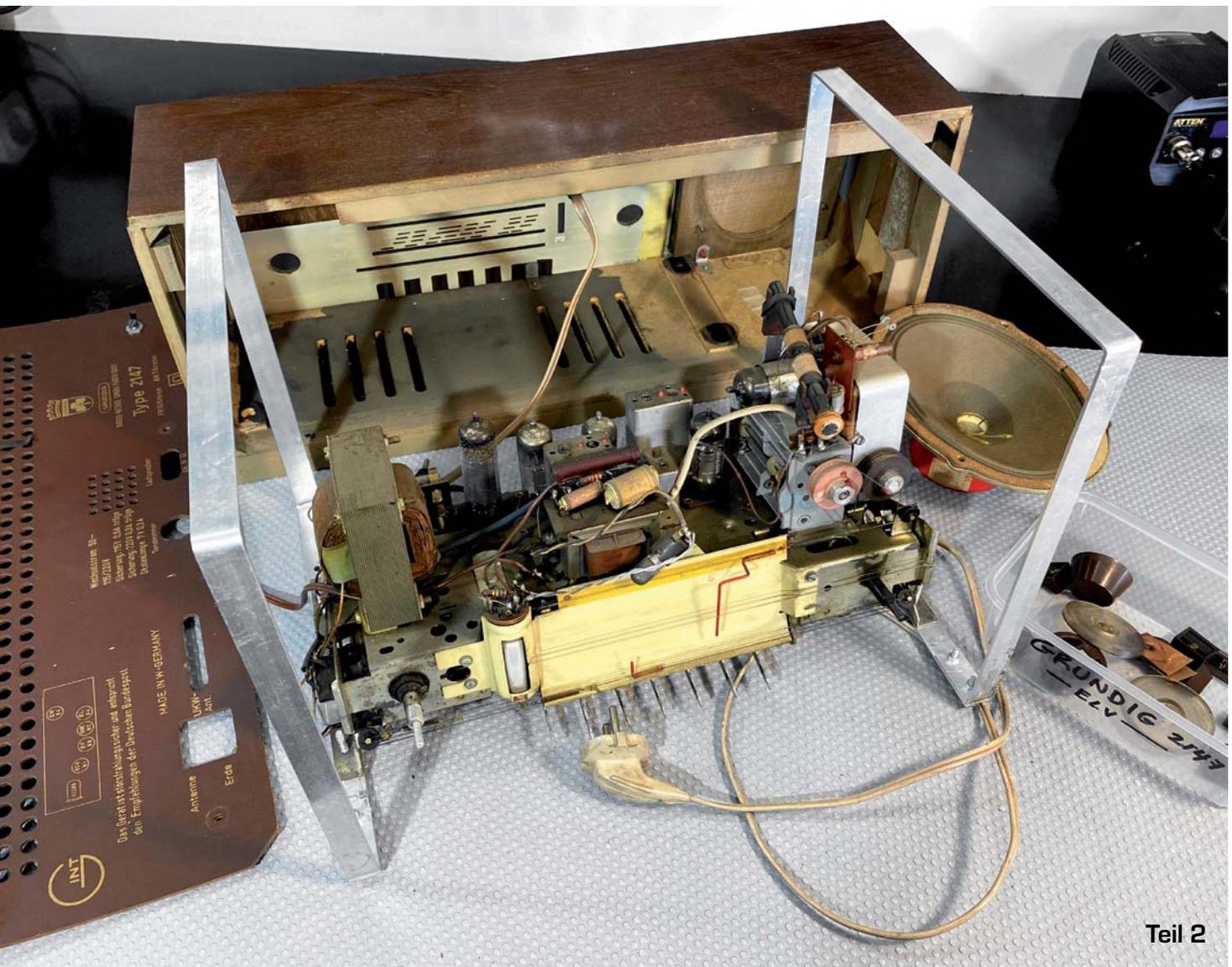
Alle Infos unter QR-Code:



Röhrenradio-Restaurierung

Grundlagen und erste Messungen

Warum gibt es ein Interesse an „alten“ Röhrenradios? Eigentlich sollten diese Geräte längst in Vergessenheit geraten sein, vor allem bei den heute scheinbar unbegrenzt zur Verfügung stehenden Medienquellen. Tatsache ist, dass die Nachfrage nach Röhrenradios groß ist. In den letzten Jahren haben sich immer mehr Menschen der Aufgabe verschrieben, diese alten Radios wieder zum Leben zu erwecken. Im zweiten Teil dieser Serie beschäftigen wir uns zunächst mit der Auswahl des richtigen Restaurationsobjekts und zeigen dazu Auswahlkriterien sowie eine Checkliste und worauf man noch achten sollte. Dann steigen wir beispielhaft am Grundig 2147 in die ersten praktischen Schritte einer Restaurierung ein.



Teil 2



Sind alle Radios es wert, restauriert zu werden?

Das ist eine gute Frage, und die Antwort hängt von den Zielen des Restaurators und vom betreffenden Radio ab. Ich hatte bereits Anfragen, in denen ich gebeten wurde, einfache Mittelwellenradios zu restaurieren, die nur wenig Wert haben. Die Motivation dafür sind oft Erinnerungen an den Großvater, dem das Radio früher gehörte, und an die eigenen jungen Jahre, in denen man selbst an dem Radio Fußballspiele gehört hat.

Welches Radio soll man wählen?

Wenn Sie ein Familienerbstück aufarbeiten wollen, bleibt Ihnen nichts anderes übrig, als es weiterzuverarbeiten und alle Herausforderungen zu meistern, die sich auf dem Weg ergeben. Wenn Sie jedoch ein Radio frei wählen können, gibt es ein paar Empfehlungen, die Ihnen die Wahl und die Arbeit erleichtern können. Die Kosten für die Restaurierung eines wirklich schlechten Radios können fast genauso hoch sein wie die Kosten für die Restaurierung eines Radios, das nach Fertigstellung wie ein wahres Meisterwerk klingen wird. Die Komponenten werden fast das Gleiche kosten, und auch die Zeit, die Sie hineinstecken, wird vergleichbar sein, also können Sie von Anfang an frei entscheiden.

Die erste Frage ist, ob sich all die Arbeit für das Radio, das Sie in Erwägung ziehen, auch lohnt. Werden Sie eine Verwendung dafür haben? Wird es gut klingen?

Checkliste

- Schaltplan und Servicehandbuch:**
Diese Informationen zu haben, erleichtert die Arbeit unheimlich. Suchen Sie im Internet nach dem Service-Handbuch, bevor Sie sich entscheiden.
- Gehäuse:**
Ist der Zustand des Gehäuses akzeptabel? Gibt es Anzeichen von Holzwurmschäden? Sind Sie in der Lage, eventuelle Lack- oder Furnierschäden zu reparieren? Wie ist der Zustand der Rückwand?
- Frontplatte:**
Sind irgendwelche Risse oder Brüche sichtbar? Sind die Beschriftungen deutlich zu erkennen, oder bröckeln sie ab?
- Lautsprecher:**
Können Sie sehen, ob die Lautsprecher alle vorhanden und unbeschädigt sind?
- Röhren:**
Sind alle Röhren vorhanden? Sind Ersatzröhren auf dem Markt erhältlich? Werden sehr seltene oder teure Röhren verwendet?
- Wahltasten:**
Sind alle Tasten vorhanden? Sind beschädigte Tasten reparierbar? Funktionieren sie?
- UKW und externer Eingang:**
Verfügt das Radio über UKW? Verfügt es über einen Phono- oder Kassetteneingang?

Über diese Serie bzw. die Beiträge

Diese Artikelserie soll dem Leser einen Einblick in die praktische Seite der Vollrestaurierung eines Röhrenradios geben. Ein Grundig 2147 aus dem Jahr 1961 ist das Anschauungsobjekt dieser Serie, da es enorme Möglichkeiten bietet, die Fähigkeiten zu erlernen, die zur Restaurierung eines solchen Radios in der Zukunft dienen könnten.

Über den Autor

Manuel Caldeira schloss sein Studium der Elektrotechnik an der University of Natal (Durban) 1985 ab und begann direkt nach der Universität bei Siemens (Südafrika) zu arbeiten. Danach ging er in die Wirtschaft, anstatt in der Technik zu bleiben. Schließlich kehrte er aus Spaß zur Elektronik zurück und genießt es, alte Röhrenradios zu restaurieren und an so ziemlich allem zu tüfteln, was ihm auf dem Gebiet der Elektronik gefällt. Das beinhaltet in der Regel einige Audioanwendungen, aber das ist keine Regel. Er betreibt von seinem Wohnsitz auf Madeira aus auf YouTube mit mehr als 11.000 Abonnenten den Kanal „Electronics Old and New by M Caldeira“, der sich hauptsächlich mit Röhrenradios beschäftigt. In den vergangenen fünf Jahren hat er dazu mehr als 300 Videos veröffentlicht.

Es macht keinen Sinn, ein riesiges Radio/Grammophonpult zu restaurieren, wenn Sie in einer sehr kleinen Studiowohnung leben. Ebenso ist es kaum sinnvoll, ein Radio zu restaurieren, das keinen UKW-Empfang hat, wenn Sie in einem Land leben, das die AM-Übertragungen abgeschafft hat. Wenn Sie es tun, um ein Museumsstück zu schaffen, oder wenn das Radio Ihrem Lieblingsgroßvater gehörte, dann sind diese Überlegungen bedeutungslos, aber ansonsten sollten Sie ein wenig Mühe in die Auswahlphase stecken, da sie auf lange Sicht sehr wichtig sein wird.

Die Auswahl des richtigen Radios ist mit den zahlreichen Quellen im Internet recht einfach. Sei geben Ihnen eine Vorschau darauf, wie Ihr Radio später aussehen und klingen wird. Stellen Sie sicher, dass Sie eines auswählen, an dem Sie wirklich Freude haben werden. Das macht die Arbeit interessanter und das Ergebnis zufriedenstellender.

Suchen Sie nach allen Informationen, die Sie zu Ihrem Modell finden können, bevor Sie das Projekt in Angriff nehmen. Schaltpläne und Service-Informationen sind sehr wichtig, um die Arbeit richtig durchzuführen, und glücklicherweise gibt es im Internet viele Quellen für diese Daten. Vor allem deutsche Radios sind sehr gut dokumentiert. Spezielle Foren und Seiten stellen die Kopien von originalen Servicedaten bereit, sowie Tipps und Tricks, die andere Restauratoren veröffentlicht haben. Nutzen Sie diese, denn sie können Sie von kostspieligen Fehlern abhalten.

Achtung Gefahr! – Hochspannung!

Die Spannungen im Inneren eines Röhrenradios können sehr hoch sein – im Bereich von Hunderten von Volt, sodass äußerste Vorsicht geboten ist, um lebensbedrohliche Stromschläge zu vermeiden. Die beschriebenen Arbeiten dienen nur als Anschauungsbeispiel und zum Verständnis der verwendeten Technologie und sollten nur von dafür qualifizierten Technikern durchgeführt werden.

Einsatzmöglichkeiten eines Röhrenradios heute

Wie bereits erwähnt, gibt es heute in einigen Ländern oder Regionen nur noch sehr wenige Mittelwellen-Radiosender in Betrieb. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Mittelwellenbänder völlig still sind.

Das Mittelwellenband ist immer noch recht aktiv, besonders nachts, wenn man Signale aus größerer Entfernung empfangen kann. Mit einer geeigneten Antenne werden Sie überrascht sein, welche Vielfalt an Sendern Sie empfangen können.

Das Gleiche gilt für Kurzwelle (SW). Das Band ist sehr empfindlich gegenüber der Tageszeit, wobei höhere Frequenzen tagsüber und niedrigere Frequenzen später am Tag und in der Nacht aktiver sind. Viele Immigrantengemeinschaften nutzen dieses Medium, um Nachrichten und Unterhaltung aus ihren Herkunftsländern zu empfangen, daher gibt es eine ganze Reihe von nationalen Sendern, die diesen Markt bedienen – dazu kommen z. B. auch Amateurfunkbänder.

Für mich ist die wichtigste Verwendung das Hören von lokalen UKW-Sendern. Der Empfang ist in der Regel perfekt und bietet zusätzlich den Vorteil, dass man den satten Röhrenradio-Sound für seinen Lieblingsender hat. Diese Radios haben eine charakteristische Wärme, die modernen Geräten fehlt, sodass es ein akustischer Genuss ist, sie zu hören.

Eine weitere beliebte Anwendung ist es, diese Radios mit einer Bluetooth-Verbindung (BT) zu versehen und sie zur Wiedergabe von Musik von Ihrer bevorzugten Bluetooth-fähigen Audioquelle zu verwenden. Wenn es richtig gemacht wird, kann der BT-Empfänger unauffällig in das Radio eingebaut und vom Radio selbst mit Strom versorgt werden, wobei der Ton in den Phono- oder Kassetteneingang eingespeist wird. Diese Modifikation ist sehr einfach zu bewerkstelligen und sollte so durchgeführt werden, dass sie vollständig und leicht rückgängig gemacht werden kann, falls Sie das Radio jemals wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückversetzen möchten.

Diese Funktion hat bei vielen jüngeren Leuten das Interesse an restaurierten Röhrenradios geweckt. Vintage-Geräte werden bei der jüngeren Generation immer beliebter, und dies ist eine ideale Möglichkeit, ihre Liebe zur Musik mit einem echten Vintage-Meisterwerk zu verbinden.

Wie fange ich an?

Nachdem Sie sich für ein bestimmtes Radio entschieden haben, das Ihren Anforderungen entspricht, müssen Sie nun den allgemeinen Zustand des Geräts beurteilen, das Sie restaurieren möchten. Es stimmt zwar, dass es praktisch keinen Fehler gibt, den man nicht überwinden kann, nachdem man etwas Erfahrung gesammelt hat. Aber am Anfang hilft es, wenn die Herausforderungen nicht zu groß oder entmutigend sind.

Worauf Sie achten sollten

Die erste Frage, die Sie beantworten müssen, ist, ob die wichtigsten Komponenten funktionieren. Entgegen der landläufigen Meinung sind es nicht die Röhren selbst, die schwierig zu beschaffen sind. Die Teile, die am kritischsten sind, sind der Ausgangs- und der Leistungstransformator. Sie können zwar ersetzt werden, aber die Kosten für die Beschaffung von Ersatz können sehr hoch sein, und ein defektes Exemplar könnte daher eine Restaurierung weniger attraktiv machen. Diese beiden Teile sollten daher überprüft werden, bevor man sich an die Arbeit macht.

Der andere Aspekt sind die mechanischen Komponenten, wie das Gehäuse selbst, die Glas- oder Kunststoff-Frontplatte und die Lautsprecher. Die Gehäuse der Röhrenära waren in der Regel aus Holz, und ihre Restaurierung ist nicht allzu schwierig. Wenn das Holz jedoch verrottet oder vom Holzwurm befallen ist, kann diese Aufgabe zu einer echten Herausforderung werden. Es ist einfacher, sich nach einem besser erhaltenen Objekt umzusehen, als ein Holzgehäuse wieder aufzubauen, das auseinanderfällt, sobald man anfängt, daran zu arbeiten.

Eine zerbrochene Frontplatte ist schwer zu ersetzen, daher ist es am besten, mit einem Radio zu beginnen, das eine unbeschädigte Frontplatte hat. Sie müssen vorsichtig sein, wenn Sie mit der Frontplatte hantieren, nach all den Jahren ist sie sehr spröde und kann leicht beschädigt werden.

Lautsprecher sind etwas einfacher zu ersetzen, besonders wenn Sie sich entscheiden, vom Original abzuweichen, aber es ist viel besser, zu versuchen, einen Lautsprecher zu finden, der in gutem Zustand ist.

Wie bereits erwähnt, neigen deutsche Röhrenradios dazu, sehr ähnliche Röhren zu verwenden. Das macht es einfacher, Ersatz zu finden, wenn



Bild 1: Das „Anschauungsobjekt“ dieser Serie – ein Grundig 2147 von 1961



Bild 2: Alle gewünschten Frequenzbänder sind verfügbar, plus Tonvoreinstellungen für Musik und Sprache.

es nötig ist, also ist es eine gute Idee, die Röhren zu überprüfen, die Ihr Radio verwendet. Schauen Sie nach Ersatzröhren für den Fall, dass Sie sie brauchen, und prüfen Sie, zu welchen Preisen sie verkauft werden. Einige exotische Röhren können mehr kosten als ein komplettes Radio, also kann ein wenig Recherche einige Enttäuschungen ersparen.

Prüfen der Transformatoren

Während einige der oben genannten Punkte visuell sind, ist die Überprüfung von Netztrafo und Ausgangstransformator etwas aufwendiger.

Wenn Sie das Gerät von jemandem kaufen, der bestätigt, dass es sich einschalten lässt und Ton erzeugt, sind Ihre Fragen beantwortet. Wenn nicht, müssen Sie dies etwas sorgfältiger prüfen. Eine Möglichkeit, die definitiv nicht ratsam ist, wäre es, das Radio einfach einzustecken und einzuschalten. Wenn es leuchtet und ein Geräusch macht, sollten beide Transformatoren in Ordnung sein. Das ist jedoch auch der einfachste Weg, ein Röhrenradio wirklich irreparabel zu beschädigen, besonders wenn es jahrelang oder über Jahrzehnte unbenutzt gewesen ist.

Die einfachste Methode ist, alle Trafowicklungen auf Durchgang zu prüfen. Das bedeutet, dass Sie das Radio öffnen müssen, um Zugang zu den verschiedenen Teilen zu erhalten.

Vorüberlegungen

Bei der Vorbereitung dieser Artikelserie war es das Ziel, sich auf tatsächliche Restaurierungsbeispiele zu konzentrieren, um jedem zu helfen, der sich auf dieses spannende Unterfangen einlässt. Da es so viele Radiomodelle auf dem Markt gibt, die sich für eine Restaurierung eignen, habe ich mich für ein bestimmtes Modell entschieden, an dem ich arbeiten und über das ich berichten möchte.

Ich habe das Grundig 2147 (Bild 1) ausgewählt, und ich hoffe, die Gründe dafür sind für Sie nachvollziehbar. Dieses Modell von 1961 ist ein schönes Beispiel für ein deutsches Radio, das gegen Ende der Röhrenradio-Ära produziert und vermarktet wurde. Es bietet dem angehenden Restaurator eine Reihe von Vorteilen:

- Die Tatsache, dass es in den 1960er-Jahren auf den Markt kam, bedeutet, dass es auf einen breiten Markt abzielte, der erschwinglichere Radios für das Zuhause suchte. Das bedeutet, dass die Preise niedriger waren und eine größere Anzahl dieser Radios verkauft wurde und daher auch heute noch erhältlich ist.
- Die Schaltungsanatomie ist sehr standardisiert und stellt eine Feinabstimmung von Designlösungen dar, die in den vorangegangenen Jahren getestet und implementiert wurden. Man könnte sagen, dass es sich um eine optimierte Version aller der Technik handelt, die dazu diente, das Röhrenradio-Design zu „perfektionieren“.
- Obwohl es ein eher minimalistisches Radio ist, bietet es einen guten Kompromiss zwischen Qualität und Einfachheit, was die Arbeit eines Restaurationsanfängers sehr erleichtert.
- Es bietet alle wichtigen Bänder, die wir wollen (Bild 2):

FM: 87,5 ... 100 MHz	KW: 5,9 ... 15,3 MHz
MW: 510 ... 1620 kHz	LW: 145 ... 350 kHz

- Es hat einen Phono- oder Kassetteneingang.
- Die verwendeten Röhren sind relativ häufig und leicht auf dem Markt erhältlich: ECC85, ECH81, EF89, EABC80, EL84, EM84 (Bild 3).
- Es gibt sehr übersichtliche Schaltpläne und Service-Handbuch-Informationen, die leicht im Internet und in anderen Quellen verfügbar sind.
- Das Gehäusedesign ist einfach und ermöglicht im Bedarfsfall eine leichte Reparatur.
- Die Frontplatte ist meist aus Kunststoff, sodass die Gefahr eines Bruchs ausgeschlossen ist.
- Es wird ein Lautsprecher verwendet, der bei Bedarf recht einfach ausgetauscht werden kann, sogar durch einen modernen Ersatz, falls ein Original nicht zu beschaffen ist.

Weiter geht's

Im Folgenden werde ich über die Schritte berichten, die ich bei der Restaurierung des Radios, eines Grundig 2147, durchführe.

Meine Hoffnung ist, dass dies Ihnen, lieber Leser, hilft, einige Informationen und die Motivation zu erhalten, um Ihre eigenen Projekte in Angriff nehmen zu können.

Die Wahrscheinlichkeit, dass Ihr Radio genau so beschaffen ist wie dieses, ist zwar gering, aber aufgrund der Ähnlichkeiten sollten die Informationen auf eine Vielzahl anderer Modelle anwendbar sein.

Wie aus Bild 4 ersichtlich ist, können alle Baugruppen eines typischen Röhrenradios identifiziert werden, was es recht einfach macht, sich auf jeden anderen Schaltplan aus dieser Ära zu beziehen.

Denken Sie daran ...

Ich hoffe, dass Sie mich bei diesem Abenteuer begleiten werden, und möchte Ihnen ein paar Hinweise mit auf den Weg geben:

- Seien Sie äußerst vorsichtig, wenn Sie mit hohen Spannungen arbeiten.
- Die Restaurierung basiert zu einem großen Teil auf eigenen Erfahrungen.
- Erfahrung sammelt man nur, indem man sie macht.
- Auch hier noch einmal der nachdrückliche Gefahrenhinweis vom Anfang: Diese Beitragsreihe dient nur der Anschauung und dafür, einen Einblick in die Arbeit eines Radio-Restaurateurs zu erhalten.

Wir beginnen mit dem Gehäuse

Der Ausbau des Radios aus dem Gehäuse ist eine recht einfache Angelegenheit. Entfernen Sie zuerst die Knöpfe an der Frontplatte und dann vier Schrauben an der Unterseite, mit denen das Radio am Gehäuseboden befestigt ist. Jedes Radio kann unterschiedlich mit dem Gehäuse verbunden sein, aber im Allgemeinen ist dies nicht kompliziert.

Gehen Sie bei diesem Vorgang vorsichtig vor, damit Sie keine weiteren Schäden verursachen. Denken Sie daran, dass die Schrauben und Knöpfe schon seit Jahrzehnten an ihrem Platz sind, ein wenig Feingefühl kann erforderlich sein. Das einzige Teil, das ausgelötet werden muss, ist der Lautsprecher. Um ihn vom Gehäuse zu entfernen, wird er einfach nach hinten herausgenommen.



Bild 3: Das „Innenleben“ verspricht viele Lernmöglichkeiten.

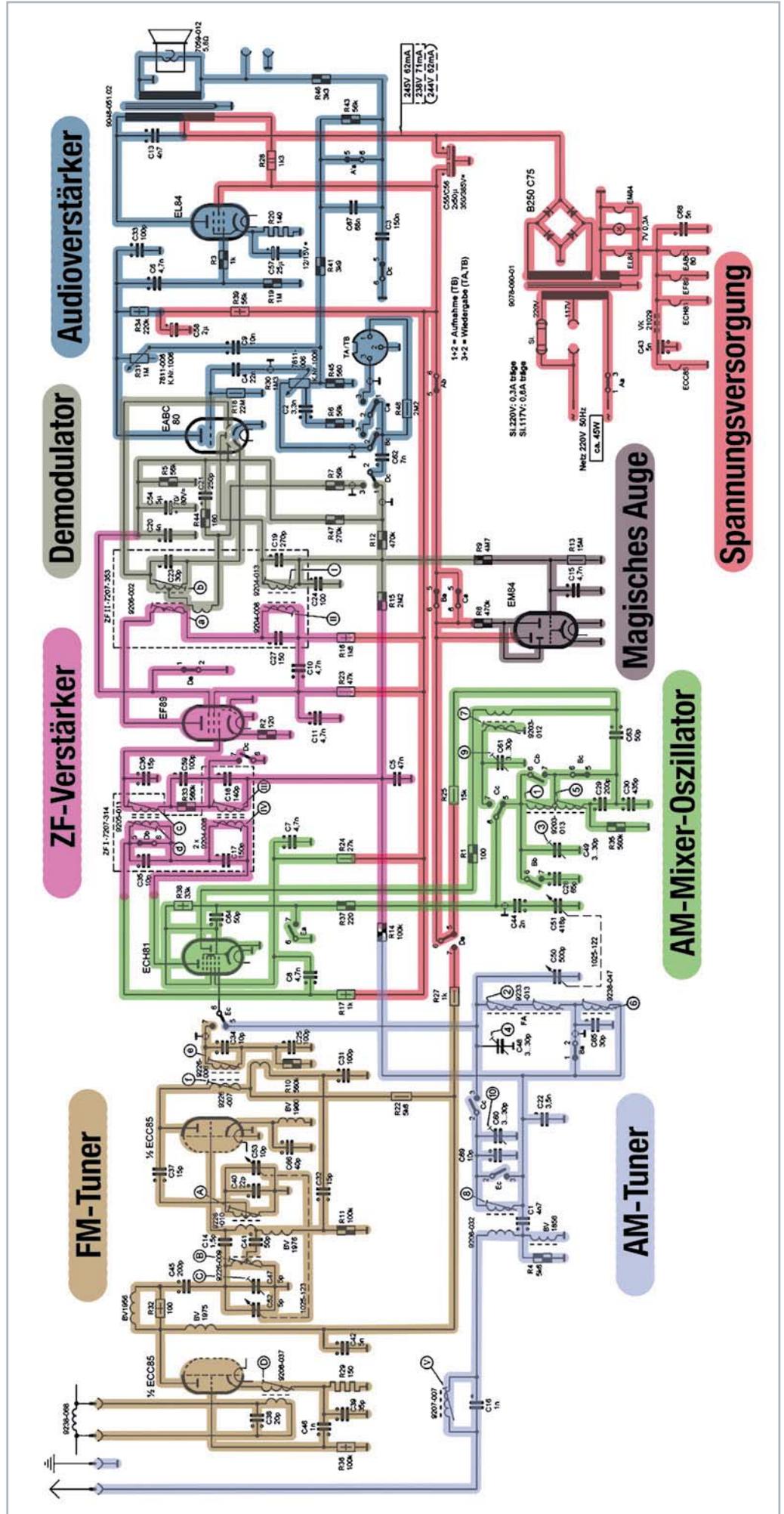


Bild 4: Die verschiedenen Baugruppen aus dem Grundig 2147

Es ist auch eine gute Idee, einen Behälter vorzubereiten (in meinem Fall einen Plastik-Eiscreme-Behälter), um alle Teile aufzubewahren, die Sie aus dem Radio entfernen. Das erspart Ihnen später viel Kopfzerbrechen, wenn Sie anfangen, die Teile zu suchen, um das Radio wieder zusammenzusetzen.

Ich verwende einen rechteckigen Aluminiumrahmen, den ich selbst angefertigt habe, um das Chassis darin zu montieren, was die Handhabung des Geräts sehr erleichtert. Das Radio sollte nicht auf die Oberseite gelegt werden, da die Ferrit-Antenne, die Röhren und andere Komponenten durch das Gewicht des Geräts beschädigt werden können.

In diesen Rahmen sind an einer Seite Löcher gebohrt, die ich zur Befestigung des Radios verwende, wobei ich dieselben Löcher und Schrauben verwende, mit denen es ursprünglich am Gehäuse befestigt war. Diese einfache Vorrichtung macht das Drehen des Radios auf eine beliebige

Seite zu einer einfachen Angelegenheit, und der Aufwand lohnt sich für die Restaurierung.

Erste Inspektion

Dieser erste Blick verrät viel über die bevorstehende Arbeit. Wir können bei unserem Restaurierungsobjekt feststellen:

- Es gibt keine offensichtlich verbrannten oder explodierten Teile, es scheint also nichts Schwerwiegendes in der Vergangenheit passiert zu sein.
- Das Chassis ist verschmutzt, scheint aber keinen Rost aufzuweisen. Das ist ein großer Pluspunkt, da es die Restaurierung sehr erleichtert.

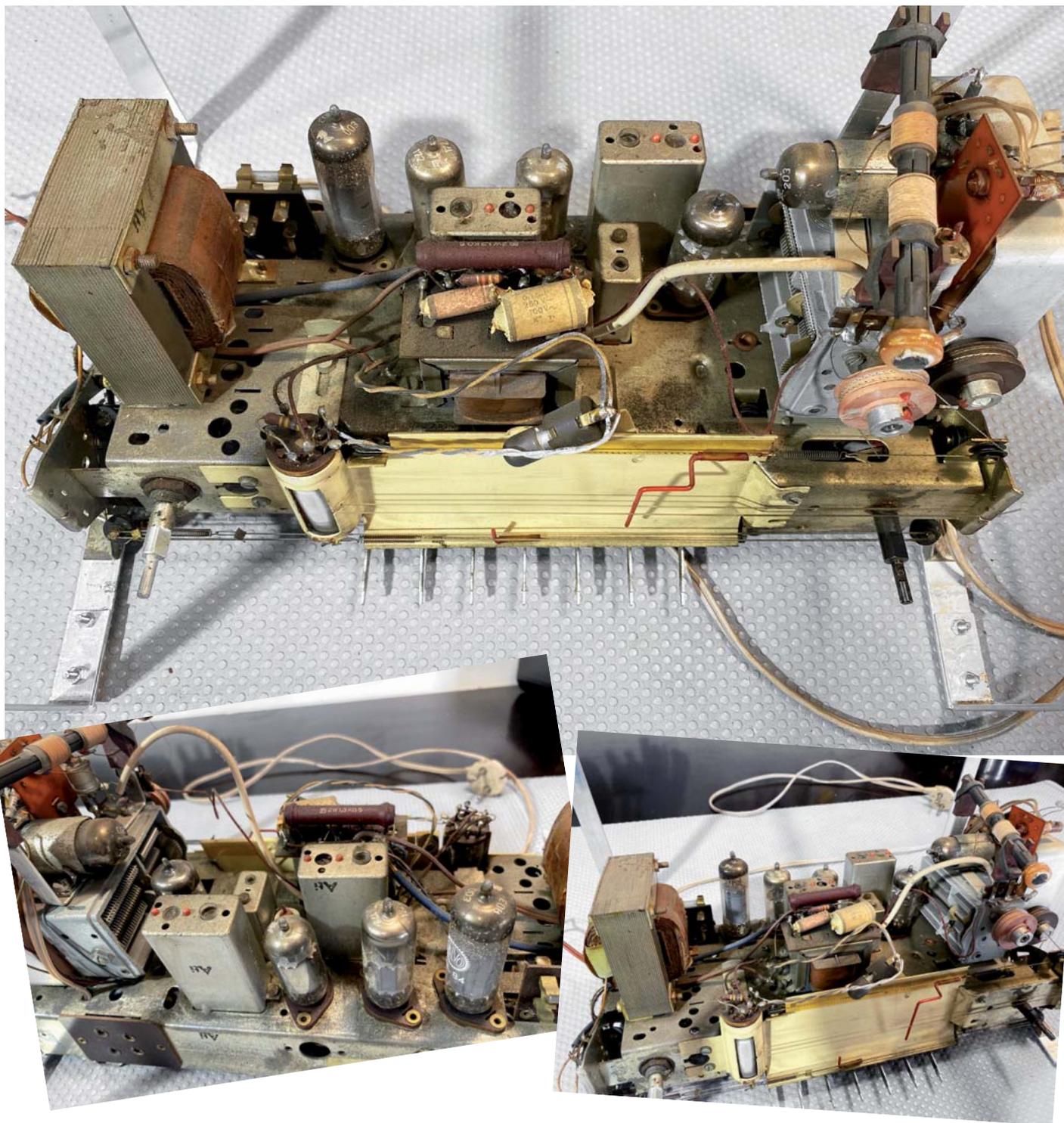


Bild 5: Es ist immer eine gute Idee, so viele Fotos wie möglich zu machen, da diese als Referenz dienen können, wenn Sie an dem Radio arbeiten.



- Die für das Gerät vorgesehenen Röhren sind vorhanden und sitzen in der richtigen Fassung. Ich nehme sie an dieser Stelle immer heraus und bewahre sie sicher auf, damit sie nicht beschädigt werden. Sie haben die Tendenz, von der Arbeitsfläche zu rollen.
- Alle Komponenten scheinen original zu sein. Es sind keine offensichtlich modernen Ersatzbauteile zu erkennen, also hat vielleicht noch niemand an diesem Gerät herumgebastelt. Das ist immer ein Vorteil.
- Mechanisch ist das Chassis perfekt, und alle Teile scheinen dort zu sein, wo sie sein sollten.
- Die Ferrit-Antenne ist unbeschädigt.
- Die Abstimmung scheint zu funktionieren (oder zumindest sind die Abstimmkondensatoren nicht verklemmt), die UKW/Mittelwelle-Kupplung funktioniert, und die Wählscheibe ist intakt.
- Die Potis und Schalter scheinen korrekt zu funktionieren und sind nicht offensichtlich verklemmt oder beschädigt.

Diese erste Inspektion stellt uns eine sehr günstige Prognose für die Restaurierung. Dies ist nicht immer der Fall, und nichts ist unüberwindbar, aber es ist immer einfacher, von einem einigermaßen originalen und intakten Gerät auszugehen.

Im Laufe der Restaurierung ist es vorteilhaft, immer wieder Fotos anzufertigen, wie beispielsweise im Aufmacherfoto und auf dem [Bild 5](#) zu sehen ist.

Ein Schritt nach dem anderen

Der Blick auf das Chassis vor Ihnen kann ein wenig beängstigend wirken. Wie passt dieser ordentlich organisierte und klare Schaltplan ([Bild 4](#)) zu diesem Durcheinander von Metallteilen, Drähten und Komponenten, die scheinbar wahllos auf diesem Chassis zusammengefügt sind ([Bild 6](#))? Keine Angst, es ergibt alles einen Sinn, wenn Sie einen Schritt nach dem anderen machen.

Service-Handbuch

Service-Handbücher für Grundig und andere europäische Röhrenradios sind im Internet verfügbar. Eine der wertvollsten Seiten für diese und andere Röhrenradio-bezogene Informationen ist radiomuseum.org. Hier finden Sie Schaltpläne, Service-Informationen und allgemeine Tipps und Fakten zu fast allen Modellen von Röhrenradios. Deutsche Modelle sind besonders gut vertreten, was für uns sehr erfreulich ist. Eine weitere nützliche Seite ist nvhr.nl, wo es viele Service-Handbücher gibt.

Ich habe das Service-Handbuch für dieses Modell von der [nvhr-Website](http://nvhr.nl) heruntergeladen. Es enthält einen Schaltplan, Ausrichtungsanweisungen, eine Ersatzteilliste und technische Daten, alles in einem PDF-Dokument zusammengetragen. Es ist tatsächlich von einer sehr guten Qualität, sodass der Schaltplan klar und sehr gut lesbar ist. Manchmal muss man verschiedene Kopien des Schaltplans suchen, um Komponentenwerte und andere kleine Details zu erkennen. Das ist in unserem Fall nicht nötig. Wir haben alles, was wir brauchen, in einem Dokument.

Normalerweise trenne ich den Schaltplan vom Dokument und erstelle ein einseitiges PDF-Dokument, das ich mit dem Adobe Reader öffne. Ich benutze dann die Kommentarfunktion dieser Software, um die Teile des Schaltplans zu markieren, während ich sie prüfe. Auf diese Weise ist es sehr einfach, den Überblick zu behalten, und man braucht keine Papierkopien und farbigen Markierungsstifte als Hilfsmittel.

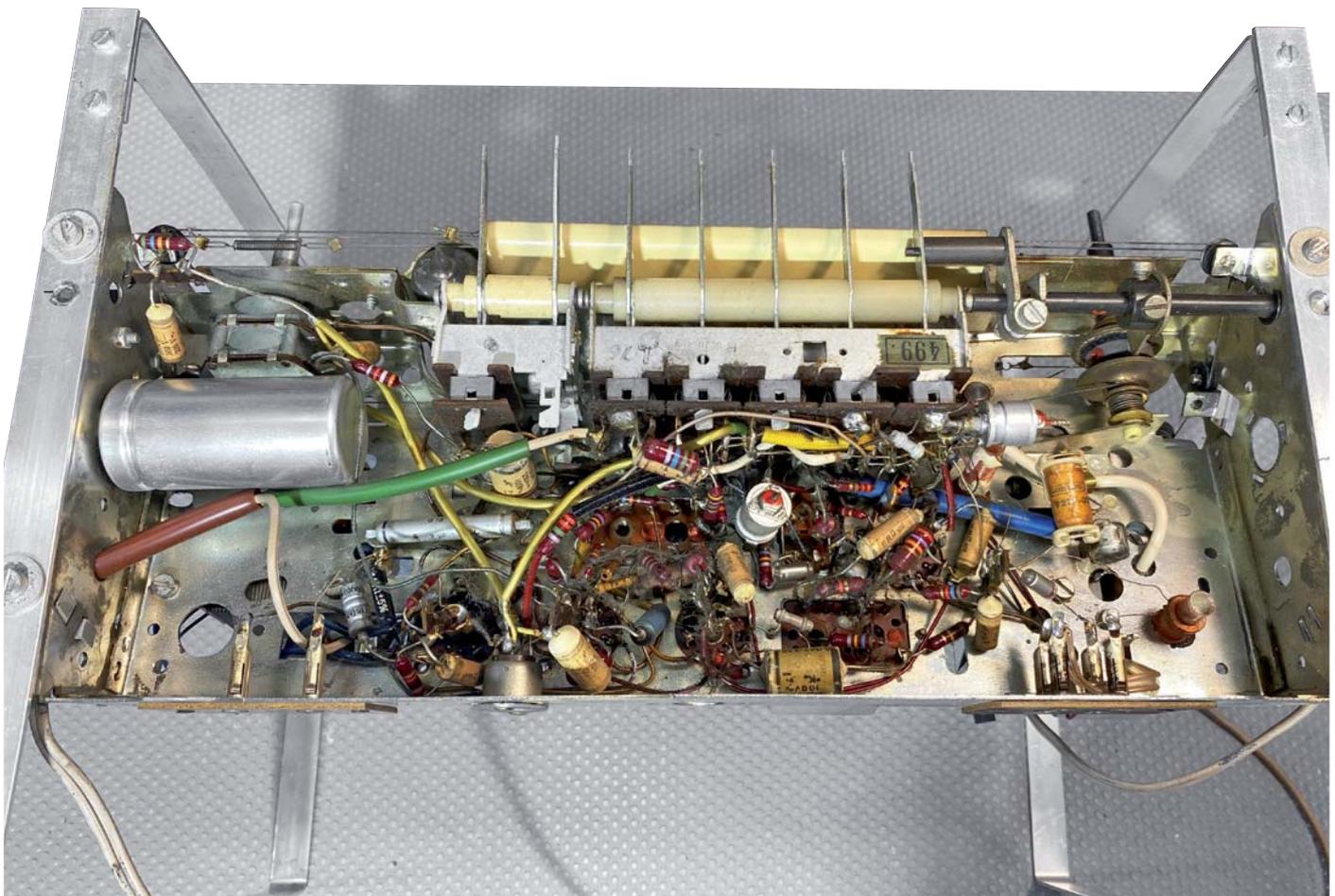


Bild 6: Die Unterseite des Chassis zeigt die zu der Zeit der Produktion von Röhrenradios übliche fliegende Verdrahtung. Das wirkt zunächst verwirrend, lässt sich aber mithilfe des Schaltplans auflösen.

Zustand der Transformatoren

Wie bereits erwähnt, sind die beiden Transformatoren die kritischsten Komponenten des Geräts. Wenn einer von ihnen durchgebrannt ist, wird die Arbeit sehr viel aufwendiger, da es schwierig und teuer sein kann, Ersatz zu finden.

Doch wie testet man die Transformatoren? Nun, man kann verschiedene Methoden anwenden, aber die einfachste ist, die Wicklungen auf Durchgang/Widerstand mit einem einfachen Multimeter im Widerstandsbereich zu messen. Wenn Sie einen unendlichen Widerstand erhalten, dann ist die Wicklung offen und der Transformator wird seine Aufgabe nicht erfüllen. Hoffen wir das Beste.

Leistungstransformator

Der einfachste Weg, die Primärseite des Leistungstransformators zu messen, ist die Messung des Widerstands zwischen den beiden Netzstecker-Stiften, die in Bild 7 mit **A** und **B** gekennzeichnet sind. Aus dem Schaltplan geht hervor, dass damit der Durchgang der Sicherung, der Primärwicklung des Transformators und des Netzschalters überprüft wird.

Schließen Sie einfach das Messgerät an, drücken Sie einen der Bandwahlschalter, um den Netzschalter zu aktivieren, und messen Sie den Widerstand. Wir lesen $40,1 \Omega$ (Bild 8), was plausibel erscheint. Dies sagt uns, dass die Sicherung, der Schalter und die Primärseite sehr wahrscheinlich in Ordnung sind, sodass wir diese Linie im Schaltplan grün markieren können, um anzuzeigen, dass sie überprüft wurde.

Wenn wir einen offenen Messwert (unendlicher Widerstand) erhalten, könnte es sich um einen Fehler bei einem der Elemente in der Leitung handeln (Sicherung, Schalter oder die Primärseite selbst). In den meisten Fällen ist es die Sicherung, die ersetzt werden muss, oder die Kontakte des Sicherungshalters müssen von Korrosion gereinigt werden.

Der Schalter kann in diesem Zuge auch gereinigt werden. Sie können ihn mit etwas Kontaktreiniger besprühen und ihn wiederholt aktivieren (ein- und ausschalten), bis die Verbindung zufriedenstellend hergestellt ist. Das Endergebnis sollte ein Wert im zweistelligen Ohm-Bereich sein, wie wir ihn hier haben.

Um den Widerstand der Sekundärwicklung zu messen, beziehen wir uns wieder auf den Schaltplan. Dieser zeigt, dass wir ihn an den beiden AC-Pins des Brückengleichrichters abgreifen können, die in Bild 7 mit **C** und **D** gekennzeichnet sind. Dieses Bauteil ist an der Seite des Radios leicht zu erkennen und zugänglich, und wir erhalten ein vielversprechendes Ergebnis von $132,3 \Omega$ (Bild 9).

Die Heizwicklung kann gemessen werden, indem man auf die Heizstifte an einer der Röhren zugreift. Bei der EL84 sind dies die Stifte 4 und 5, die in Bild 7 mit **E** und **F** gekennzeichnet sind. Wir lesen $0,5 \Omega$ ab (Bild 10). Dies ist erwartungsgemäß ein sehr niedriger Widerstand, da diese Wicklung nur $6,3 \text{ VAC}$ erzeugt und normalerweise ein Draht mit höherer Stromstärke (dicker, daher geringerer Widerstand) ist, um die Röhrenheizungen und Wähl Scheibenlampen am Radio zu versorgen. Da wir die Röhren entfernt haben (und ich habe auch die Skalenlampe entfernt), messen wir nur den Wicklungswiderstand. So weit, so gut. Der Leistungstransformator scheint in Ordnung zu sein.

Ausgangstransformator

Wieder kommt das Multimeter zum Einsatz. Wir müssen die beiden Wicklungen messen und schauen auf den Schaltplan (Bild 11), um zu erfahren, wo wir suchen müssen. Wir können sehen, dass wir, wenn wir den Gleichstromwiderstand zwischen der Anode (Pin 7) und dem Schirmgitter (Pin 9) der EL84-Röhre (in Bild 11 mit **A** und **B** gekennzeichnet) messen, den kombinierten Widerstand der Primärwicklung und des Vorwiderstands (R_{28} mit $1,3 \text{ k}\Omega$ gekennzeichnet), der in dieser Leitung liegt, messen können. Wir erwarten daher etwas mehr als $1,3 \text{ k}\Omega$.

Wir erhalten $1,76 \text{ k}\Omega$ (Bild 12), was bedeutet, dass wir ziemlich sicher sein können, dass der Widerstand in Ordnung ist und dass die Wicklung intakt ist. Wenn der Widerstand einigermaßen genau ist, dann misst die Sekundärwicklung etwa 460Ω , was ebenfalls ein vernünftiger Wert für diese Wicklung ist.

Die Sekundärwicklung des Ausgangstransformators ist ebenfalls leicht zugänglich, da wir den Lautsprecher vom Chassis ablöten, um ihn

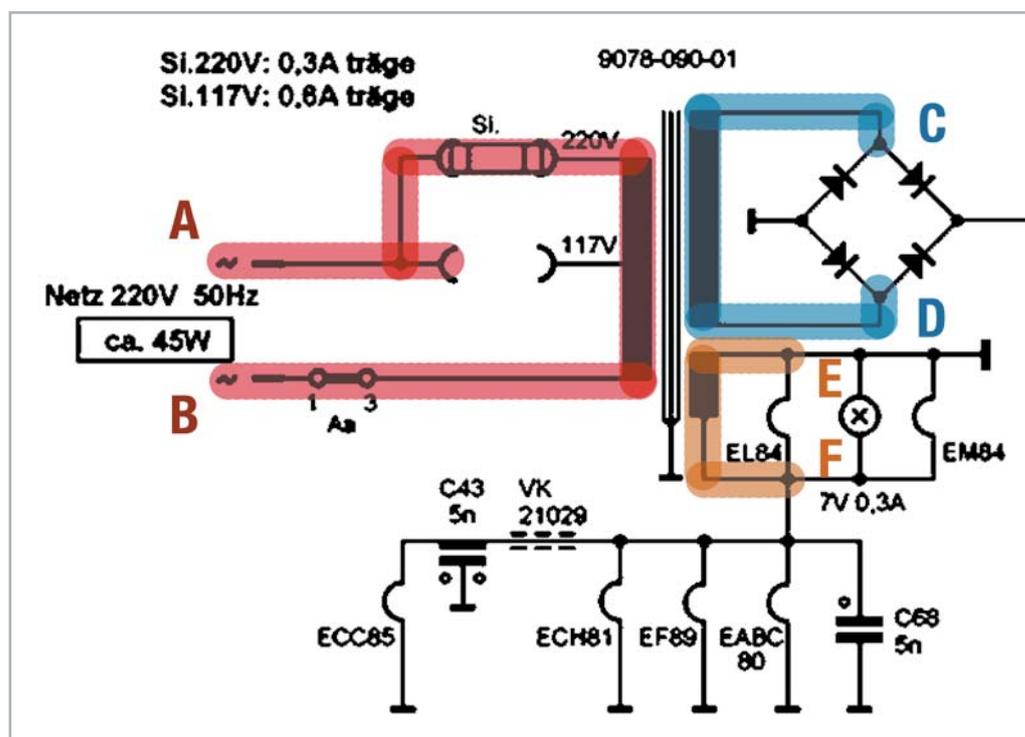


Bild 7: Die drei Messungen, die zur Prüfung des Leistungstransformators erforderlich sind



Bild 8: Messung des Widerstands des Netzprimärkreises



Bild 9: Messung des Widerstands der Leistungs-Sekundärseite des Leistungstransformators an den Eingängen des Brückengleichrichters



Bild 10: Messung des Widerstands der Heizwicklung ohne Röhren oder Lampen im Stromkreis

auszubauen, und somit Zugang zu diesen Drähten haben (in Bild 11 mit C und D gekennzeichnet). Der Widerstand sollte niedrig sein, so wie es bei unserer Messung der Fall ist (Bild 13).

Realisierbares Projekt

Wir haben festgestellt, dass unsere beiden größten Befürchtungen unbegründet waren: Beide Transformatoren scheinen in Ordnung zu sein. Wir haben auch ein paar grüne Linien auf unserem Schaltplan, die aus den Tests resultieren, die wir durchgeführt haben, also sehen die Dinge bisher gut aus.

Was kommt als nächstes?

Der beste Weg, ein Restaurierungsprojekt anzugehen, ist, sich an eine Methode zu halten. Irgendwann werden Sie Ihre eigene entwickeln, aber wenn meine in diesem Stadium hilfreich sein kann, dann führe ich hier die entsprechenden Punkte auf:

- Zuerst überprüfen und restaurieren wir die Stromversorgung. Dies ist das Herzstück des Systems, es liefert die Hochspannungs-Gleichspannung (B+ genannt, die normalerweise zwischen 200 Vdc und 300 Vdc liegt) für alle Röhren sowie die Niederspannungs-Heizungsversorgung (normalerweise 6,3 VAC), die die Röhren zum Betrieb benötigen.
- Als Nächstes konzentrieren wir uns auf den Audio-Bereich. Die Audio-Vorverstärker- und Leistungsverstärkerstufe ist für die Verstärkung des Audiosignals von einer Quelle auf einen Pegel verantwortlich, der schließlich von den Lautsprechern wiedergegeben wird. Dieser Bereich verarbeitet das gesamte Audiosignal, unabhängig davon, woher es kommt. Die Quelle kann eines der AM-Bänder, das UKW-Band oder die externen

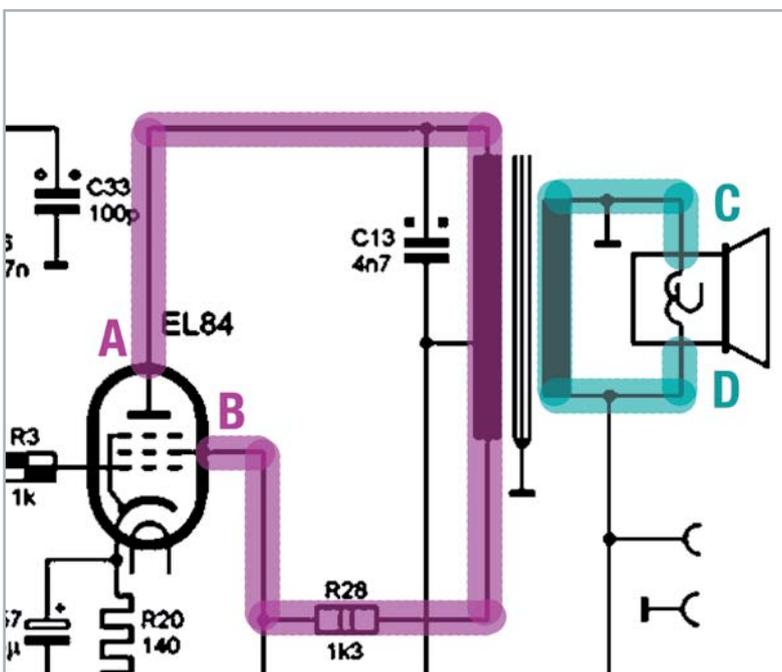


Bild 11: Die beiden Messungen, die zur Prüfung des Ausgangstransformators erforderlich sind



Bild 12: Messung des DC-Widerstands des Primärkreises des Ausgangstransformators



Bild 13: Messung des Widerstands der Sekundärseite des Ausgangstransformators, ohne dass ein Lautsprecher angeschlossen ist

Phono- oder Kasetteneingänge sein. Wie bei der Stromversorgung gilt auch hier: Wenn diese Stufe nicht richtig funktioniert, wird das Radio nichts von dem tun, wofür es eigentlich gedacht ist.

- Sobald wir wissen, dass die Stromversorgung und die Audiostreamen korrekt arbeiten, können wir uns auf die Radiostufen konzentrieren. Wir können uns dafür entscheiden, zuerst die Mittelwelle in Angriff zu nehmen, gefolgt vom UKW-Band, oder andersherum. Ich ziehe es vor, mit der Mittelwelle zu beginnen, da sie in der Regel mehrere Frequenzbänder umfasst, die über einen Zwischenfrequenzkanal zur Audiostreame geleitet werden. Außerdem arbeitet sie auf niedrigeren Frequenzen, die im Allgemeinen leichter zu verfolgen und zu überprüfen sind. Ich betrachte diese Phase der Arbeit als abgeschlossen, wenn ich alle AM-Bänder dazu bringen kann, sich abzustimmen und Audio von der zuvor restaurierten Audiostreame zu produzieren.
- Ich konzentriere mich dann auf die Ausrichtung des AM-Zwischenfrequenzwegs (ZF), um sicherzustellen, dass das Radio so gut wie möglich abgestimmt ist. Diese Stufe wirkt sich auf die Selektivität des Empfängers aus, d. h. auf die Fähigkeit, einen Sender genau abzustimmen, der in der Frequenz sehr nahe bei einem anderen Sender auf dem Band liegen kann. Sie wirkt sich auch auf die Qualität des Tons aus, den das Radio wiedergeben wird, d. h. auf die Audiobandbreite, die die ZF-Stufe durchlässt. Wir werden dieses Verfahren und die damit verbundene Theorie im weiteren Verlauf dieser Serie beschreiben.

- Es folgt der HF-Abgleich der AM-Bänder, bei dem Sie sicherstellen müssen, dass die auf der Frontplatte angezeigte Frequenz mit der tatsächlich eingestellten Frequenz übereinstimmt. In dieser Phase wird auch die HF-Empfindlichkeit des Front-Ends (AM-Tuner) optimiert, indem sichergestellt wird, dass die Front-End-Abstimmkreise so ausgerichtet sind, dass sie das gewünschte Signal am besten auswählen.
- Die nächsten Schritte erfordern das gleiche Verfahren für das UKW-Band. Dies kann ein wenig anspruchsvoller sein, da die betroffenen Frequenzen viel höher sind, aber die Logik ist im Grunde die gleiche. Glücklicherweise ist bei den meisten Radios der gesamte UKW-Front-End-HF-Teil in einem Metallgehäuse untergebracht (Bild 14), das in den meisten Fällen nicht einmal geöffnet werden muss. Viele Einstellungen werden im Werk vorgenommen und sollten so belassen werden, wie sie sind, und diejenigen, die eine Abstimmung erfordern, können durch Löcher oder Öffnungen an diesem Gehäuse erreicht werden. Die Reparatur eines UKW-Front-Ends kann eine Herausforderung sein, da Streukapazitäten und Induktivitäten bei diesen Frequenzen sehr empfindlich sind. Nutzen Sie die Möglichkeit, das Gehäuse nicht zu öffnen, sofern Sie es nicht müssen.
- Schließlich kommen wir zum Chassis und dem Gehäuse. Ersteres muss gereinigt werden, was so komplex oder einfach sein kann, wie es der Schmutz darauf zulässt. Das Gehäuse kann eine ernsthafte Reparatur erfordern, die das Abschleifen bis auf das Holz und das Auftragen von neuem Lack oder Holzbeize beinhaltet, aber in den meisten Fällen ist dies nicht notwendig. Jeder Fall ist anders, deshalb konzentrieren wir uns auf diesen und beschreiben die Arbeit, wenn wir dazu kommen.

Ausblick

In diesem Beitrag haben wir zunächst die grundlegenden Prüfungen der Transformatoren und der Sekundärseite vorgenommen. Wir halten uns an unseren Plan und nehmen als Nächstes die Wiederherstellung der Stromversorgung in Angriff. **ELV**

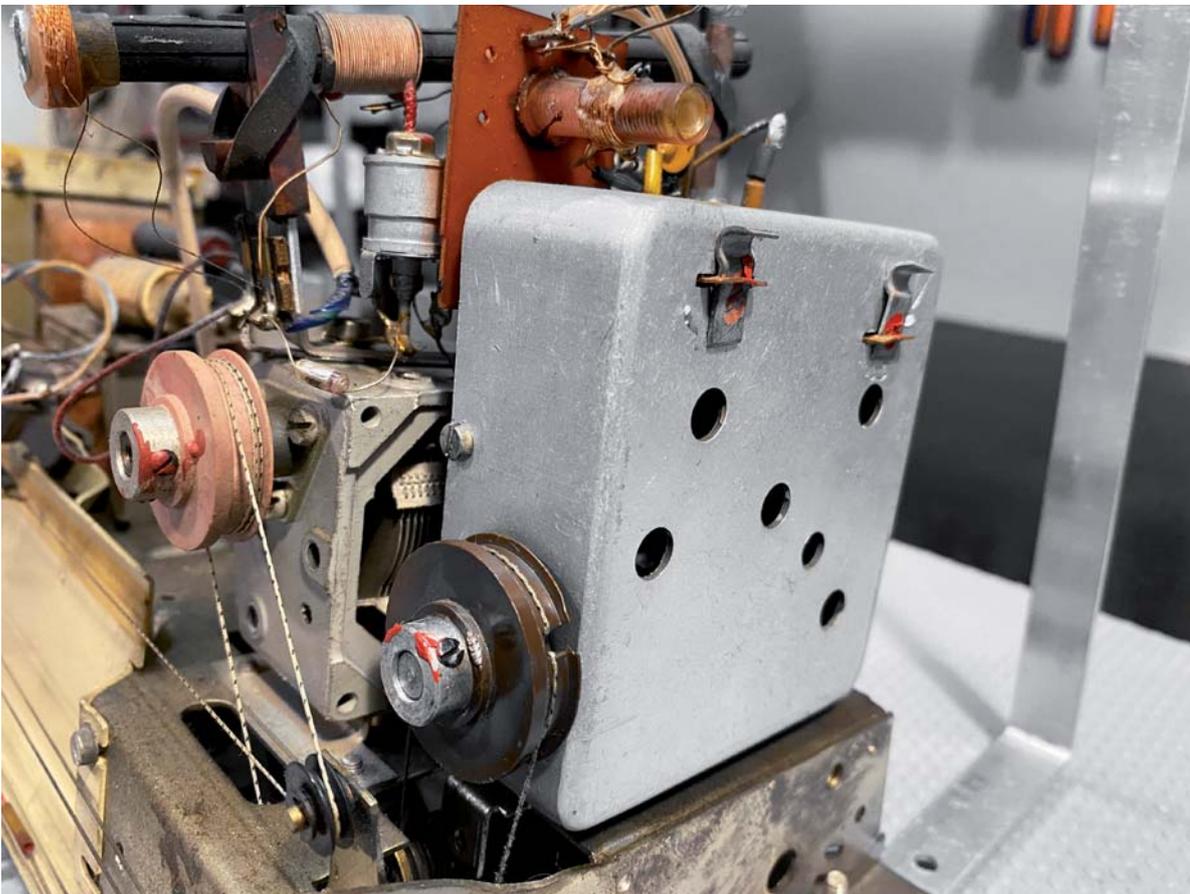
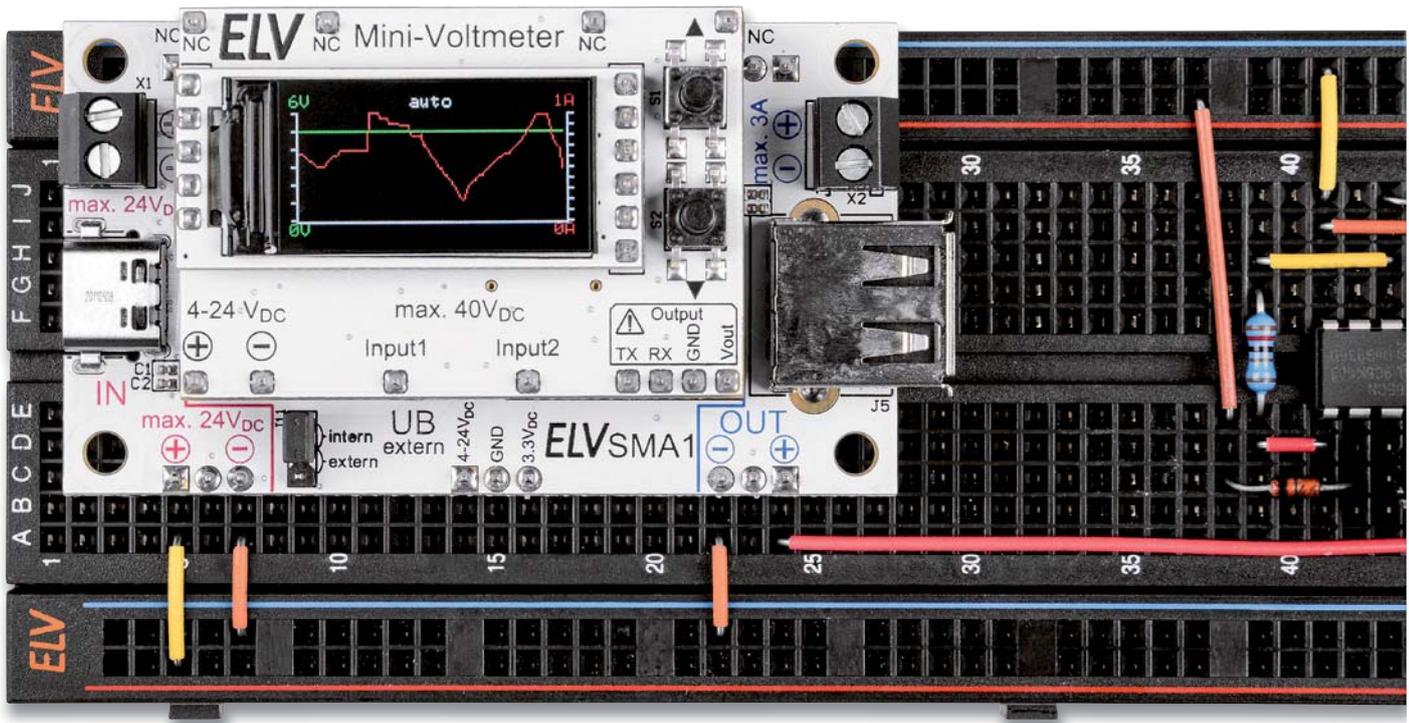


Bild 14: Der UKW-Tuner, der (glücklicherweise) selten geöffnet werden muss



Praktisches Doppel

Strommessadapter für Mini-Voltmeter SMA1

Im vorherigen ELVjournal 3/2021 haben wir mit dem Bausatz Mini-Voltmeter MVM1 ein praktisches Hilfsmittel für die gleichzeitige Messung von zwei Spannungen vorgestellt. Mit dem Strommessadapter SMA1 ergänzen wir diese Mess- und Anzeigeeinheit mit der Möglichkeit der Strommessung. Mit der Kombination aus beiden Modulen können Ströme bis 3 A mit einer Auflösung von 1 mA sowie Spannungen bis 24 V mit einer internen Auflösung von 1,25 mV (Anzeige in 1-mV-Schritten) gemessen werden. Dabei ist die Nutzung sowohl stand alone als auch auf dem Steckbrett möglich.

SMA1

Artikel-Nr.
156606Bausatz-
beschreibung
und Preis:

www.elv.com



Infos zum Bausatz SMA1

**Schwierigkeitsgrad:**
leicht**Ungefähre Bauzeit:**
0,5 h**Besondere Werkzeuge:**
Lötstation**Lötterfahrung:**
ja**Programmierkenntnisse:**
nein**Elektrische Fachkraft:**
nein

Hilfreiche Kombination

Mit dem neuen Bausatz Strommessadapter SMA1 können nun in Verbindung mit dem Mini-Voltmeter MVM1 [1] sowohl Spannungen als auch Ströme in Versuchsschaltungen einfach und komfortabel gemessen werden. Der Vorteil gegenüber normalen Multimetern ist dabei gleich mehrfach vorhanden. Sowohl das Mini-Voltmeter allein als auch die Kombination aus beiden Modulen können auf ein Breadboard [2] aufgesteckt und so in Experimentierschaltungen direkt eingebunden werden. Das fummelige Verbinden der Messspitzen des Multimeters mit den Messpunkten entfällt, da Spannungsein- und -ausgänge direkt über Steckkabel oder Drahtbrücken, Doppelklemmen bzw. USB-Buchsen angeschlossen werden können.

Aber auch abseits von Breadboard-Versuchsschaltungen ist die 70 x 38 x 30 mm (inklusive Mini-Voltmeter MVM1) kleine Kombination aus Spannungs- und Strommessung im Stand-alone-Betrieb ein praktischer Helfer. So können bspw. USB-Verbraucher analysiert werden, die über einen USB-A-Stecker angeschlossen werden können. Als Spannungseingang dient hier eine zeitgemäße USB-Buchse Typ C. Natürlich können auch die anderen Spannungsein- und -ausgänge im Stand-alone-Modus genutzt werden.



Die überwachten Messwerte werden in unterschiedlichen Darstellungsformen (digital, analog, Bargraph, Plotter) auf dem kleinen und hochwertigen TFT-Display des Mini-Voltmeters MVM1 angezeigt. Für die Ermittlung der Strom-Messwerte wird der INA226-Messchip von Texas Instruments in Verwendung mit einem Mess-Shunt eingesetzt. Der INA226 verfügt über eine digitale Datenschnittstelle (I²C), wodurch eine einfachere Implementierung in Mikrocontroller-Systeme möglich ist.

Die Messwerte werden mit der Chip-internen Messauflösung von 16 Bit in separaten Datenregistern gespeichert und können so jederzeit direkt abgefragt werden. In der Schaltungsbeschreibung gibt es ausführliche Informationen zur Funktionsweise des INA226.

Schaltungsbeschreibung

Das Schaltbild (Bild 1) ist sehr überschaubar, denn neben den Anschlussmöglichkeiten Stiftleiste, Klemmen, USB und den Buchsen für das Mini-Voltmeter MVM1 besteht das Modul nur aus dem Strom-Messwandler IC INA226 mit Beschaltung.

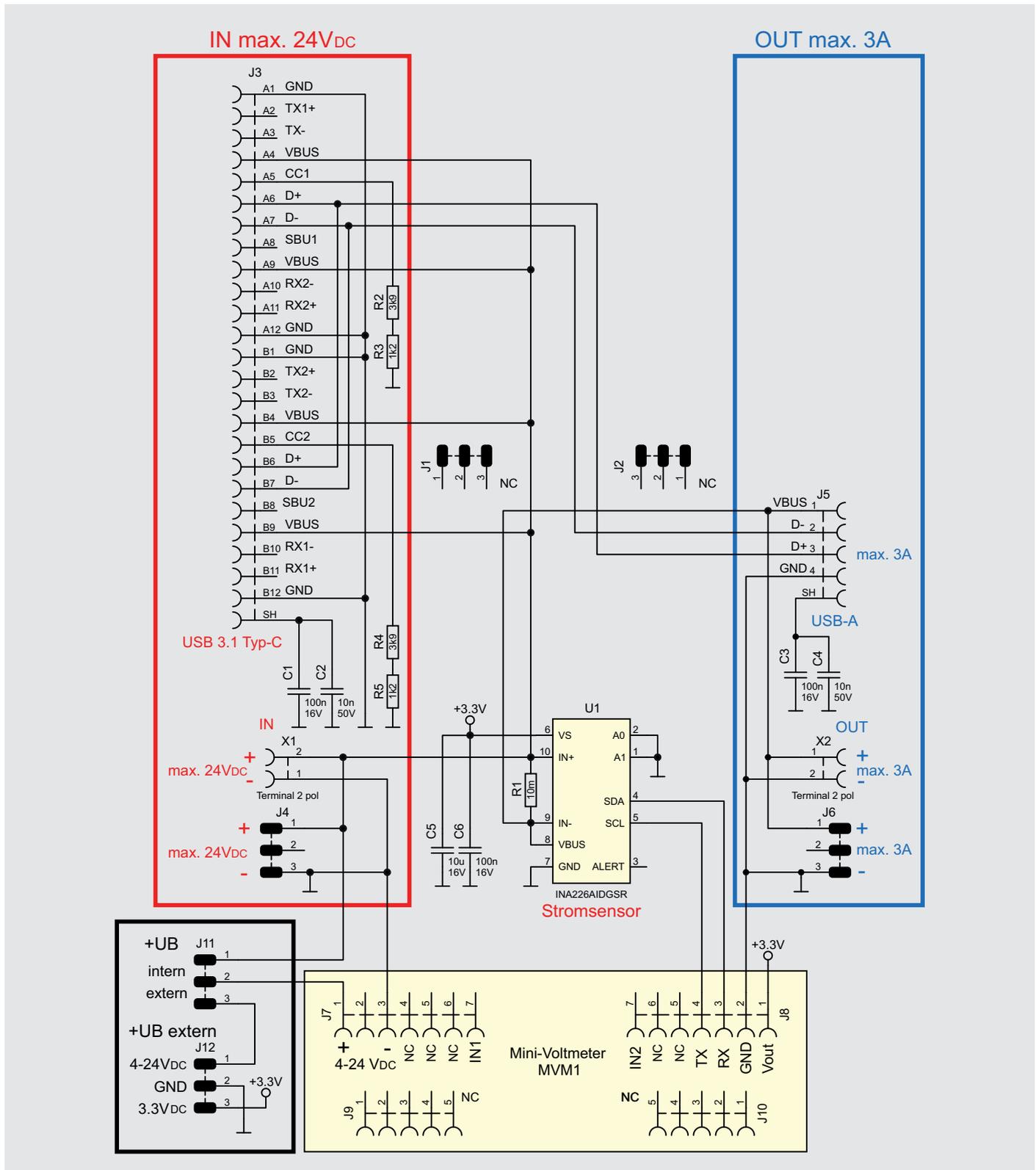


Bild 1: Das Schaltbild des Strommessadapters SMA1

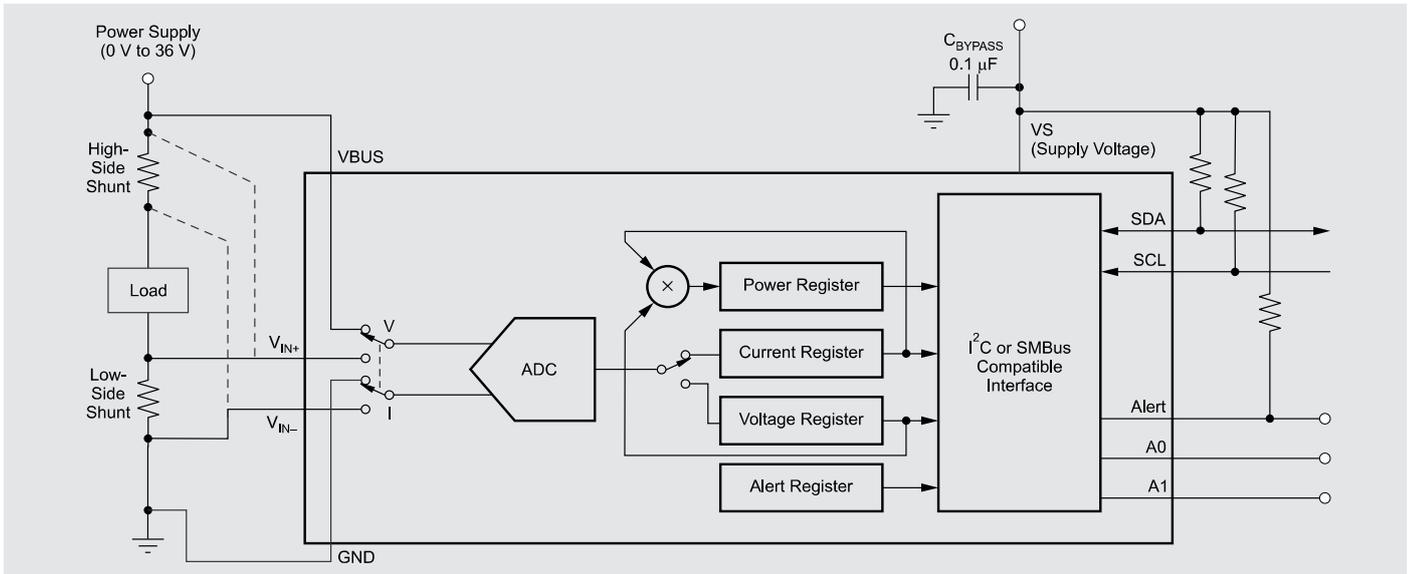


Bild 2: Anwendungsbeispiel INA226 (Quelle: Datenblatt Texas Instruments INA226)

Die Versorgung für den Strommessadapter SMA1 und das Mini-Voltmeter MVM1 kann, wenn J11 auf intern gesteckt ist, aus der Messspannung erfolgen, dann darf die Messspannung aber nicht unter 4 V fallen. Für Messungen kleiner als 4 V ist eine externe Versorgung der Messmodule notwendig. Dazu steht entweder an J12 ein Eingang von 4 bis 24 V_{DC} zur Verfügung, dann muss Jumper J11 auf extern gestellt werden, oder ein Eingang mit 3,3 V_{DC}, dann sollte der Jumper J11 entfernt werden.

Die Strommessung erfolgt als Spannungsdifferenz über einen Shunt-Widerstand R1. Durch den Wert des Shunts wird der Messbereich bestimmt. Der Strom- und Leistungssensor U1 ist mit seiner I²C-Schnittstelle (SDA/SCL) mit der entsprechenden Gegenstelle verbunden. An seinen Pins IN+ und IN- befindet sich der Strom-Mess-Shunt R1, über den der hindurchfließende Strom einen Spannungsabfall erzeugt, der so direkt gemessen wird. An Pin VBUS wird die anliegende Spannung gemessen.

Die Versorgung des INA226 erfolgt über das MVM1, welches am Pin V_{out} 3,3 V zur Verfügung stellt. C5 und C6 dienen zur Spannungsstabilisierung. Die Kommunikation zwischen SMA1 und MVM1 erfolgt über I²C an den RX- und TX-Pins des MVM1, die beim Anschluss des SMA1 von UART auf I²C umgestellt werden. Die Ausgabe der Messwerte über die UART-Schnittstelle ist deshalb nicht möglich.

INA226 Stromsensor

Der Texas Instruments INA226 ist ein bidirektionaler Strom-Shunt- und Leistungsmonitor mit einer I²C-Schnittstelle zur einfachen Anbindung an Mikrocontroller. Der INA226 misst sowohl einen Shunt-Spannungs-

abfall als auch die Bus-Versorgungsspannung in dem eingesetzten System. Über einen programmierbaren Kalibrierwert erfolgt die Anpassung des eingesetzten Mess-Shunts zur Berechnung des Stromwerts. Zusätzlich können noch die Umwandlungszeiten und die Art der Mittelwertbildung verändert werden. Durch die interne Verarbeitung der sequenziell gemessenen Werte und Speicherung in eigene Datenregister ist das direkte Auslesen vom Shunt-Strom in Ampere, der Busspannung in Volt und der Leistung in Watt jederzeit möglich.

Messbereiche des INA226

	Messbereich	Auflösung
Strom	0–3 A	1 mA
Spannung	0–24 V	1,25 mV

Gegenüber anderen Strom-Mess-Wandlern, bei denen die Shunt-Spannung über einen definierten Faktor verstärkt und dann meist einem Mikrocontroller zur Messung gegeben wird, hat die komplett interne Messverarbeitung des INA226 konkrete Vorteile.

Durch das Verstärken der Shunt-Spannung können sich bauteilbedingte Offset-Fehler oder Ähnliches einschleichen, die sich durch große Verstärkungsfaktoren oftmals noch verschlimmern. Als Weiteres arbeitet der INA226 mit einer internen Messauflösung von 16 Bit, viele aktuelle Mikrocontroller besitzen nur eine Messauflösung von maximal 12 Bit. Der INA226 kann Shunt-Spannungen in Bereich von -82,9175 mV bis +82,92 mV messen, während die messbare Bus-Spannung im Bereich von 0 V bis +36 V variieren darf. Für die Versorgung des INA226 selbst genügt eine einzige Versorgungsquelle mit einer Spannung zwischen +2,7 V und +5,5 V, der typischerweise benötigte Versorgungsstrom liegt bei 330 µA. In Bild 2 ist ein Anwendungsbeispiel dargestellt. Hier ist auch zu erkennen, dass der INA226 sowohl mit einem High-Side-Shunt als auch mit einem Low-Side-Shunt genutzt werden kann.

Das Bild 3 zeigt den funktionalen Aufbau der internen Messschaltung. Der Analog-digital-Konverter misst nacheinander die Shunt-Spannung und die Bus-

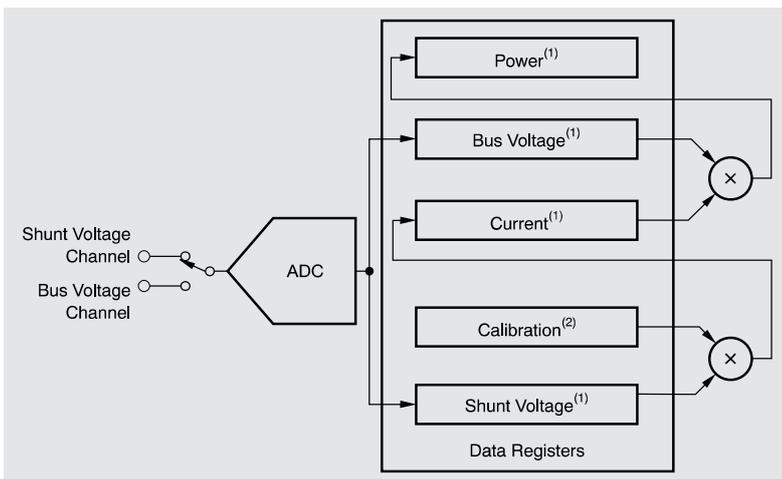


Bild 3: Funktions-Block-Diagramm INA226 (Quelle: Datenblatt Texas Instruments INA226)

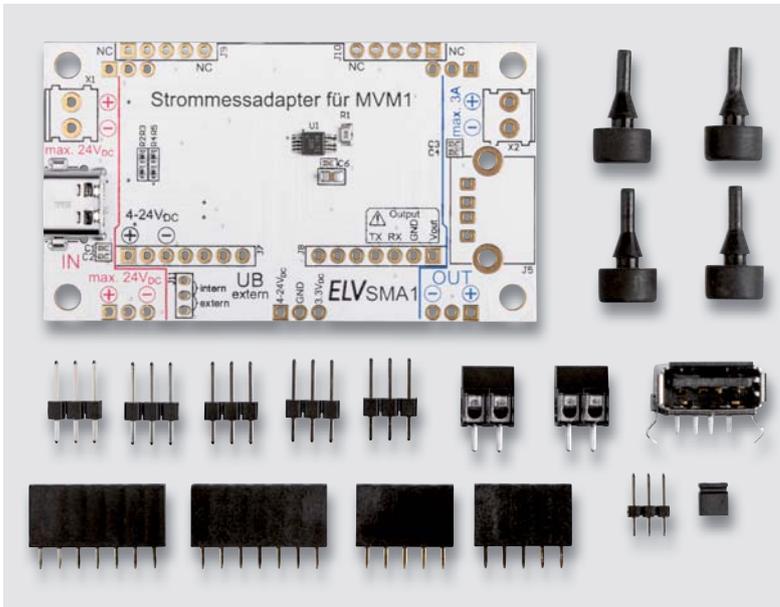


Bild 4: Lieferumfang des Strommessadapters SMA1

Spannung. Die Messwerte gelangen in die beiden zugehörigen Datenregister. Aus dem Messwert der Shunt-Spannung und dem Shunt-Widerstand angepassten Kalibrierwert erfolgt mittels Multiplikation die Berechnung des Shunt-Stroms, der dann wiederum in das entsprechende Datenregister gespeichert wird. Mit dem berechneten Shunt-Strom und der gemessenen Bus-Spannung kann nun, erneut durch Multiplikation, der momentane Leistungswert berechnet und in das Datenregister abgelegt werden. Ab diesem Zeitpunkt kann der aktuelle Datensatz dann per I²C ausgelesen werden.

Nachbau

Die Platine des SMA1 wird bereits mit bestückten SMD-Bauteilen geliefert.

In Bild 4 ist der Lieferumfang des Bausatzes abgebildet. Bild 5 zeigt die Platinenfotos und Bestückungspläne.

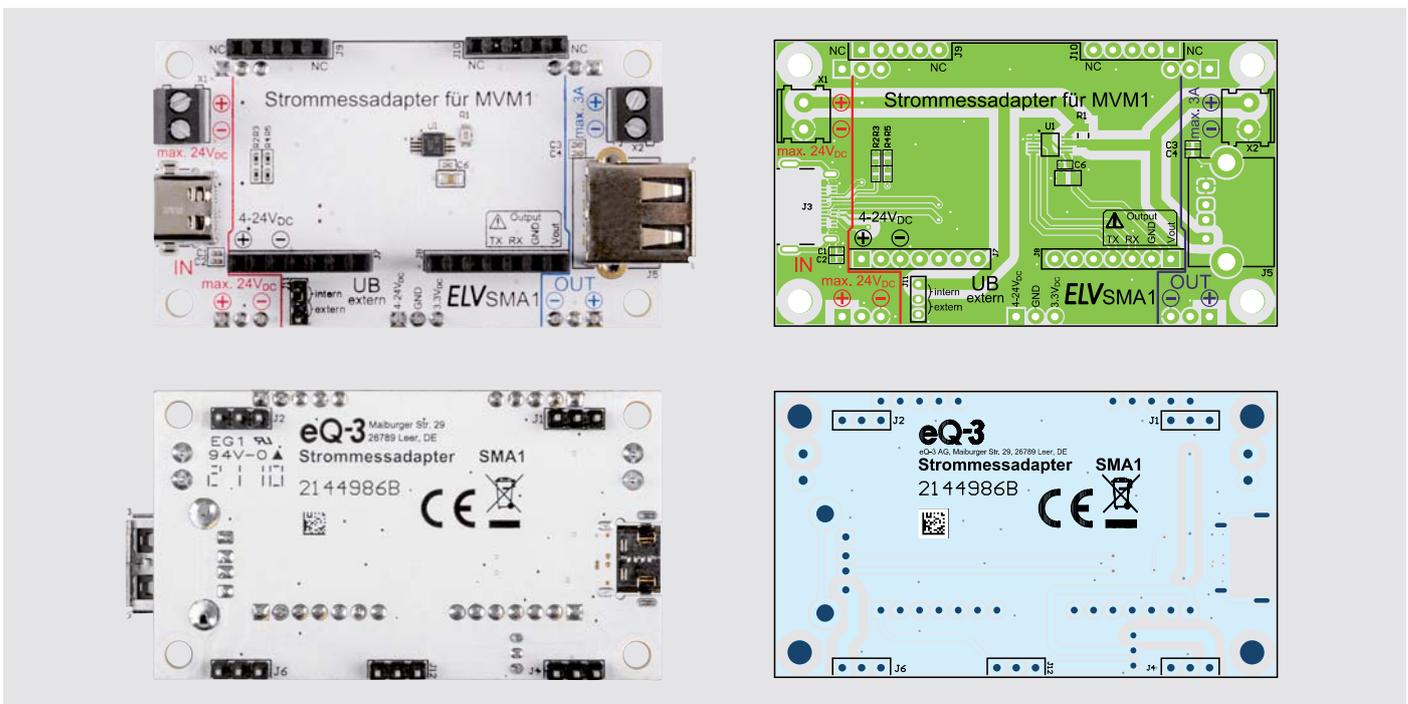
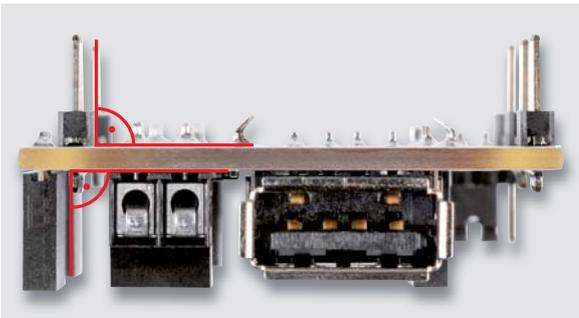
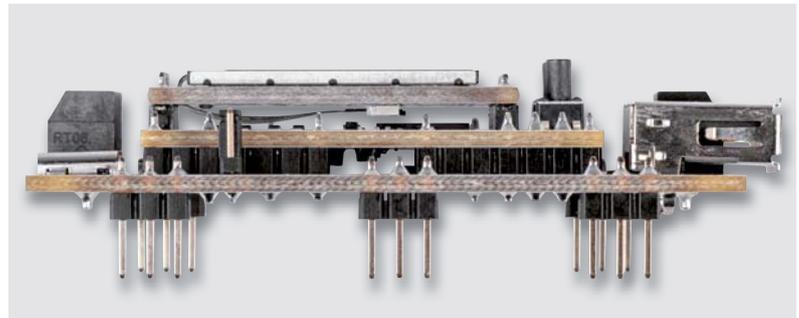


Bild 5: Platinenfotos und Bestückungspläne von der Bestückungsseite (oben) und von der Lötseite (unten)



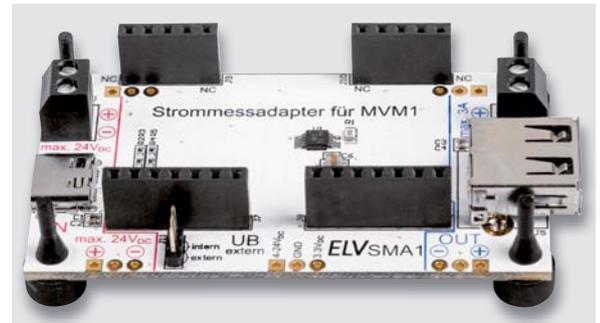
Es müssen lediglich die Schraubklemmen X1, X2, die Stiftleisten J1, J2, J4, J6, J11, J12, die USB-A Buchse J5 sowie die Buchsenleisten J7-J10 zum Aufstecken des MVM1 bestückt werden. Achten Sie beim Anlöten der Stift- und Buchsenleisten auf eine korrekte Ausrichtung.



Auf die Buchsenleisten kann verzichtet werden, wenn Sie das Mini-Voltmeter MVM1 nicht mehr separat verwenden wollen und direkt einlöten. Die Pins auf der Unterseite sollten dann auf ca. 1 mm gekürzt werden.



Alternativ zur Steckbrettmontage kann auf die Bestückung der Stiftleisten J1, J2, J4, J6 und J12 verzichtet werden und die 4 beiliegenden GummifüÙe können verwendet werden, z. B. wenn das Modul nur über die USB-Anschlüsse oder Schraubklemmen verwendet wird.

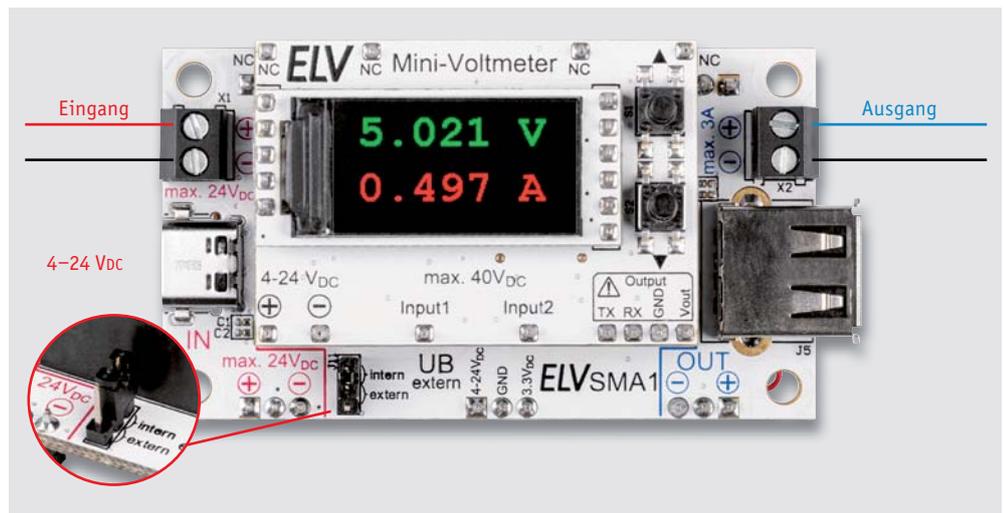


Bedienung

Für die Spannungsversorgung der beiden Module gibt es drei Möglichkeiten:

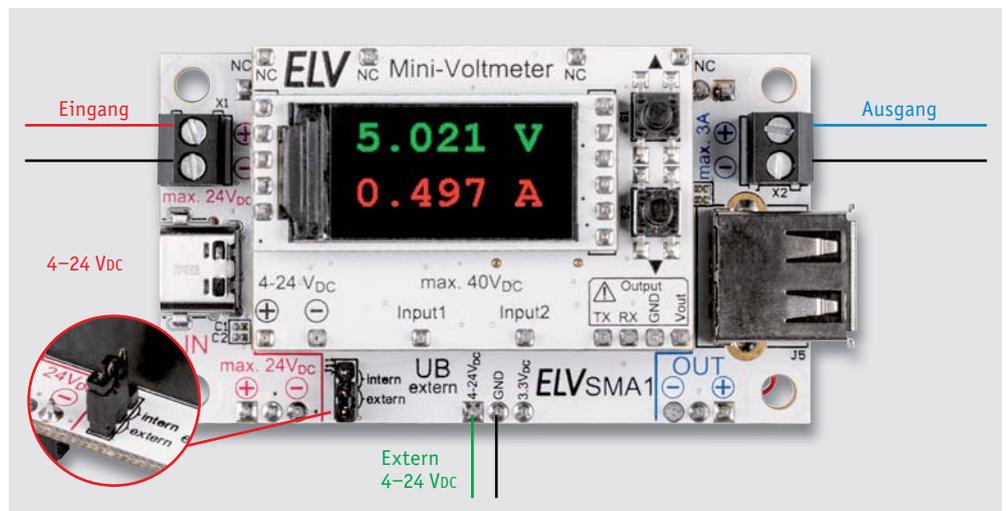
Option 1

Die Messspannung wird auch zur Versorgung verwendet, dabei darf die Messspannung aber nicht weniger als 4 V betragen. Der Jumper bei J11 muss auf intern gesetzt werden (s. Bildausschnitt).



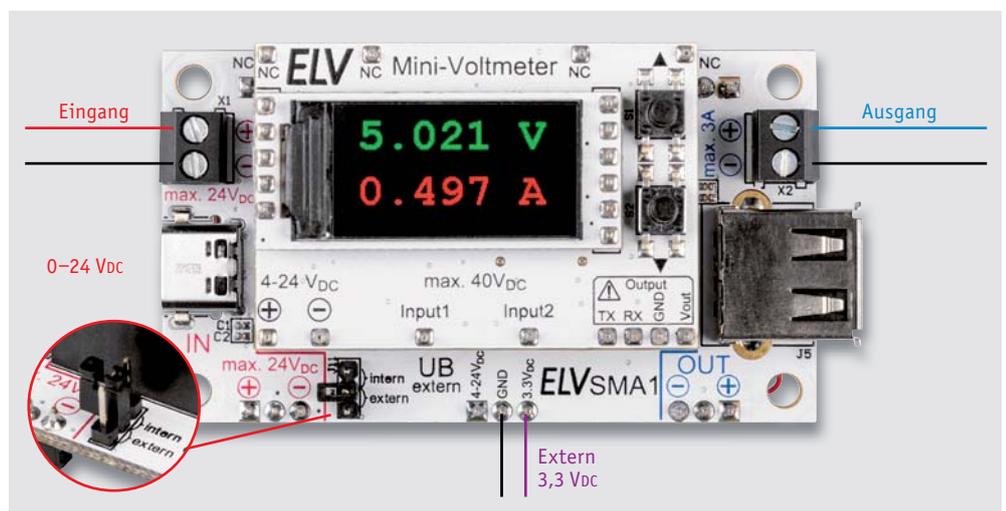
Option 2

Die Spannungsversorgung findet extern über die Stiftleiste J12 mit 4 bis 24 Vdc statt. Hierbei muss der Jumper bei J11 auf extern gesetzt werden (s. Bildausschnitt).



Option 3

Die Spannungsversorgung wird extern mit 3,3 V über die Stiftleiste J12 zugeführt. In diesem Fall darf der Jumper auf J11 nicht gesetzt sein (s. Bildausschnitt).





Anschluss Spannungsein- und -ausgang

Zum Anschluss der Eingangs- und Ausgangsseite stehen Ihnen drei Möglichkeiten offen. Die Spannungsversorgung und die Verbraucher können sowohl über die Schraubklemmen (Bild 6), die USB-Buchsen (Bild 7) oder die Stiftleisten (Breadboard, Bild 8) genutzt werden. Beachten Sie bei der Verwendung des Steckbretts die maximale Strombelastbarkeit.

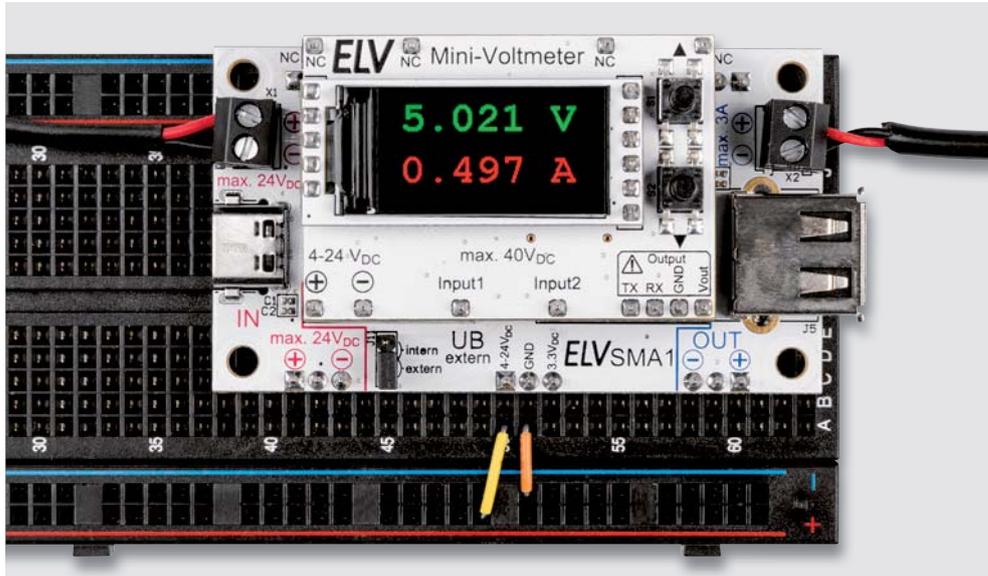


Bild 6:
Verwendung der
Schraubklemmen

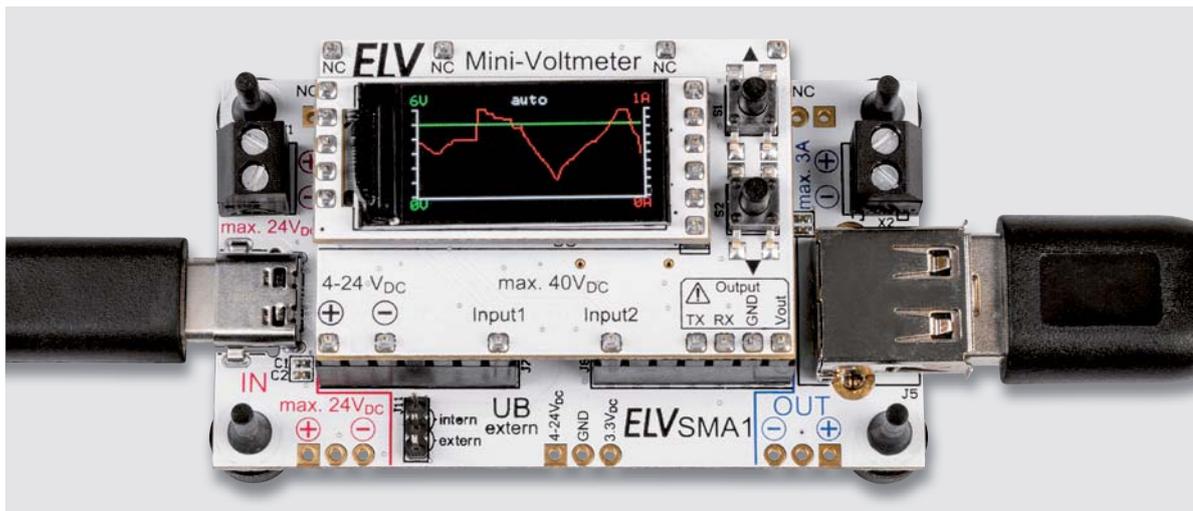


Bild 7: Mini-Voltmeter und Strommessadapter mit USB-Spannungsein- und -ausgang

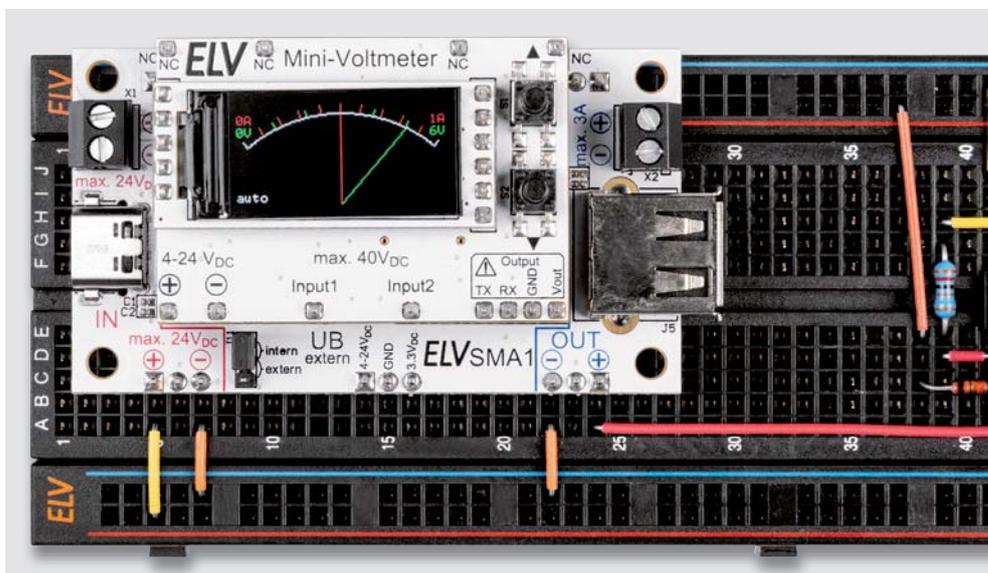


Bild 8: Beispiel für
die Verwendung von
MVM1 und SMA1 auf
dem Breadboard

**Widerstände:**

0,010 Ω/1 %/0,5 W/SMD/0805	R1
1,2 kΩ/SMD/0402	R3, R5
3,9 kΩ/SMD/0402	R2, R4

Kondensatoren:

10 nF/50 V/SMD/0402	C2, C4
100 nF/16 V/SMD/0402	C1, C3, C6
10 µF/16 V/SMD/0805	C5

Halbleiter:

INA226/SMD	U1
------------	----

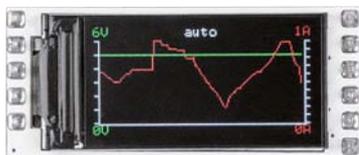
Sonstiges:

Stiftleisten, 1x 3-polig, gerade	J1, J2, J4, J6, J12
USB-Buchse, Typ C, SMD	J3
USB-Buchse, Typ A, liegend, THT	J5
Buchsenleisten, 1x 7-polig, print, gerade	J7, J8
Buchsenleisten, 1x 5-polig, gerade, THT	J9, J10
Stiftleiste, 1x 3-polig, RM 2 mm, vergoldet, gerade, THT	J11
Jumper, RM = 2,0 mm, schwarz, ohne Fahne	J11
Schraubklemmen, 2-polig, Drahtein- führung 90°, RM=3,5 mm, THT, black	X1, X2
Gehäuse-GummifüÙe, zylindrisch (8 x 5 mm), schwarz	

Geräte-Kurzbezeichnung:	SMA1
Spannungsversorgung:	4–24 V _{DC} /3,3 V _{DC}
Stromaufnahme:	21 mA max.
Max. Eingangsspannung Messkanal:	24 V _{DC}
Max. Strombelastbarkeit Messkanal:	3 A
Autorange:	6 V/1 A oder 40 V/3 A
Leitungslängen (IN/OUT/extern):	3 m max.
Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
Abmessungen:	70 x 38 x 30 mm (inkl. MVM1)
Gewicht:	30 g (inkl. MVM1)

Bedienung**Anzeigemodi**

Über die Tasten ▲ und ▼ lässt sich der Anzeigemodus umschalten. Es stehen vier verschiedene Anzeigeooptionen zur Verfügung:

Digital**Plotter****Bargraph****Analog**

Die Spannung wird in Grün und der Strom in Rot dargestellt.

Messbereich

Der Messbereich wird mit einem langen Tastendruck ▼ > 2 s ausgewählt.

- Auto
- 6 V / 1 A fest
- 40 V / 3 A fest

Im Auto-Modus wird der Messwert, sobald einer der Messwerte den 6-V- bzw. 1-A-Messbereich überschreitet, auf den 40-V- bzw. 3-A-Bereich umgeschaltet. Der Messbereich lässt sich aber auch fest auf 6 V/1 A oder auf 40 V/3 A einstellen, sodass keine automatische Umschaltung erfolgt.

Sollte der Messwert größer als der aktuelle Messbereich sein, wird die Fehlermeldung „Out of Range!“ eingeblendet und die größeren Messwerte werden nicht mehr korrekt dargestellt.

Beim Plotter bestimmt der aktuelle Messwert den Messbereich im Auto-Modus. Ist ein älterer Messwert im Anzeigebereich größer als der aktuelle Messbereich, wird auch die Fehlermeldung eingeblendet und es entsteht eine Lücke im Plotter. **ELV**

**Weitere Infos:**

- [1] Mini-Voltmeter MVM1 – Artikel-Nr. 156596
- [2] ELV Steckplatine/Breadboard mit 830 Kontakten, schwarze ELV-Version – Artikel-Nr. 250986

Qualität auf Empfang



ELV Bausatz

69,95 €

Artikel-Nr. 143310

Abm. (B x H x T):
63 x 142 x 25 mm

Hochwertiger Signallieferant

HQ-Stereo-UKW-Prüfgenerator SUP3

ELV

- Signalquellen: analoger Stereo-Audio-Eingang (Klinkenbuchse), digitaler USB-Port (als externe Soundkarte) oder interner Oszillator
- Frequenzbereich: 87,5–108 MHz
- Übersichtliche Anzeige und Bedienung am Gerät über farbiges OLED-Display (1,5"/3,81 cm) und Inkrementalgeber mit Tasterfunktion
- Konfiguration und Fernbedienung über USB per PC möglich
- PC-Steuersoftware als Download für Windows 7/8/10
- RDS-Textausgabe (2 x 8 Zeichen)

Alle Infos
zum Bausatz
unter
QR-Code:





MITMACHEN & GEWINNEN

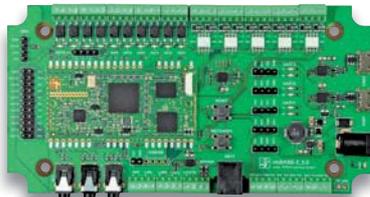
ELVjournal Leser testen und gewinnen

Ihre Meinung interessiert uns! Bewerben Sie sich als Tester und schreiben Sie für die nächste Ausgabe des ELVjournals einen Testbericht! Was gefällt Ihnen, was gefällt Ihnen nicht? Was kann man verbessern? Unter allen Bewerbern lösen wir die glücklichen Tester aus, die dann das jeweilige Testgerät behalten dürfen.

5x vicCONTROL go kit, Offline-Sprachsteuerung



vicCONTROL go kit ist ein Entwicklungskit zur Erstellung einer individuell konfigurierbaren Sprachsteuerung, die sich äußerst universell einsetzen lässt und dazu noch völlig autark arbeitet. Die dazu erforderliche PC-Entwicklungssoftware ist bereits im Kit enthalten.



Im Wert von **238,- €**

Artikel-Nr. 251951

15x CO₂-Monitor mit Lüftungsempfehlungen



Mit dem handlichen CO₂-Messgerät können Sie fortwährend die CO₂-Konzentration, Temperatur und Luftfeuchtigkeit (rH) im Raum kontrollieren. Dank praktischer Ampel-Funktion mit Lüftungsempfehlungen kann eine schnelle Bewertung und Interpretation der aktuellen CO₂-Messwerte erfolgen.



Im Wert von **89,99 € (UVP)**

Artikel-Nr. 252140

So werden Sie ELVjournal Leser-Tester und können gewinnen:*

Verlost werden unter allen Bewerbern: **5x vicCONTROL go kit, Offline-Sprachsteuerung** von voice INTER connect (Artikel-Nr. 251951) und **15x CO₂-Monitor mit Lüftungsempfehlungen** von technoline (Artikel-Nr. 252140).

Bewerben Sie sich jetzt!

⇒ Online auf www.lesertest.elvjournal.com – wählen Sie dort einfach Ihr Wunschprodukt aus.

Einsendeschluss: 15.08.2021

Mehrfache Teilnahmen derselben Person werden als nur eine Teilnahme gezählt und erhöhen nicht die Gewinnchance.

Sie erhalten zum Testprodukt eine ausführliche Bedienungsanleitung, gegebenenfalls weitere Informationen zum Produkt und einen Fragebogen, den Sie innerhalb von 4 Wochen nach Erhalt des Produkts und nach Abschluss des Tests an uns zurücksenden müssen. Das Testprodukt dürfen Sie nach Abschluss des Tests natürlich behalten.

Die Gewinner der Verlosung im ELVjournal 3/2021:

Heißluftlötstation HLS-1300



Martin Overbeck, 38126 Braunschweig
Volkmar Lühne, 06317 Seegebiet Mansfelder Land
Carsten Lingemann, 36166 Haunetal



Radio-Hi-Fi-Tuner DIT2105SBTX



Burkhard Theiss, 35713 Eschenburg-Simmersbach
Georg Rötzer, 93458 Eschlkam
Anja Kupfer, 99610 Sömmerda
Günter Klesz, 66787 Wadgassen
Andy Henschel, 06366 Köthen



* ELV ist berechtigt, die Testergebnisse sowie die Gewinner unter der Nennung ihres Namens und Wohnorts im ELVjournal und auf www.elvjournal.com zu veröffentlichen. Teilnahmeberechtigt sind Personen über 18 Jahre. Nicht teilnahmeberechtigt sind Mitarbeiter der ELV Elektronik AG und der eQ-3 AG Gruppe, der beteiligten Unternehmen und deren Angehörige sowie Gewinnspielvereine und automatisierte Dienste. Unter allen fristgerecht eingegangenen Einsendungen entscheidet das Los. Mehrfache Teilnahmen derselben Person werden als nur eine Teilnahme gezählt und erhöhen nicht die Gewinnchance. Eine Barauszahlung oder ein Tausch gegen andere Produkte ist nicht möglich. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.



Unsere Leser testeten

Digitales Mikroskop dnt UltraZoom PRO

Anleitung/Inbetriebnahme



Vergrößerung/Bildqualität



Display



Objektbeleuchtung



Unsere Leser bewerteten

1,5

Durchschnitt

In die Gesamtnote sind weitere Kriterien unseres Fragebogens einbezogen

Achim Stephansky:*„Kompaktes, trotzdem vielseitiges Mikroskop mit vielen Möglichkeiten“*

Im Wert von

149,99 €

Artikel-Nr. 251468



Das digitale Mikroskop dnt UltraZoom PRO dient mit seinem hohen Vergrößerungsfaktor der einfachen Handhabung und Untersuchung von sehr kleinen bzw. feinen Objekten, so z. B. in der Biologie, in der Feinmechanik oder der Elektronik. Durch den integrierten Akku ist es auch mobil betreibbar. Die hochauflösenden Einzelbilder und Videosequenzen können entweder auf einer microSD-Karte gespeichert oder via HDMI, FBAS und USB direkt auf externen Anzeigegeräten wiedergegeben werden. Eine PC-Auswertesoftware, Auf- und Durchlicht sowie ein variabler Polarizer ergänzen die Ausstattung. Wir waren gespannt auf die Testergebnisse unserer Leser.

„Gut gemacht, dnt“, möchte man angesichts des überzeugenden Testergebnisses von 1,5 als Fazit unserer Tester sagen. Das ist nicht nur anhand der sehr guten Notenbewertungen unseres Fragebogens zu bemerken, sondern auch an den sehr detaillierten Erfahrungsberichten der Tester – Danke für diese ausführlichen Tests!

Die Ergebnisse erreichen bei einigen Bewertungspunkten sogar die Bestnote von 1,0, z. B. für die Qualität des integrierten 12,7-cm-Displays sowie die Objekt-Beleuchtungsmöglichkeiten. Sehr gut wurden auch die Vergrößerung, die hohe Qualität der Foto- und Videoaufnahmen sowie die Wiedergabe auf externen Geräten bewertet.

Bedienungsanleitung, Verarbeitung, allgemeine Bedienung, Lieferumfang und die mitgelieferte Software erhielten Noten zwischen 1,75 und 2,0.

Was war für die Tester noch überzeugend? Hier fand die Selbstausslöserfunktion für verwacklungsfreie Aufnahmen ebenso positive Erwähnung wie die einfache Inbetriebnahme, die rauschfreien Kameraaufnahmen auch bei geringer Helligkeit sowie der nützliche Polarizer. Außerdem wurde der einfache mobile Einsatz, die Bearbeitungsmöglichkeit der Aufnahmen, die externen Anschlussmöglichkeiten, der zuschaltbare Zeitstempel und die lange Akku-Laufzeit gelobt.

Die Tester haben sehr sorgfältig gearbeitet und dementsprechend auch einige Verbesserungspotenziale erwähnt. Dazu zählt das in manchen Positionen etwas hakelige/schwergängige Stellrad für die Tiefenschärfe, die mitunter nicht langzeitstabile Höhenverstellung und die etwas unhandliche Lage von Bedienelementen seitlich hinter dem Display. Deshalb erhielt diese Sektion des Tests die Note 2,3.

Ein Tester bemängelte zudem die fehlende Nachhaltigkeit wegen des fest verbauten, nicht wechselbaren Akkus angesichts der zu erwartenden hohen Lebenserwartung des Mikroskops.

Als weitere Verbesserungsvorschläge wurden rutschfeste Füße, ein etwas stabileres Gehäuse sowie zusätzliche größere Objekthalter und ein HDMI-Kabel als Bestandteil des Lieferumfangs genannt. Auch Detailverbesserungen am Gerätemenü und der PC-Software wurden hier erwähnt.

Fazit: Ein Tester formulierte es so: „Zu dem Preis ein gelungenes Objekt.“ Das Mikroskop sticht durch seine Vielseitigkeit und durch eine sehr gute optische Wiedergabequalität, Mobilität sowie zahlreiche Anschluss- und Auswertemöglichkeiten heraus. Die Objektausleuchtungsoption inklusive variablen Polarizers ist ebenfalls ein gelungenes Feature. Verbesserungsvorschläge gibt es nur wenige, sie sind vorwiegend im Bereich der mechanischen Ausführung zu finden – wir leiten die Berichte der Leser-Tester an den Hersteller weiter.

ELV



Unsere Leser testeten

Kfz-Starthilfegerät BATTERYstart 300

Anleitung/Inbetriebnahme



Powerbank-Funktion



Starthilfe-Funktion



Akku-Kapazität



Unsere Leser bewerteten

1,6

Durchschnitt

In die Gesamtnote sind weitere Kriterien unseres Fragebogens einbezogen

Michael Kleiber:
„... gut durchdacht und mit wenigen Handgriffen im Einsatz“

Im Wert von

99,- €

Artikel-Nr. 251724



OSRAM

Handlich, leicht und leistungsfähig: Das einfach zu bedienende 3-in-1-Starthilfegerät mit 1500 A Spitzenstrom startet auf Knopfdruck Benzinmotoren bis max. 6 l Hubraum und Dieselmotoren bis max. 3 l Hubraum. Man kann mit dem Gerät außerdem bis zu zwei USB-Geräte gleichzeitig aufladen und es auch als Arbeits- und Notlicht verwenden. Umfangreiche Schutzfunktionen gewährleisten einen sicheren Umgang. Fünf Leser erhielten das Gerät zum Test, alle haben uns ausführlich geantwortet.

Eine Benotung von 1,6 als Endergebnis spricht für sich. Das Starthilfegerät tut das, was es soll, und das in den meisten Disziplinen sogar sehr gut.

Mit Noten zwischen 1,2 und 1,4 wurden der allgemeine Eindruck, die Verarbeitung, die genaue Ladestandsanzeige, die zusätzliche Powerbank-Funktion sowie die praktische Aufbewahrungstasche bewertet.

Eine 1,6 erhielten die Bedienungsanleitung, die integrierte Taschenlampe und ihre unterschiedlichen Betriebsmodi sowie die einfache Bedienprozedur beim Starthilfевorgang.

Mehrfach hoben die Tester die Kompaktheit des Geräts, die gute und solide Verarbeitung, die angenehme Oberflächenhaptik und die solide Möglichkeit des Verstauens in der mitgelieferten Tasche hervor. Das Gesamtkonzept und die Ausführung wurden mehrfach als gut durchdacht bewertet.

Natürlich standen die Funktionalität und die Handhabung im Mittelpunkt des Tests. Hier lobten

die Tester die einfache Bedienung sowie die Schutzfunktionen z. B. gegen Fehllanschluss oder Kurzschluss des BATTERYstart 300.

Auch die Funktionalität wie z. B. die Nützlichkeit der integrierten Taschenlampe erntete Lob. Vor allem wurde aber die Verwendung des Geräts als Powerbank positiv hervorgehoben. So kann das Gerät etwa im Sommer, wenn der Einsatz als Starthilfegerät eher seltener zu erwarten ist, für das Laden mobiler Geräte herangezogen werden. Über den universellen USB-Ladeanschluss ist es dann sogar während der nächsten Fahrt im Kfz nachladbar.

Wir fragten wie immer, was am Produkt nicht so gut gefällt, und was man vermisst. Hier wurde die zu kleine Beschriftung inkl. der Warnhinweise bemängelt. Zwei Tester wünschen sich den inzwischen zeitgemäßerem USB-C-Ladeanschluss neben den vorhandenen Anschlüssen. Mehr Akku-Kapazität wünscht man sich immer, so auch einige Tester.

Am schlechtesten unter all unseren Fragen des Fragenkatalogs wurde die Kabellänge des Starthilfekabels bewertet. Hier gab es nur drei Mal ein „Gut“ und zwei Mal ein „Befriedigend“ – mehr Länge von 30 bis 50 cm wurde als wünschenswert ermittelt.

Fazit: Ein praktisches, vielseitiges und gut handhabbares Produkt nicht nur für das Auto, sondern auch für die vielen heute allgegenwärtigen mobilen Geräte, das – bis auf das etwas zu kurze Starthilfekabel – nahezu perfekt gelungen ist. **ELV**

Sie wollen es genau wissen?
 Die Testberichte unserer Leser finden Sie auch unter:
www.lesertest.elvjournal.com

Die ELVjournal Abos im Überblick

ELVjournal Kombi-Abo¹

- Bis zu 35 % Ersparnis gegenüber den einzelnen Print-/Online-Abos
- Versandkostenfreie Lieferung direkt zu Ihnen nach Hause
- 12 Monate lang voller Zugriff auf alle kostenpflichtigen digitalen Inhalte des ELVjournals
- Komplett-Ausgabe des ELVjournals als PDF-Download
- Kostenlose, angereicherte Ausgaben in der ELVjournal App

Deutschland
49,95 €

Österreich
55,95 €

Schweiz
CHF 79,95

Übriges Ausland
89,95 €

ELVjournal Online-Abo¹

- Über 15 % Preisvorteil im Vergleich zum Einzelkauf
- 12 Monate lang voller Zugriff auf alle kostenpflichtigen digitalen Inhalte des ELVjournals
- Komplett-Ausgabe des ELVjournals als PDF-Download
- Kostenlose, angereicherte Ausgaben in der ELVjournal App

Deutschland
39,95 €

Österreich
39,95 €

Schweiz
CHF 45,95

ELVjournal Print-Abo¹

- Über 15 % Preisvorteil im Vergleich zum Einzelkauf
- Versandkostenfreie Lieferung direkt zu Ihnen nach Hause
- Sie verpassen keine Ausgabe und sichern sich exklusive, innovative Anleitungen für Selbstbauprojekte und erweitern Ihr Technikwissen

Deutschland
39,95 €

Österreich
45,95 €

Schweiz
CHF 68,95

Übriges Ausland
69,95 €

ELVjournal Schnupper-Abo

- Bis zu 35 % Ersparnis gegenüber Einzelkauf
- Testen Sie 2 aktuelle Printausgaben des ELVjournals
- Die ELVjournale werden direkt zu Ihnen nach Hause geliefert – ohne zusätzliche Zustell- und Portokosten

Deutschland
9,95 €

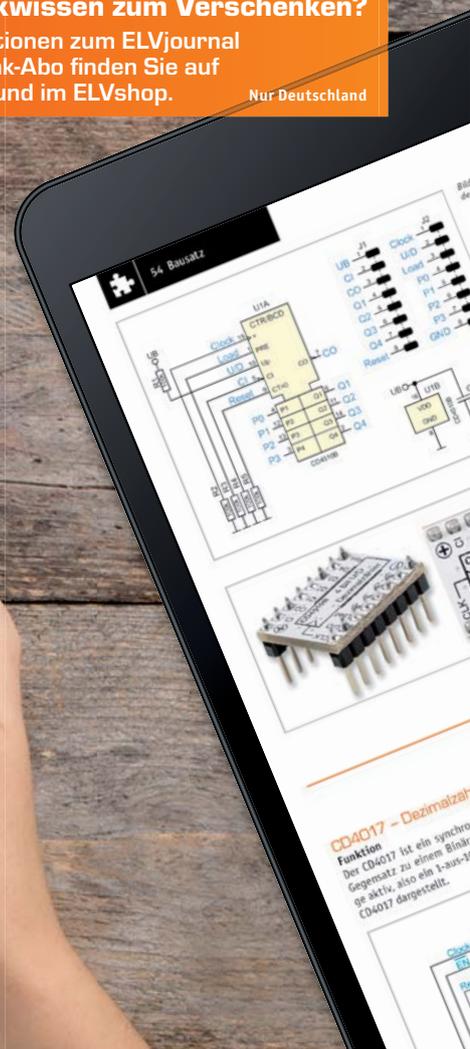
Österreich
13,95 €

Schweiz
CHF 19,95

1) Das ELVjournal erscheint alle 2 Monate. Sofern Sie nicht kündigen, verlängert sich der Bezug automatisch entsprechend den o. g. Preisen. Eine Kündigung ist jederzeit möglich.



Technikwissen zum Verschenken?
Informationen zum ELVjournal
Geschenk-Abo finden Sie auf
Seite 3 und im ELVshop. Nur Deutschland



Infos zu allen Abos
finden Sie auch online



KI-Praxis II

Teil 2

Neuronale Netze – Aufbau und Training

Im ersten Beitrag zu dieser Reihe wurden im ELVjournal 3/2021 die Grundlagen des maschinellen Lernens erläutert. Den Abschluss bildete dort die grafische Analyse verschiedener Irisarten in einem Jupyter Notebook auf einem Raspberry Pi. In diesem Artikel soll es nun darum gehen, ein Neuronales Netz und die Methoden des Deep Learning einzusetzen. Auch diese Aufgabe kann wieder problemlos mit einem Raspberry Pi 4 gelöst werden.



Auszug aus dem Iris-Datensatz

	sepal length	sepal width	petal length	petal width	species
0	5.1	3.5	1.4	0.2	Iris-setosa
1	4.9	3	1.4	0.2	Iris-setosa
2	4.7	3.2	1.3	0.2	Iris-setosa
3	4.6	3.1	1.5	0.2	Iris-setosa
4	5	3.6	1.4	0.2	Iris-setosa
5	5.4	3.9	1.7	0.4	Iris-setosa
6	4.6	3.4	1.4	0.3	Iris-setosa
7	5	3.4	1.5	0.2	Iris-setosa
8	4.4	2.9	1.4	0.2	Iris-setosa
9	4.9	3.1	1.5	0.1	Iris-setosa
50	7	3.2	4.7	1.4	Iris-versicolor
51	6.4	3.2	4.5	1.5	Iris-versicolor
52	6.9	3.1	4.9	1.5	Iris-versicolor
53	5.5	2.3	4	1.3	Iris-versicolor
54	6.5	2.8	4.6	1.5	Iris-versicolor
55	5.7	2.8	4.5	1.3	Iris-versicolor
56	6.3	3.3	4.7	1.6	Iris-versicolor
57	4.9	2.4	3.3	1	Iris-versicolor
58	6.6	2.9	4.6	1.3	Iris-versicolor
59	5.2	2.7	3.9	1.4	Iris-versicolor
100	6.3	3.3	6	2.5	Iris-virginica
101	5.8	2.7	5.1	1.9	Iris-virginica
102	7.1	3	5.9	2.1	Iris-virginica
103	6.3	2.9	5.6	1.8	Iris-virginica
104	6.5	3	5.8	2.2	Iris-virginica
105	7.6	3	6.6	2.1	Iris-virginica
106	4.9	2.5	4.5	1.7	Iris-virginica
107	7.3	2.9	6.3	1.8	Iris-virginica
108	6.7	2.5	5.8	1.8	Iris-virginica
109	7.2	3.6	6.1	2.5	Iris-virginica

Tabelle 1

Neuronale Netze

Der Iris-Datensatz besteht aus drei Klassen (Iris setosa, Iris virginica und Iris versicolor), die nicht linear voneinander trennbar sind. D. h., es ist nicht möglich, einen Satz linearer Funktionen zu finden, die aus den Blütenblattdaten (sepal-/petal-length, sepal-/petal-width, Angaben in cm) eindeutig die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Irisart berechnen. Damit hat man ein klassisches Beispiel für den Einsatz eines Neuronales Netzes vor sich. Die **Tabelle 1** zeigt einen Auszug aus dem Iris-Datensatz.

Es stehen damit vier Messwerte pro Datensatz zur Verfügung. Daraus ergibt sich, dass das zugehörige Neuronale Netz vier Knoten in der Eingabeschicht (Input Layer) haben muss. Da jedes Blütenexemplar in eine von drei Klassen einsortiert werden soll, werden drei Ausgabeknoten benötigt.

Netze mit mehreren Schichten

Im Folgenden wird das sogenannte „mehrschichtige Perzeptron“ (MLP: Multi Layer Perceptron) verwendet. Dabei handelt es sich um ein künstliches neuronales Netzwerkmodell, das beliebige numerische Eingabedaten auf festgelegte Ausgabedaten abbildet. Ein MLP besteht definitionsgemäß immer aus mehreren Schichten. Typischerweise ist jede Schicht vollständig mit der nachfolgenden verbunden. Die Knoten der Schichten bestehen aus künstlichen Neuronen, die mit nichtlinearen Aktivierungsfunktionen arbeiten. Das Konzept der Aktivierungsfunktion geht auf das Verhalten von biologischen Neuronen im menschlichen Gehirn zurück. Diese kommunizieren über aktive oder inaktive Aktionspotenziale. Dabei handelt es sich um einen Mittelweg zwischen einem eher digitalen Ein- und Ausschalter und einem rein analogen System mit beliebigen Zwischenwerten. Bei künstlichen neuronalen Netzen imitieren die Knoten das neuronale Verhalten durch Anwendung einer Schwellwertfunktion. **Bild 1** zeigt verschiedene gängige Varianten dazu:

- Sigmoide
- Stufenfunktion
- Tangens hyperbolicus

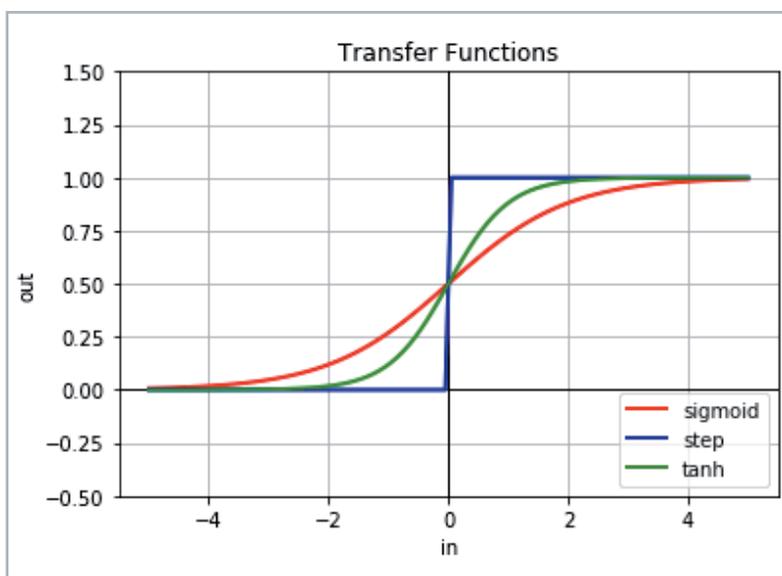


Bild 1: Übertragungsfunktionen

„Sigmoid“ bezieht sich auf eine Krümmung in zwei Richtungen. Es existieren verschiedene Sigmoid-Funktionen. Die sogenannte logistische Funktion kommt deshalb häufig zum Einsatz, weil sie mehrere Vorteile bietet. Der Rechenaufwand dafür ist zwar höher als bei der Stufenfunktion, durch effiziente Algorithmen kann die logistische Funktion dennoch sehr schnell ausgewertet werden. Zudem verhält sie sich im späteren Training eines Netzwerks besonders vorteilhaft im Vergleich zur Stufenfunktion. Die anderen Varianten wie z. B. die Tanhyp-Funktion kommen daher eher selten zum Einsatz.

Über die Schwellwertfunktion erhält das Neuronale Netz eine gewisse Nichtlinearität. Ohne diese wäre seine Funktionalität deutlich eingeschränkt. Die Theorie dazu ist vergleichsweise komplex. Es kann jedoch leicht gezeigt werden, dass rein lineare Transformationen nicht in der Lage sind, komplexe Aufgaben wie Bild- oder Spracherkennung effektiv zu lösen.



Nach der Festlegung einer Transferfunktion kann man nun einzelne Neuronen zu einem Netzwerk verknüpfen. Zwischen der Eingabe- und der Ausgabebene können sich dabei eine oder mehrere innere oder „verborgene“ Ebenen befinden.

Es gibt kein Standardverfahren für die Bestimmung der Anzahl von Schichten und Knoten in einem Neuronalen Netzwerk. Die Topologie eines Netzes hängt stark von der jeweiligen Aufgabenstellung ab. Hier kommen immer auch die Erfahrung und der Wissensstand des Entwicklers mit ins Spiel. Häufig muss man verschiedene Kombinationen austesten, um herauszufinden, welche Netzstruktur wirklich optimal ist.

Für die Iris-Klassifizierung hat sich die in Bild 2 gezeigte Topologie als guter Einstieg erwiesen.

Daten-Vorverarbeitung

Nach diesen Vorüberlegungen kann nun das im ersten Beitrag vorgestellte und installierte Jupyter Notebook auf dem Raspberry Pi gestartet werden. Zudem sollte das Downloadpaket zu diesem Artikel [1] auf den Pi geladen werden. Dies kann direkt über eine Internetverbindung oder über den Zwischenschritt PC und USB-Stick (bzw. einen FTP-Client wie Filezilla [2]) erfolgen. Bild 3 zeigt das geöffnete Notebook aus dem Downloadpaket auf dem Pi.

Damit steht der Entwicklung eines Neuronales Netzes auf dem Raspberry nichts mehr im Wege.

Wie auch die Tabelle 1 zeigt, enthält der Iris-Datensatz fünf Spalten. Die Aufgabe besteht darin, die Klasse, d. h. die Werte in der fünften Spalte, vorher-

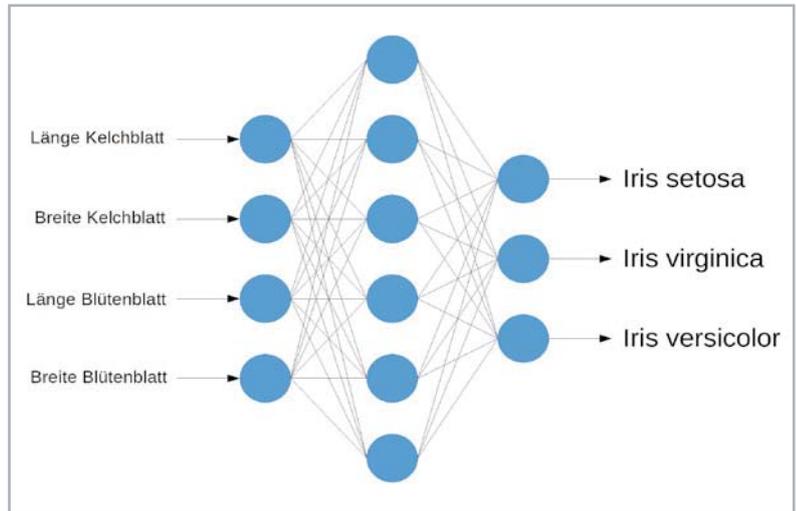


Bild 2: Neuronales Netzwerk zur Klassifizierung von Irisarten

zusagen. Als Eingabedaten dienen die ersten vier Spalten, also die Kelchblattlänge (sepal length), Kelchblattbreite (sepal width), Blütenblattlänge (petal length) und Blütenblattbreite (petal width).

Nach dem Start des Jupyter Notebook mit der Eingabe `jupyter notebook` in einem Terminalfenster wird das aktuelle Verzeichnis in der Dateiübersicht des Jupyter-Notebooks angezeigt. In diesem Verzeichnis sollte auch die Datei aus dem Downloadpaket abgelegt sein, die man jetzt ausgewählt und öffnet.

Eine detaillierte Beschreibung zur Installation des Jupyter Notebooks finden Sie im ersten Teil der Beitragsreihe [3].

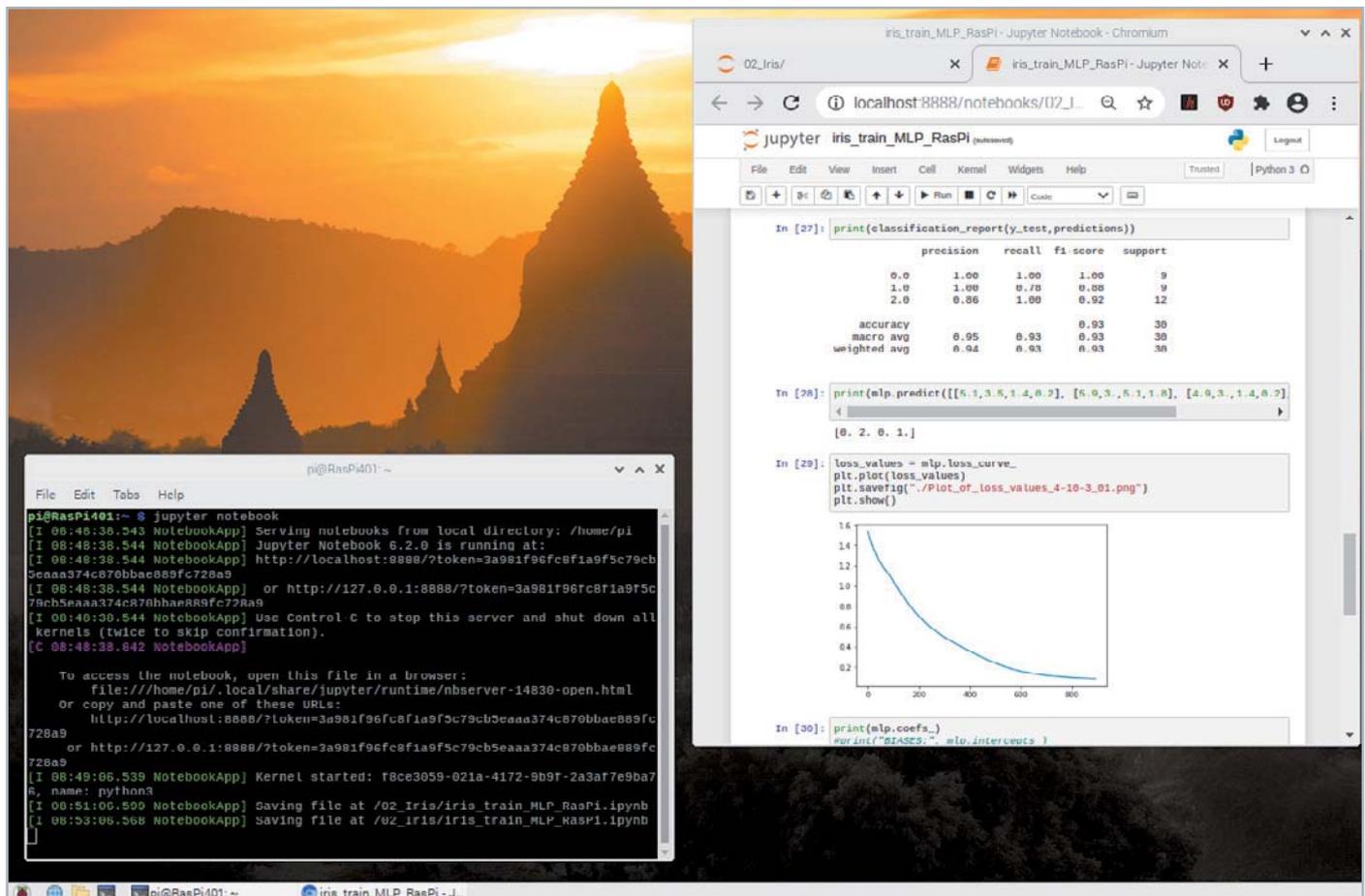


Bild 3: Das Jupyter Notebook auf dem Raspberry Pi



Wir gehen den Code im Folgenden durch.

Zunächst werden die erforderlichen Bibliotheken:

```
import pandas as pd
from sklearn.neural_network import MLPClassifier
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix
import matplotlib.pyplot as plt
import time
```

für das Anwendungsbeispiel importiert.

In der ersten Zelle des Notebooks werden die Daten selbst wieder direkt aus dem Internet geladen (Zelle 2):

```
url = "https://raw.githubusercontent.com/jbrownlee/Datasets/master/iris.csv"
names = ['sepal-length', 'sepal-width', 'petal-length', 'petal-width', 'species']
data_train = pd.read_csv(url, names=names)
```

Anschließend werden die einzelnen Spalten mit Namen versehen. Mit

```
print(data_train)
```

kann die geladene Tabelle in Augenschein genommen werden. Alternativ könnten die Daten (iris_D.csv) auch als Tabelle (z. B. via USB-Stick) geladen werden, falls etwa der Raspberry Pi nicht über eine Internetverbindung verfügt. Dann könnte die Umwandlung in ein Array über

```
data_train = pd.read_csv('/home/pi/DATA/IRIS/iris_D.csv')
```

erfolgen.

Die Werte in der letzten Spalte bestehen aus alphanumerischen Bezeichnungen (Kategorienamen). Neuronale Netze können jedoch nur mit rein numerischen Daten arbeiten. Die nächste Aufgabe besteht deshalb darin, diese Kategorien in Zahlenwerte umzuwandeln:

```
data_train.loc[data_train['species']=='Iris-setosa', 'species']=0
data_train.loc[data_train['species']=='Iris-versicolor', 'species']=1
data_train.loc[data_train['species']=='Iris-virginica', 'species']=2
data_train = data_train.apply(pd.to_numeric)
```

Das Ergebnis kann wieder mit `print(data_train)` überprüft werden und sollte so aussehen:

	sepal-length	sepal-width	petal-length	petal-width	species
0	5.1	3.5	1.4	0.2	0
1	4.9	3.0	1.4	0.2	0
2	4.7	3.2	1.3	0.2	0
3	4.6	3.1	1.5	0.2	0
4	5.0	3.6	1.4	0.2	0
...
145	6.7	3.0	5.2	2.3	2
146	6.3	2.5	5.0	1.9	2
147	6.5	3.0	5.2	2.0	2
148	6.2	3.4	5.4	2.3	2
149	5.9	3.0	5.1	1.8	2

[150 rows x 5 columns]

Trainings- und Testdaten

Der vollständige Datensatz wird nun in Trainings- und Testdaten aufgeteilt. Die Trainingsdaten werden verwendet, um das Neuronale Netzwerk zu trainieren. Die Testdaten dienen dazu, die Leistung des Neuronalen Netzwerks zu bewerten. Damit kann das Phänomen der „Überanpassung“ vermieden werden. Dieses entsteht, wenn ein Neuronales Netz zu genau auf die Testdaten angepasst wird, bei neuen Daten jedoch schlechtere Ergebnisse liefert, als prinzipiell möglich wäre.

Die Aufteilung der Trainings- und Testaufteilungen erfolgt über:

```
data_train_array = data_train.to_numpy()
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    data_train_array[:,4],
    data_train_array[:,4],
    test_size=0.2)
```

Dabei werden 20 Prozent (`test_size = 0.2`) der Daten für den Testdatensatz abgetrennt. Somit stehen also $150 \times 0,2 = 30$ Testdatensätze zur Verfügung, die beim Training nicht verwendet werden. Diese kommen später für die unabhängige Evaluierung des Netzes zum Einsatz.

Training und Vorhersagen

Nun kann mit dem Trainieren eines Neuronalen Netzwerks begonnen werden. Dazu sind die folgenden Anweisungen auszuführen:

```
mlp = MLPClassifier(hidden_layer_sizes=(6,), max_iter=1000)
mlp.fit(X_train, y_train)
```

Hier zeigt sich sehr eindrucksvoll, wie mächtig die Bibliotheken wie „Scikit-Learn“ tatsächlich sind. Mit nur zwei Codezeilen lässt sich ein leistungsfähiges Neuronales Netzwerk erstellen, das bereits praxisrelevante Aufgaben übernehmen kann.

Der erste Schritt besteht darin, den MLPClassifier mit zwei Parametern zu initialisieren. Der erste Parameter (`hidden_layer_sizes`) wird verwendet, um die Größe der verborgenen Schichten festzulegen. Hier wird beispielsweise eine Ebene mit sechs Knoten definiert (s. Bild 2).

Durch Variation dieses Parameters kann die Topologie des Netzes verändert werden. Mit

```
mlp = MLPClassifier(hidden_layer_sizes=(6, 8, 5),
    max_iter=1000)
```

entstünde bereits ein Netz mit drei verborgenen Schichten, das sechs Neuronen in der ersten, acht in der zweiten und fünf Neuronen in der dritten inneren Schicht aufweist. Die Anzahl der Eingabe- (vier) und Ausgabeneuronen (drei) ergibt sich automatisch aus dem Format des Datensatzes.

Der zweite Parameter im MLPClassifier („`max_iter`“) gibt die Anzahl der Iterationen an, die das Neuronale Netzwerk maximal ausführen soll. Der Algorithmus arbeitet so lange, bis eine intern vorgegebene Genauigkeit oder diese maximale Anzahl von Iterationen erreicht wird.



Der MLP-Klassifizierer bietet darüber hinaus weitere optionale Parameter. Die wichtigsten davon sind:

activation{'identity', 'logistic', 'tanh', 'relu'},
default='relu'

Aktivierungsfunktion für die verborgenen Schichten, u. a.:

'logistic': logistische Sigmoid-Funktion

'relu', lineare Einheitsfunktion ($\max(0, x)$)

solver{'lbfgs', 'sgd', 'adam'}, **default='adam'**

Funktion zur Gewichtsoptimierung.

„adam“ bezieht sich auf einen gradientenbasierten Optimierer. Dieser funktioniert bei großen Datensätzen meist am besten. Bei kleinen Datensätzen kann „lbfgs“ jedoch schneller konvergieren und eine bessere Leistung erzielen.

verbose: bool, default=False

Ist „verbose“ auf True gesetzt, wird der Iterationsfortschritt fortlaufend ausgegeben

Standardmäßig wird die Aktivierungsfunktion „relu“ mit dem Optimierer „adam“ verwendet. Diese Werte können jedoch mithilfe der Aktivierungs- bzw. Solver-Parameter angepasst werden. Die Anweisung

```
mlp = MLPClassifier(hidden_layer_sizes=(6,8,5),
activation='logistic', solver='lbfgs', max_iter=3000,
verbose=True)
```

definiert also wieder das oben angegebene Netz, jetzt jedoch mit den folgenden Parametern:

Aktivierungsfunktion: logistisch

Solver: lbfgs (also Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno-Algorithmus (BFGS))

Maximale Iterationen: 3000

verbose=True: Der Iterationsfortschritt wird fortlaufend ausgegeben

In der zweiten Zeile wird die Anpassungsfunktion verwendet, um den Algorithmus mit den im letzten Abschnitt erzeugten Trainingsdaten (X_train und y_train) zu trainieren.

Je nach verwendeten Parametern und definierter Netzstruktur kann das Training zwischen wenigen Sekunden und mehreren Minuten in Anspruch nehmen. Nach Abschluss des Trainings wird die benötigte Laufzeit über

```
print('runtime: {:.3f}s'.format(end_proc-start_proc))
```

ausgegeben.

Die entsprechende Zelle im Jupyter-Skript enthält mehrere Varianten. Diese können durch Entfernen der Kommentarzeichen (#) wunschgemäß aktiviert werden.

Um die jeweils benötigten Trainingszeiten erfassen zu können, wurde über

```
start_proc = time.process_time()
```

und

```
print('runtime: {:.3f}s'.format(end_proc-start_proc))
```

eine Laufzeiterfassung implementiert. Die typischen Trainingszeiten liegen auf einem Raspberry Pi 4 zwischen zwei und bis zu 100 Sekunden.

Das Netz liefert Ergebnisse

Nun kann das fertig trainierte Netz bereits erste Vorhersagen liefern. Zunächst kann man sich noch die Fehlerquote des Trainings ansehen:

```
print("result training: %5.4f" % mlp.score(X_train, y_train))
```

Interessanter als die Trainingsdaten sind die dem Netz bisher „unbekannten“ Testdaten. Die Treffgenauigkeit des Netzes erhält man über:

```
print("result test: %5.4f" % mlp.score(X_test,y_test))
```

Diese sollte typischerweise bei 96,67 Prozent liegen. Das heißt, dass im Testdatensatz mit 30 Blumen nur eine falsch kategorisiert wurde:

$1 - 1/30 = 0,9667 = 96,67 \%$

Die Werte können natürlich je nach verwendeter Netzarchitektur von den oben angegebenen Ergebnissen abweichen. Zudem können die Ergebnisse auch über verschiedene Trainingsläufe hinweg variieren, da die Funktion „train_test_split“ die Daten zufällig in Trainings- und Testsätze aufteilt, sodass das Netzwerk nicht immer mit denselben Daten trainiert oder getestet wird.

Die vorhergesagten Werte können über

```
predictions = mlp.predict (X_test)
```

abgefragt werden. Mit

```
print("No Wert Vorhersage")
for i in range(0,30):
print (i, " ", y_test[i], " ", predictions[i])
```

erfolgt eine Ausgabe in tabellarischer Form. Mit den oben angegebenen Ergebnissen sollten alle Werte – mit einer Ausnahme – übereinstimmen:

No	Wert	Vorhersage
0	1.0	1.0
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	2.0	2.0
5	0.0	0.0
6	0.0	2.0
7	2.0	2.0
8	2.0	2.0
...

Der sechste Datensatz, in diesem Beispiel eine Iris setosa ('species' = 0) wurde hier fälschlicherweise als Iris virginica ('species' = 2) klassifiziert.

Man kann nun auch einzelne Datensätze auswählen und die Irisart dazu ermitteln lassen:

Für den ersten Eintrag (Datensatz 0):

	sepal-length	sepal-width	petal-length	petal-width	species
0	5.1	3.5	1.4	0.2	0

liefert das Neuronale Netz über



```
print(mlp.predict([[5.1,3.5,1.4,0.2]]))
```

das Ergebnis

0

also Iris setosa – und damit ein korrektes Ergebnis. Auch weitere Datensätze werden korrekt klassifiziert:

```
print(mlp.predict([[5.1,3.5,1.4,0.2], [5.9,3.,5.1,1.8], [4.9,3.,1.4,0.2], [5.8,2.7,4.1,1.]])
```

liefert das Ergebnis:

[0. 2. 0. 1.]

Nur ein Wert im Testdatensatz zeigt die einzige Fehlklassifizierung:

```
print(mlp.predict([[5.4,3.9,1.7,0.4]]))
```

Resultat:

2

also eine als Virginica identifizierte Setsosa.

Bewertung des Algorithmus

Abschließend kann man über verschiedene Bewertungsmethoden feststellen, wie gut der gewählte Algorithmus arbeitet. Dafür stehen die folgenden Parameter zur Verfügung:

- Wahrheitsmatrix (confusion_matrix)
- Präzision,
- Recall und f1-Wert

Die folgenden Befehle liefern einen Bewertungsbericht für das gewählte Netz:

```
print(confusion_matrix(y_test,predictions))
print(classification_report(y_test,predictions))
```

Dieser Code generiert das folgende Ergebnis:

1. Die Wahrheitsmatrix (Confusion matrix):

	Iris setosa	Iris virginica	Iris versicolor
Iris setosa	[[12	0	0]
Iris virginica	[0	11	1]
Iris versicolor	[0	0	6]]

Aus dieser Matrix entnimmt man, dass 12 Iris setosa, 11 Iris virginica und 6 Iris versicolor korrekt erkannt wurden. Lediglich eine Iris virginica wurde fälschlicherweise als Iris versicolor einsortiert. Man erkennt also auch hier wieder, dass von den 30 Pflanzen des Testdatensatzes lediglich eine falsch klassifiziert wurde.

2. Daneben werden außerdem weitere Bewertungskriterien ausgegeben: precision, recall, f1-score und support

Diese Werte liefern jeweils das Verhältnis von korrekt oder falsch vorhergesagten Werten zu den insgesamt möglichen Vorhersagen. Von besonderer Bedeutung ist hier der f1-Wert (f1-score). Die F1-Bewertung ist ein Maß für die „Treffgenauigkeit“ des Netzwerkes. Ein f1-Wert von 1 bedeutet, eine hohe Treffgenauigkeit, null eine niedrige. Der f1-Wert von 0,97 ist vergleichsweise gut, da mit nur 120 Datensätzen trainiert wurde. Insgesamt sollte die Genauigkeit unter den hier gegebenen Bedingungen immer besser als 95 Prozent sein.

Lernkurven

Bei Schülern oder Studenten, die sich mit dem Lernstoff schwertun, spricht man beschönigend davon, dass sie eine „flache Lernkurve“ haben. In der KI-Forschung stellt die Lernkurve dagegen ein wichtiges Bewertungskriterium dar.

Eine Lernkurve zeigt hier die Beziehung zwischen der Anzahl der Trainingsperioden und dem verbleibenden Vorhersagefehler. Es sollte sich daher eine stetig abfallende Kurve ergeben. Je schneller diese abfällt, desto rascher „lernt“ das Netz. Typischerweise zeigt sich zu Beginn des Trainings meist ein steiler Abfall. Das bedeutet, dass das Netz rasche Lernfortschritte macht. Dann flacht die Kurve ab. Das Netz hat sozusagen „ausgelernt“. Weitere Trainingszyklen liefern dann praktisch keine Verbesserungen mehr und das Training kann abgebrochen werden.

Die in Bild 4 dargestellte Lernkurve zeigt den Trainingsverlauf für das in Bild 2 dargestellte Netz. Es werden fast 2000 Trainingszyklen benötigt, um die gewünschte Fehlerquote von 0,1 zu erreichen.

Nun kann man mit den verschiedenen Netzstrukturen und -parametern experimentieren. So kann man überprüfen, ob die Lernkurve durch Hinzufügen weiterer Schichten verbessert wird. Auch die anderen Parameter wie die Aktivierungsfunktion oder der Solver können variiert werden. Ziele können hierbei ein möglichst schnelles Lernen oder ein möglichst geringer Endfehler sein.

Bild 5 zeigt eine Lernkurve für ein Netz mit drei inneren Schichten. Dieses weist jeweils 4, 10 und 3 Neuronen auf. Mit der Eingabe- und der Ausgabeschicht verfügt das Netz also bereits über insgesamt fünf Schichten. Die Lernkurve ist dementsprechend schon nahezu perfekt ausgebildet und erreicht bereits nach 600 Iterationen das Lernziel.

Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag zur Reihe KI-Praxis wurde gezeigt, wie ein Neuronales Netz konstruiert und trainiert wird. Als Praxisbeispiel diente ein Datensatz von Iris-Blumenarten. Nach dem Training des Netzes konnten die verschiedenen Pflanzenarten weitgehend korrekt anhand ihrer Blütenblattdaten klassifiziert werden. Aufgrund des relativ geringen Datenumfanges kann hier auch ein Kleinrechner wie der Raspberry Pi schnelle und gute Ergebnisse erzielen.

Der nächste Beitrag geht einen Schritt weiter. Dort sollen dann bereits reale Bilder klassifiziert werden. Am Beispiel von handgeschriebenen Ziffern wird dargelegt, wie ein KI-System Daten aus der realen Welt verarbeiten kann. Hier kann der Raspberry Pi sogar einen besonderen Vorteil ausspielen. Über die am Kamera-Port anschließbare Pi-Cam können direkt Bilddaten verarbeitet werden. Diese Möglichkeit wird in den späteren Themen wie Objekt- und Gesichtserkennung weiterentwickelt. 

Material	Artikel-Nr.
Raspberry Pi 4 Model B, 8 GB RAM	250567
Raspberry Pi 4B, 4 GB Starterset	250983



Bild 4: „Lernkurve“ eines Neuronalen Netzes nach Bild 2 (drei Schichten)

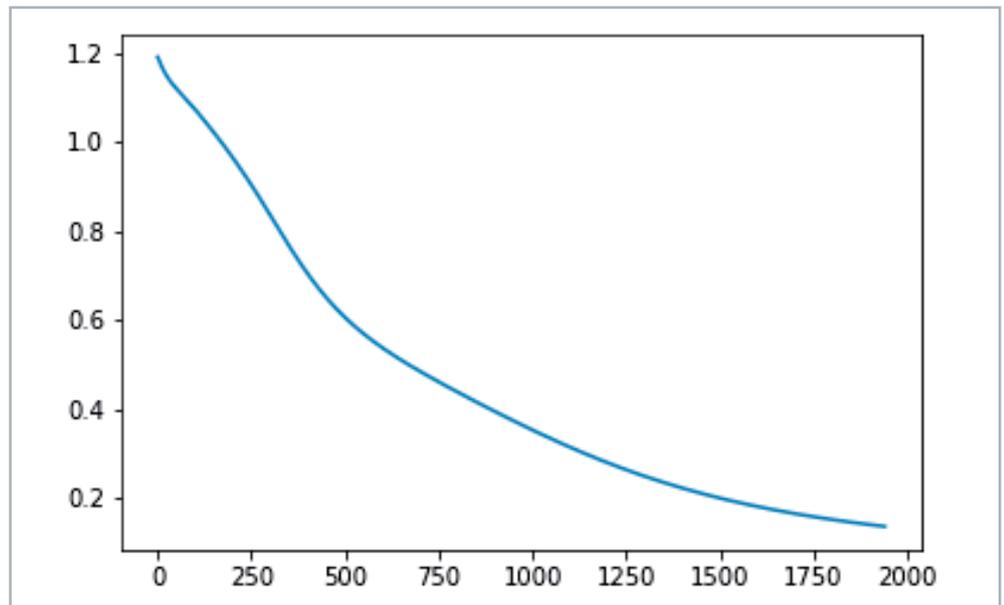
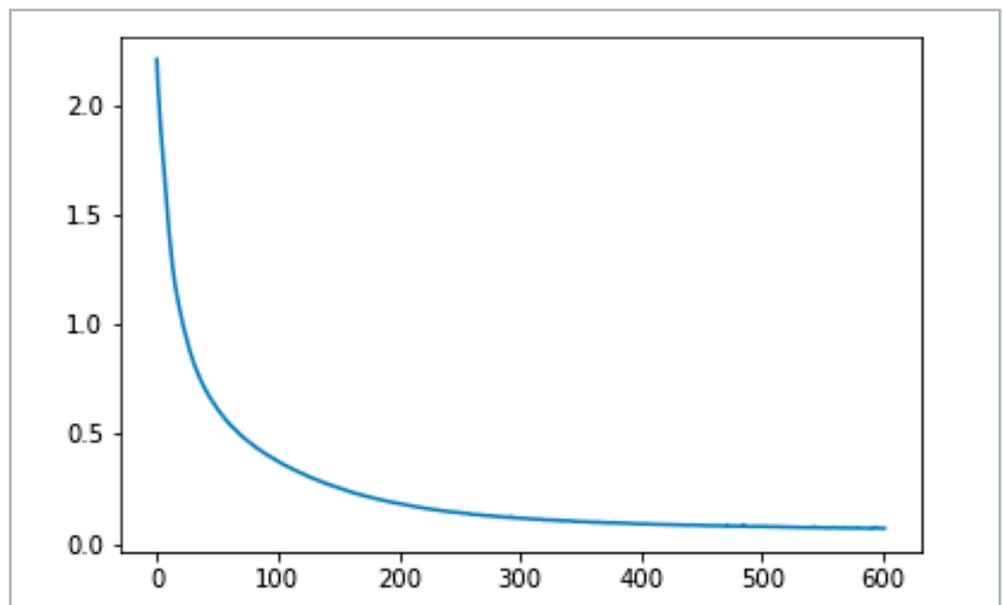


Bild 5: „Lernkurve“ eines Neuronalen Netzes mit insgesamt fünf Schichten



Weitere Infos:

- [1] Downloadpaket zu diesem Beitrag: Artikel-Nr. 252174
- [2] Filezilla: <https://filezilla-project.org/>
- [3] KI-Praxis I – Einstieg in die Künstliche Intelligenz Teil 1, ELVjournal 3/2021: Artikel-Nr. 252090

Alle Links finden Sie auch online unter: de.elv.com/elvjournal-links

Abonnieren Sie den ELV Newsletter und bleiben Sie stets informiert!

Neueste Techniktrends, tolle Sonderaktionen, kostenlose ELVjournal Fachbeiträge und vieles mehr: Abonnieren Sie jetzt unseren regelmäßig erscheinenden Newsletter und Sie werden stets als einer der Ersten über neue Artikel und Angebote informiert.

de.elv.com/newsletter

at.elv.com/newsletter
ch.elv.com/newsletter





Infraschall und Ultraschall

Natürliche und industrielle Quellen

Akustik-Serie Teil 15

Unter Infraschall versteht man Schallvorgänge mit Frequenzen unterhalb von 16 Hz. Schallvorgänge mit Frequenzen oberhalb von 16 kHz (bis 1,0 GHz) bezeichnet man als Ultraschall. Beide Frequenzwerte gelten nominell als Grenzwerte für den menschlichen Hörbereich. Den Frequenzbereich zwischen 16 kHz und 1 GHz bezeichnete man bisher auch als Hyperschall-Bereich (DIN 1320, Akustik – Begriffe). In der aktuellen Fassung dieser Norm aus dem Jahre 2009 wird dieser Begriff allerdings nicht mehr verwendet.

Beide genannten Grenzwerte (16 Hz und 16 kHz) sind gemäß dem immer noch gültigen Lehrbuchwissen zumindest erläuterungsbedürftig. Bereits 1936 hat der ungarische Biophysiker und Nobelpreisträger für Medizin György von Békésy Hörschwellenmessungen bis in den Infraschallbereich hinab durchgeführt. Man weiß heute definitiv von einigen Tierarten, z. B. von Elefanten oder von Blauwalen (im Wasser!), dass sie sehr tiefe Frequenzen hören können und den Infraschall sogar zu Kommunikationszwecken nutzen. Ebenfalls abgesichert ist die Tatsache, dass Infraschall sich ohne nennenswerte Dämpfung über sehr große Entfernungen ausbreiten kann, auch unter Wasser. Diese Eigenschaft des Infraschalls ist daher auch sehr hilfreich bei der weltweiten Überwachung von Kernwaffenversuchen, sei es unterirdisch, sei es in der Atmosphäre oder unter Wasser. Dafür gibt es eigens ein internationales Netz von Infraschall-Messstationen (IMS). Auch bei der Frühwarnung vor Tsunamis spielt der Infraschall heute eine sehr große Rolle.

Auch der Ultraschall findet vielerorts einen nicht mehr wegzudenkenden Anwendungsbereich. Über beide Schallarten und ihren praktischen Einsatz wird nachfolgend berichtet.

Infraschall: Wirkungen auf den Menschen

Die nicht selten lästige Wirkung von Infraschall auf unser Gehör ist nicht so einfach zu beurteilen wie Wahrnehmungen im üblichem Hörschallbereich. Wir wissen heute, dass unser Gehör in der Lage ist, „Luftdruckschwankungen“ wahrzunehmen, die frequenzmäßig dem Infraschallbereich zuzuordnen sind, und zwar bis zu 1 Hz herab. Dazu muss allerdings ein sehr viel höherer Schalldruckpegel verwendet bzw. überschritten werden. Zu tiefen Frequenzen hin nimmt die Empfindlichkeit unseres Gehörs bekanntlich ab. Für 100 Hz liegt unsere Hörschwelle bei etwa 23 dB, bei 20 Hz sind das schon mehr als 70 dB, und bei 4 Hz liegt unsere „Wahrnehmungsschwelle“ für Infraschall bereits bei etwa 120 dB. Die Infraschall-Wahrnehmungsschwelle erscheint quasi wie eine leicht versetzte Fortsetzung der bekannten Hörschwellenkurve gemäß ISO R 226 (Bild 1). Ein Hören im üblichen Sinne ist das allerdings nicht, sondern eher ein „Fühlen“. Und unterhalb von etwa 20 Hz verschwindet die Empfindung von Tonhöhen.



Zur Information:

In leicht verständlicher Form vermitteln wir eine **Einführung in die Arbeitsgebiete der technischen Akustik – einschließlich Schwingungstechnik – und der Elektroakustik.**

Themengebiete:

- Akustische Grundbegriffe – Schallfeldgrößen, Pegel, Resonatoren (2/2019)
- Schallausbreitung – Reflexion, Beugung, Brechung und Absorption (3/2019)
- Elektromechanische Analogien – Analogie erster und zweiter Art, Ersatzschaltbilder (4/2019)
- Elektroakustische Wandler – Wandlerprinzipien und ihre Gesetze (5/2019)
- Mikrofone – vom Studiomikrofon bis zum Subminiaturmikrofon (6/2019)
- Kopfhörer – elektrodynamische und elektrostatische Kopfhörer (1/2020)
- Lautsprecher – von den Anfängen bis zur Bassreflexbox (2/2020)
- Beschallungstechnik – gerichtete Schallabstrahlung, Linienstrahler (4/2020)
- Raum- und Bauakustik – Sabine'sches Gesetz, Nachhallzeit und äquivalente Absorptionsfläche (4/2020)
- Gehör – Lautstärke, Lautheit, Hörverlust, Hörgeräte, Audiometrie (5/2020)
- Persönlicher Schallschutz – von passiven Gehörschutzmitteln bis zum aktiven Schallschutz mittels „Antischall“ (6/2020)
- Akustische Messräume – reflexionsarme Räume, Impedanz-Messrohre und Hallräume (1/2021)
- Körperschall und Vibrationen – Accelerometer und Ladungsverstärker (2/2021)
- Wasserschall – Schallausbreitung im Wasser, Hydrofone und Wasserschall-Messtanks (3/2021)
- **Infraschall und Ultraschall – natürliche und industrielle Quellen**
- Akustische Messtechnik – Terz- und Oktavpegel, Intensitätsmessung, Korrelationsanalyse, Cepstrumanalyse und akustische Peilung
- Hörgeräte Elektronik – Rückblick auf den Beginn der Hörgeräte-Entwicklung: Von der Elektronenröhre bis zum integrierten Schaltkreis und zur Digitaltechnik

Theoretische Zusammenhänge werden nur so weit vertieft, wie es für das Verständnis des Stoffs notwendig ist. Auf mathematische Ausdrücke (Gleichungen, Formeln) wird im Text so weit wie möglich verzichtet. Anschauliche Illustrationen unterstützen diese Beiträge. Autor dieser Serie ist Prof. Dr.-Ing. Ivar Veit.

Etwas Ähnliches beobachtet man auch im Ultraschallbereich, und zwar beim „Hören“ von knochengeleitetem Ultraschall, ohne dass dabei zuordenbare Tonhöhenunterschiede wahrnehmbar werden.

Neben der rein akustischen Wirkung kann Infraschall auch auf das gesamte Wohlbefinden Einfluss nehmen, nämlich auf vibratorischem Wege. Das hat damit zu tun, dass die mechanischen Eigenfrequenzen

(= Resonanzfrequenzen) einiger sehr wichtiger Körperorgane im Bereich zwischen etwa 1 bis 8 Hz liegen und dort leicht angeregt werden können (Bild 2). Die Eigenfrequenz des gesamten menschlichen Körpers liegt ebenfalls im gleichen Bereich, nämlich zwischen etwa 4 bis 5 Hz.

Unterhalb von etwa 1 Hz kann man eine der bekanntesten Wirkungen extrem tieffrequenter, mechanischer Schwingungen auf unseren Körper kennenlernen, nämlich die See- oder Reisekrankheit mit den dafür typischen Symptomen Übelkeit, Unwohlsein und sogar Erbrechen. Ursache ist die sehr tiefe Eigenfrequenz des Gleichgewichtsorgans, die dabei angeregt wird. Bei Infraschallpegeln von ≥ 140 dB – unbewertet – wird neben den bereits erwähnten Einwirkungen auf unser Gleichgewichtsorgan gelegentlich sogar auch von Atembeschwerden, Veränderungen des Pulsschlags, Kopfschmerzen, Benommenheit und Tinnitus berichtet.

Verbindliche Grenz- oder Anhaltswerte für den Umgang mit Infraschall am Arbeitsplatz sowie im Wohnbereich gibt es in Deutschland bisher nicht. Das hat nicht zuletzt auch damit zu tun, dass die Mess-

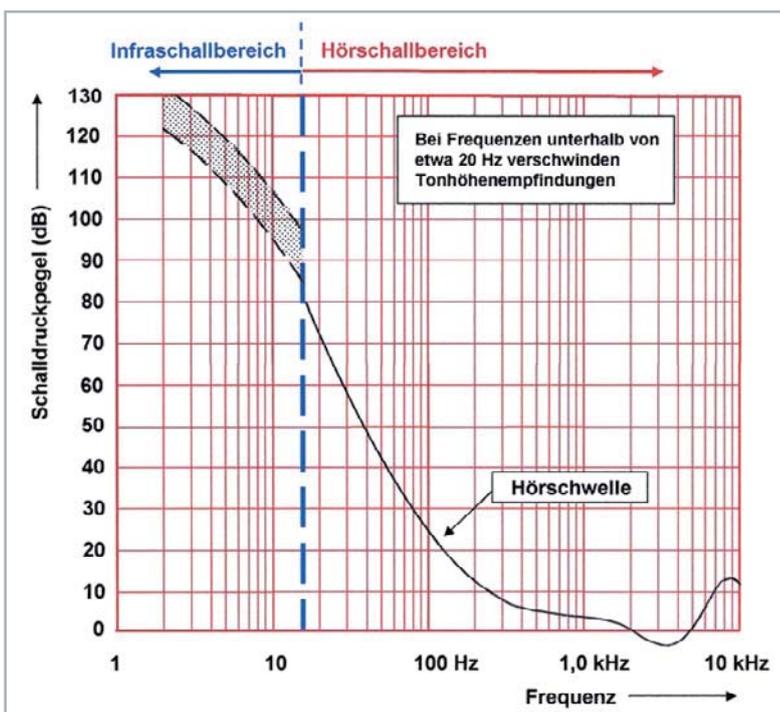


Bild 1: Infraschall-Wahrnehmungsschwelle und -Hörschwelle (nach ISO R 226) für Luftschall. Die Wahrnehmungsschwelle für Infraschall ist hier als Toleranzband dargestellt.

Herz	4–6 Hz (Kontraktionsfrequenz: 1,0–1,5 Hz)
Magen	2–3 Hz
Bauch	2–4 Hz
Nieren	6–8 Hz
Wirbelsäule	4–6 Hz
Gleichgewichtsorgan	0,5–1,3 Hz

Bild 2: Eigenfrequenzen einiger menschlicher Körperorgane



Bild 3: 1-Zoll-Messmikrofon-Kapsel, die auch zur Messung von Infraschall geeignet ist. Typ MK 103.1 (Microtech Gefell)
 Durchmesser: 23,8 mm/1"; Höhe: 26,5 mm;
 Frequenzbereich: 2 Hz–8 kHz; Freifeld-Übertragungsfaktor (Empfindlichkeit): 50 mV/Pa; Grenzschalldruck: 146 dB

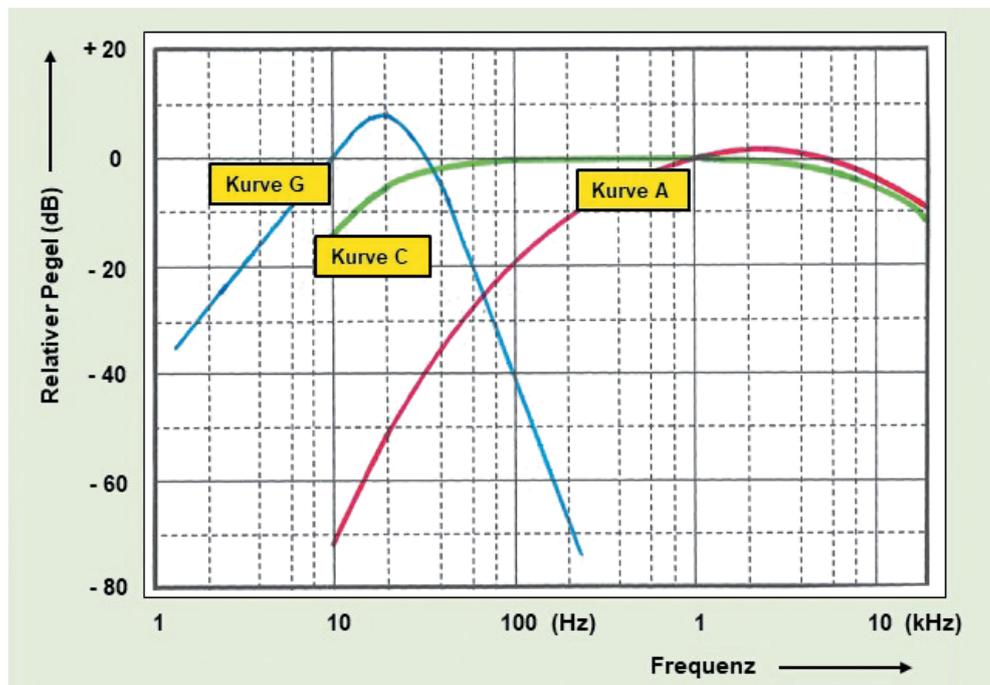


Bild 4: Bewertungskurven A und C für Schallmessungen im hörbaren Frequenzbereich, Bewertungskurve G für Schallmessungen im Infraschallbereich (nach: ISO 7196)

technik sich bisher hauptsächlich auf die Messung und Bewertung von Lärm, d. h. von Schall im Hörschallbereich, konzentriert. Auch die meisten Messmikrofone sind nicht ausdrücklich für den Infraschallbereich ausgelegt. Das Bild 3 zeigt z. B. ein 1-Zoll-Mikrofon, mit dem man immerhin bis zu 2 Hz heruntermessen kann. Auch bei der Festlegung von einzuhaltenden Grenzwerten besteht noch Handlungsbedarf. In der VDI-Richtlinie 2058-2 wird lediglich darauf hingewiesen, dass bei einer Frequenz von 20 Hz der frequenzmäßig unbewertete (!) Schalldruckpegel einen Wert von 120 dB und bei 1 Hz einen Wert von 132 dB nicht überschreiten sollte, um gesundheitliche Beeinträchtigungen zu vermeiden.

Für Schallmessungen im Infraschallbereich gibt es immerhin eine Bewertungskurve (G), s. Bild 4.

Und das Bild 5 gibt Auskunft über verschiedene Gefährdungsbereiche bei Infraschallexpositionen. Mit der Bewertungskurve (G) gemessene Schalldruckpegel werden in dB(G) angegeben.

Infraschall-Quellen

Infraschall kann sowohl natürliche als auch technische Quellen bzw. Ursachen haben. Zu den natürlichen Quellen gehören z. B. Windströmungen und Luftturbulenzen unter extremen meteorologischen Situationen, ferner Meeresbrandungen, Vulkaneruptionen oder Erdbeben. Emissionen dieser Art gehen zwar einher mit sehr hohen Pegeln im Infraschallbereich (bis zu 135 dB, unbewertet), sie treten

aber meist relativ selten und dann auch nur kurzzeitig auf. Anders dagegen sieht es mit den technischen Infraschallquellen aus. Sie wirken oft über eine längere Zeit und dann auch nur räumlich begrenzt auf Menschen ein.

Der Umfang an technischen Infraschall-Quellen ist sehr groß. Neben einer ganzen Reihe von Industrieanlagen (z. B. Hochöfen, unterirdische Wasserkraftwerke, Windkraftanlagen, Kompressorenräume) sind es vor allem Arbeitsplätze mit längeren, geschlossenen Räumen, wo Be- und Entlüftungsanlagen beachtliche Infraschallpegel erzeugen können, insbesondere in lang gestreckten Großraumbüros (Ausbildung stehender Wellen; einer Frequenz von 1 Hz entspricht in Luft eine Wellenlänge von $\lambda = 343 \text{ m}$!).

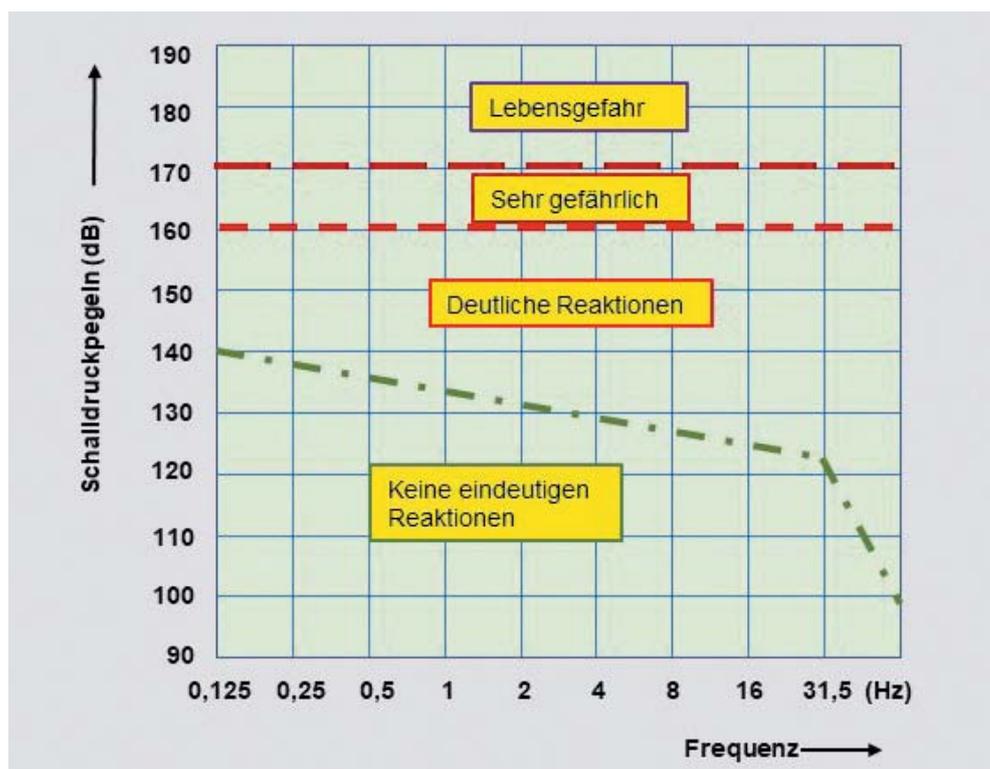


Bild 5: Gefährdungsbereiche bei Infraschall-Expositionen (nach Borgman)



Wegen der extrem großen Wellenlängen beim Infraschall verlangen wirksame Gegenmaßnahmen nach neuen Wegen, einschließlich des aktiven Schallschutzes. Gerade für sehr tiefe Frequenzen sind aktive Maßnahmen geradezu prädestiniert. Das Gleiche gilt auch für die Ausbreitung und Bekämpfung von Infraschall im Freien. Die Ausbreitungsdämpfung infolge von Luftabsorption ist beim Infraschall außerordentlich gering. Und ebenso gilt dies auch für die Ausbreitung von Infraschall im Wasser. So konnte z. B. durch Seebeben erzeugter Infraschall noch über enorme Entfernungen hinweg in vielen Weltmeeren nachgewiesen werden.

Eine viel diskutierte Quelle für den Infraschall bilden Windkraftanlagen. Sie bestehen im Prinzip aus vier Bauelementen: dem Fundament, dem Turm, der Maschinengondel und dem meist dreiflügeligen Rotor (Windrad), s. Bild 6. Bei jeder Umdrehung passieren die Rotorblätter nacheinander den Turm und erzeugen dabei jeweils einen impulsartigen Schall. Bei drei Rotorblättern und den üblichen Drehzahlen ergibt das eine ausgeprägte Pegelspitze bei etwa 1,5 Hz. Unklar ist aber weiterhin, ob das unsere Gesundheit beeinträchtigt, auch wenn viele Anwohner in der Nähe solcher Anlagen über Schlafstörungen, Unwohlsein o. Ä. klagen, was organisch nicht belegt ist.

Ultraschall: Wirkungen auf den Menschen

Zunächst sei auf eine physikalische Besonderheit beim Ultraschall hingewiesen, die es beim Hörschall nicht gibt. Es handelt sich dabei um den Schallstrahlungsdruck (Symbol: $\Pi \sim \rho \cdot \omega^2 \cdot \xi^2$; Einheit: N/m^2), der erst bei höheren Frequenzen ($f = \omega/2\pi$) und dabei auch noch mit dem Quadrat der Frequenz in Erscheinung tritt. Der Schallstrahlungsdruck ist ein statischer Druck im Gegensatz zum zeitlich veränderlichen Schallwechseldruck p . Bekannte Effekte, die dem Strahlungsdruck zuzuschreiben sind, sind der nebelnde Ultraschall-Sprudel (Bild 7) sowie der etwas weniger bekannte sogenannte „Quarzwind“: Beschallt man ein quadratisches Stück Papier (ca. 5 cm Kantenlänge), das bifilar aufgehängt ist, aus sehr kurzer Distanz mit Ultraschall (z. B. 800 kHz) hoher Leistung, so beobachtet man, dass das Papier infolge des Schallstrahlungsdrucks weggedrückt wird. Infolge der quadratischen Abhängigkeit des Strahlungsdrucks von der Frequenz tritt dabei eine Unsymmetrie auf, und zwar zwischen Abstoßung und „Zurücksaugung“ der zuvor in der ersten Schwingungshalbperiode nicht restlos weggestoßenen Luftteilchen. Während der zweiten halben Schwingungsperiode strömen auch noch neue Luftteilchen von der Seite heran. Mit anderen Worten: Der Volumenfluss während der Expansionsphase ist größer als der Rückfluss in der Ansaugphase, und es entsteht eine Art räumliche „Gleichrichtung“.

Das Gleiche ist auch beobachtbar in einem Versuch mit einer brennenden Kerze, die in der Nähe eines transversal schwingenden Quarzes steht; daher auch der Begriff Quarzwind, der, wenn er kräftig genug ist, die Kerze sogar ausblasen kann. Diese Erklärung gilt auch für die Veranschaulichung der Kraftwirkung beim Ultraschallsprudel.

Und nun zur Ultraschallwirkung auf den Menschen. Nach bisherigen Erkenntnissen kann man die Wirkung in drei verschiedene Gruppen einteilen:

- 1.) Beschallung mit nicht moduliertem, luftgeleitetem Ultraschall,
- 2.) Beschallung mit niederfrequent moduliertem Ultraschall und
- 3.) Beschallung mit nicht moduliertem, aber knochengeleitetem Ultraschall.

Beschallt man das menschliche Gehör mit nicht moduliertem Ultraschall, so kann man unter bestimmten Voraussetzungen einen Ton wahrnehmen, dessen Tonhöhe der ersten oder einer weiteren Subharmonischen der Ultraschallfrequenz entspricht. Bei hinreichend hohen Schalldruckpegeln kann nämlich das Trommelfell zu subharmonischen Schwingungen angeregt werden, die wahrnehmbar sind. Das kann bei industriellen Produktionsabläufen der Fall sein, wo Ultraschall zur Anwendung kommt, z. B. beim Reinigen, Emulgieren oder beim ultraschallerosiven Profilsenken in Glas (Bild 8) oder Keramik.

Bei einer Beschallung mit niederfrequent moduliertem Ultraschall kann der Modulationsinhalt der Trägerschwingung vom menschlichen

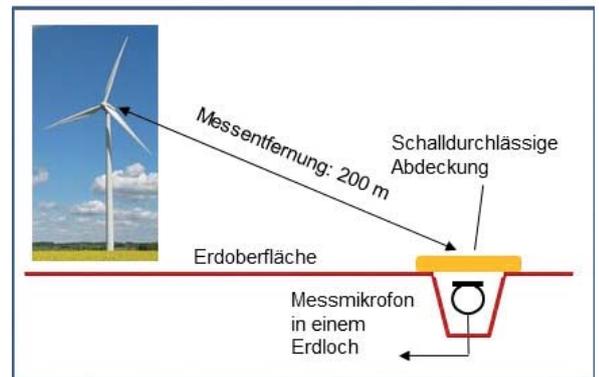


Bild 6: Windkraftanlagen – oben ein Windpark, unten Infraschallmessung an einer Windkraftanlage nach Betke und Remmers. Um am windumströmten Mikrofon keinen „Pseudoschall“ entstehen zu lassen, der von diesem aufgenommen wird, kann das Messmikrofon unterhalb der Erdoberfläche positioniert werden. Gewöhnliche Windschirme sind bei Infraschall unwirksam.

Gehör unmittelbar wahrgenommen werden, und zwar infolge eines auf den Schallstrahlungsdruck zurückzuführenden Demodulationsvorgangs. Das geschieht umso besser und deutlicher wahrnehmbar, je höher der Modulationsgrad ist. Dieser Vorgang ist durch zahlreiche Untersuchungen belegt.

Nicht modulierter Ultraschall kann auch auf dem Knochenschallwege hörähnliche Wahrnehmungen auslösen, und zwar auch noch bei sehr hohen Frequenzen, bis zu 200 kHz! Dieses Phänomen kennt man schon sehr lange, man weiß aber noch sehr wenig über den dafür verantwortlichen Mechanismus. Nicht unbedeutend ist dieser Effekt insofern, als der Schäl-

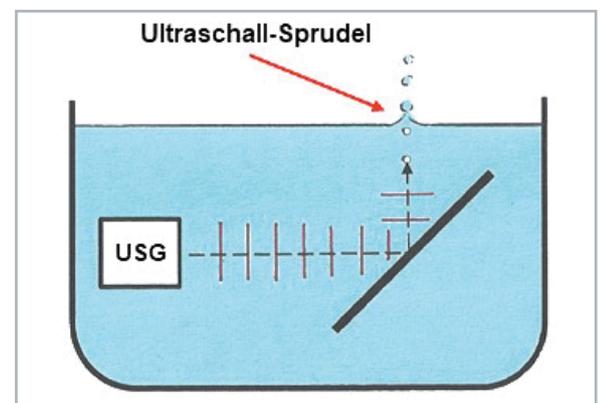


Bild 7: Ausbildung eines Ultraschall-Sprudels: Lässt man Ultraschallwellen mit einer höheren Frequenz, z. B. einige Hundert kHz, senkrecht von unten gegen die Oberfläche einer Flüssigkeit laufen, so entsteht dort infolge des Schallstrahlungsdrucks ein deutlich erkennbarer Sprudel, dessen Höhe von der Schallintensität abhängt. USG = Ultraschall-Geber

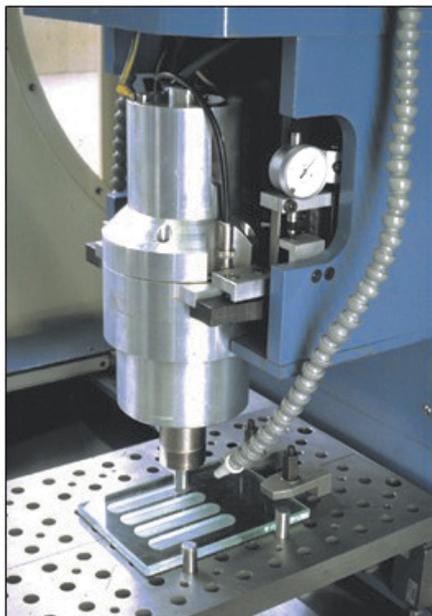
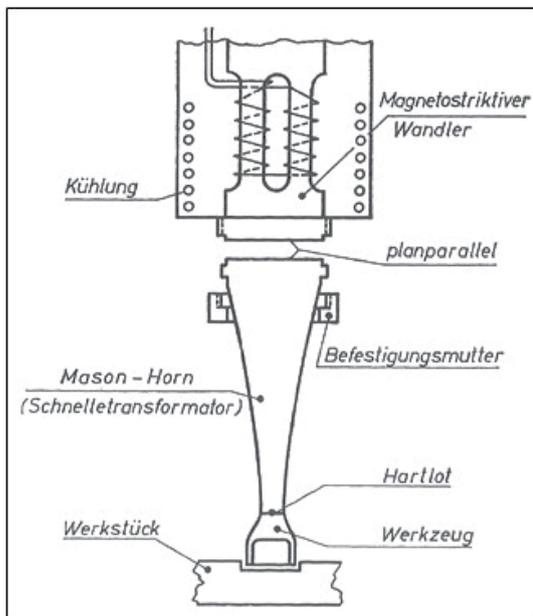


Bild 8: Ultraschallfräsen mit magnetostruktivem Wandler und angeschlossener Schnelletransformation (links) und Ultraschallfräsen in Glas (rechts)

delknochen zur Hörfähigkeit beiträgt. Für die Einleitung des Ultraschalls gibt es nach Angaben verschiedener Autoren besonders geeignete Punkte am Kopf (Bild 9), auch am Hals und selbst am Oberkörper. Im Hörfrequenzbereich ist der Schallstrahlungsdruck vernachlässigbar klein und somit ohne Bedeutung.

Ultraschall-Quellen und -Wandler

Eines der ältesten, nichtelektrischen Mittel zur Erzeugung von Ultraschall ist die von Sir Francis Galton 1883 erfundene und nach ihm benannte Galton-Pfeife, die zum Training von Delfinen oder auch von Hunden heute noch verwendet wird. Damit kann Ultraschall mit Frequenzen bis zu 40 kHz erzeugt werden. 1931 schuf J. Hartmann den nach ihm benannten, aber deutlich einfacher aufgebauten Hartmann-Generator, mit dem man Frequenzen von bis zu 100 kHz erzeugen konnte. In der Tierwelt dient Ultraschall vielfach zur Orientierung (Echolotung), aber auch zur Kommunikation. Die Hörschwelle z. B. von Hunden reicht frequenzmäßig bis zu 50 kHz und von Fledermäusen sogar bis zu 200 kHz.

Nun zu den Ultraschall-Wandlern: Heutzutage arbeiten die meisten elektroakustischen Wandler für Ultraschall – sowohl Sender als auch Empfänger – nach dem magnetostruktiven oder piezoelektrischen Wandlerprinzip. Mit magnetostruktiven Schallsendern erreicht man ungewöhnlich hohe Wirkungsgrade bis zu 90 %, allerdings nur bei ihrer Resonanzfrequenz, d. h. bei extrem schmalbandigem Betrieb. Anders dagegen bei piezoelektrischen Schallempfängern. Sorgt man konstruktiv

dafür, dass deren Resonanzfrequenz sehr hoch liegt (z. B. ≥ 500 kHz), spricht man von Hochabstimmung und erreicht somit unterhalb dieser Frequenz einen geradlinigen Frequenzgang. Hochabgestimmte Mikrofone verwendet man in der Messtechnik, und zwar sowohl im Hörschall- als auch im Ultraschallbereich.

Ultraschall: Anwendungen in Technik und Medizin

Der Ultraschall gehört heute zu einem nicht mehr wegzudenkenden „Werkzeug“ in der Medizin, aber auch für viele Arbeitsgebiete der Technik. Das Bild 10 vermittelt einen kleinen Überblick darüber. Militärische Anwendungen sind von dieser Übersicht ausgenommen. Die in diesem Bild angegebenen Frequenzen sind nur als orientierende Werte aufzufassen. Nachfolgend werden einige der im Bild 10 aufgelisteten Arbeitsgebiete als praktische Beispiele veranschaulicht. Zum Thema „Bohren, Fräsen, Erodieren“ zeigt das Bild 8 ein praktisches Beispiel. Auf diese Weise kann man sogar mehreckige Löcher erzeugen. Der Vorschub des Werkzeugs kann, je nach dem zu bearbeitenden Material, 0,5–2 mm/min betragen, wobei die Schwingungsamplituden zwischen 10–20 μm betragen.

Als ein weiteres Beispiel aus der Aufstellung im Bild 10 sei hier auf das Aluminiumlöten mithilfe von Ultraschall hingewiesen. Je nach Legierungsbestandteilen besitzt Aluminium eine Schmelztemperatur von etwa 580–660 °C. Nun befindet sich auf dem Aluminium eine unsichtbare Oxydschicht, die es vor Korrosion schützt, die aber leider auch eine höhere Schmelztemperatur besitzt, nämlich 2050 °C. Ohne Entfernung der Oxydschicht ist ein Löten von Aluminium aber nicht möglich. Hier kann Ultraschall sehr hilfreich sein, und zwar über das Phänomen der Kavitation. Dabei bilden sich infolge von hochfrequenten Vibrationen im flüssigen Lot kleine, blasenartige Hohlräume, die unter Einwirkung des Luftdrucks sofort wieder in extrem kurzer Zeit kollabieren. Dabei wird eine sehr große Energie frei, die die Oxydschicht zerstört und dabei das Löten von Aluminium sehr kurzzeitig ermöglicht.

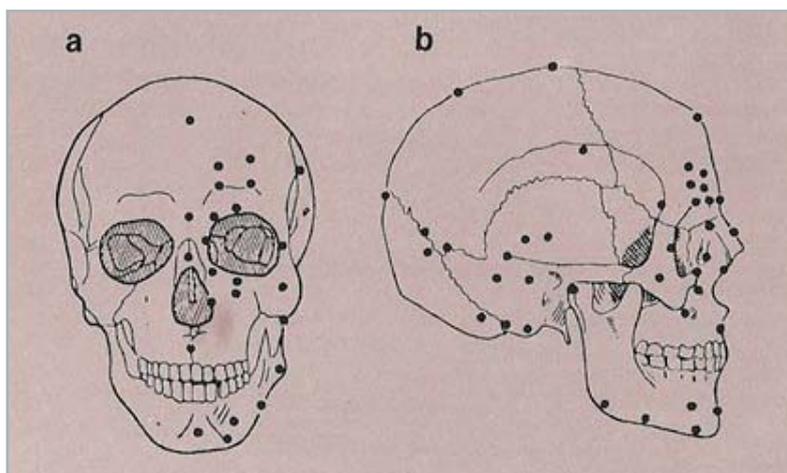


Bild 9: Punkte auf unserem Schädel, die sich für die Einleitung von sehr hochfrequentem Ultraschall als besonders günstig erwiesen haben, um eine Tonempfindung zu spüren. a) Schädelvorseite, b) Schädel, rechte Seite



Medizin (100 kHz–10 MHz)	Technik (20–100 kHz)
Diagnostik: Betrachtung innerer Strukturen mithilfe der Sonografie	Schweißen, Schneiden
Messung physiologischer Parameter	Reinigen
Therapie: Erhitzung von Geweben, Zerstörung von Geweben und Organen in der Chirurgie	Bohren, Fräsen, Erodieren
Zahnheilkunde	Löten von Aluminium
Inhalatoren	Entgasen von Flüssigkeiten
	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
	Abstandsmessung (Füllstandsmessung und Echolotung)

Bild 10: Ultraschall-Anwendungen in der Medizin und in der Technik



Bild 12: Ultraschall-Inhalator USC mit Mundstück, verwendbar auch mit Maske, für eine gezielte Behandlung der oberen und unteren Atemwege. Foto: Medisana AG



Bild 13: 1/8-Zoll-Messmikrofon-Kapsel, die auch zur Messung von Ultraschall gut geeignet ist: Typ 4138 (Brüel & Kjaer)

Die heutige Untersuchungstechnik ermöglicht es, gestochen scharfe 3D-Bilder eines noch ungeborenen Kindes im Mutterleib zu erhalten und zu sehen, dass es dem Baby gut geht (Bild 11). Die Untersuchung selbst ist denkbar einfach. Eine Ultraschallsonde wird dabei vom Arzt auf der Bauchoberfläche herumgeführt, wobei Ultraschallsignale in den Körper eingeleitet werden. Treffen sie auf organisches Gewebe, werden sie je nach Gewebestruktur unterschiedlich stark reflektiert und als „Echo“ empfangen. Stark reflektierende Strukturen, z. B. Knochen, reflektieren den Schall stärker als Flüssigkeitsansammlungen und erscheinen im Bild, das ein Computer schließlich errechnet, entsprechend heller.

Allerdings sind Ultraschalluntersuchungen während der Schwangerschaft, die nicht medizinisch begründet und nicht Teil des Leistungskatalogs der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) sind, seit dem 1. Januar 2021 verboten. Die neue Verordnung im Strahlenschutzgesetz soll Embryos vor einer unnötigen, zu hohen Strahlendosis schützen (Ultraschall als „Babyfernsehen“).

Allgemein bekannt sind auch Ultraschallinhalatoren bzw. -vernebler. Wasser wird dabei mithilfe von Ultraschall in Schwingungen versetzt bzw. vernebelt, wobei Bestandteile eines darin enthaltenen Inhalats über ein Mundstück (Bild 12) oder über eine Maske in die Atemwege gelangen, einschließlich Nase, Hals, Bronchien und Lungen.

Für Messungen im Bereich ultrahoher Frequenzen benötigt man Mikrofone, die speziell dafür ausgelegt sind. Ihr Messbereich muss mindestens bis zu ≥ 120 kHz reichen. Das Bild 13 zeigt als Beispiel dafür eine allein schon abmessungsmäßig ausreichend kleine 1/8-Zoll-Mikrofonkapsel. Dieses Mikrofon arbeitet genauso wie auch die für Infraschallmessungen verwendete 1-Zoll-Kapsel (Bild 3) nach dem kapazitiven Wandlerprinzip, d. h. beide zuletzt genannten Kapseln sind Kondensatormikrofone.

Ausblick

Bei akustischen Messungen handelt es sich in den meisten Fällen um die Bestimmung des Schalldrucks bzw. des Schalldruckpegels. Von diesen Größen war auch in vielen der vorangegangenen Veröffentlichungen dieser Beitragsserie die Rede. Nur ist der Schalldruck nicht die allein



Bild 11: Bemerkenswert scharfes 3D-Ultraschallbild eines Babys im Mutterleib. Foto: I. Veit, Vorlesungs-Unterlagen

ausagekräftige Größe in der Akustik. Wichtig sind auch die Abhängigkeit dieser und auch noch anderer akustischer Größen z. B. von der Frequenz. Mit dieser Thematik befasst sich der nächste Teil. Neben dem Schalldruck, dem Schalldruck-Gradienten, der Schallschnelle, dem Schallfluss und dem Schallstrahlungsdruck sind es auch noch die leistungsbezogenen Größen Schallintensität und -leistung, die man kennen sollte, wenn man sich intensiver mit der Akustik beschäftigt. Auch die Richtung, in die Schall abgestrahlt wird bzw. aus der Schall empfangen wird (Richtwirkung), ist eine Größe, mit der sich die akustische Messtechnik befasst. Terzpegel und Oktavpegel sind weitere Größen, die sehr häufig gemessen werden. Des Weiteren sind die akustische Ortung von Schallquellen, die Korrelationsanalyse sowie die Cepstrumanalyse wichtige Gebiete, über die im nächsten Beitrag berichtet wird. **ELV**



Weitere Infos:

Veit, Ivar: „Neuere Erkenntnisse über die Einflüsse und Wirkungen von Infra- und Ultraschall auf unser Gehör“, Zeitschrift für Hörgeräte-Akustik, 1979, Heft 1, S. 2–24

Ising, H., et al.: „Infraschallwirkungen auf den Menschen“, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1982, ISBN 3-18-400525-9

Betke, K. und Remmers, H.: „Messung und Bewertung von tieffrequentem Schall“, DAGA, 1998

Veit, Ivar: „Technische Akustik“, Vogel-Verlag, Würzburg, 7. erweiterte Auflage, 2012, ISBN: 3834332828

Borgmann, R.: Infraschall – Leitfaden „nichtionisierende Strahlung“, Fachverband für Strahlenschutz e. V.

Magnusson, L. und Malmquist, N.: „Infraschall am Arbeitsplatz, Vorkommen und Wirkung“, Schweden 1973/74

Automatische für Drinnen

Abm. Versorgungseinheit
(ø x H): 95 x 85 mm

Mit 10 Tropfstellen



29,95 €

Artikel-Nr. 250685

Ihre automatische und zuverlässige Zimmerpflanzenpflege

Batteriebetriebenes Bewässerungssystem

- Mit integrierter Wasserpumpe – Pumpe mit Trockenlaufschutz
- Batteriebetrieb, alternativ Netzbetrieb über USB-Anschluss möglich
- Einfach auf passende Behälter aufsetzbar (z. B. Wassereimer) oder direkt auf Getränkeflasche mit Gewinde aufschraubbar
- Elektronischer Controller zur Steuerung des Bewässerungsablaufs
- Bewässerungsdauer einstellbar: 1–99 s, 120 s und 180 s
- Automatische Bewässerungsintervalle: von 2x täglich bis zu 1x alle 15 Tage
- Jederzeit manuelles Auslösen einer Bewässerung möglich

ELV

Alle Infos
unter
QR-Code:



Bewässerung und Draußen



Solarmodul

Mit 5 Tropfstellen

Wasserpumpe +
Controllereinheit

Abm. (B x H x T)
Versorgungseinheit:
200 x 180 x 60 mm

69,95 €*

Artikel-Nr. 125965

* Tagesaktueller Preis unter
der Artikel-Nr. im ELVshop

Verlässliche Wasserversorgung für Gartenpflanzen

Solar-Bewässerungssystem mit Akkubetrieb

- Einfach den Zulaufschlauch in einen Eimer oder eine Wassertonne hängen und den Bewässerungsschlauch sowie die Tropfauslässe so positionieren, wie Sie möchten
- Bis zu 15 Wassertropfer anschließbar (im Lieferumfang enthalten)
- Durch Betrieb mit dem Solarmodul und Akku wird keine Stromzuleitung benötigt
- Automatische Bewässerung 2x pro Tag
- Wählbare Fördermenge zwischen 0,5 und 6 l je Bewässerungsintervall
- Einstellbare Bewässerungszeit
- Kein Trockenlaufen dank Wasserstandssensor

Alle Infos
unter
QR-Code:



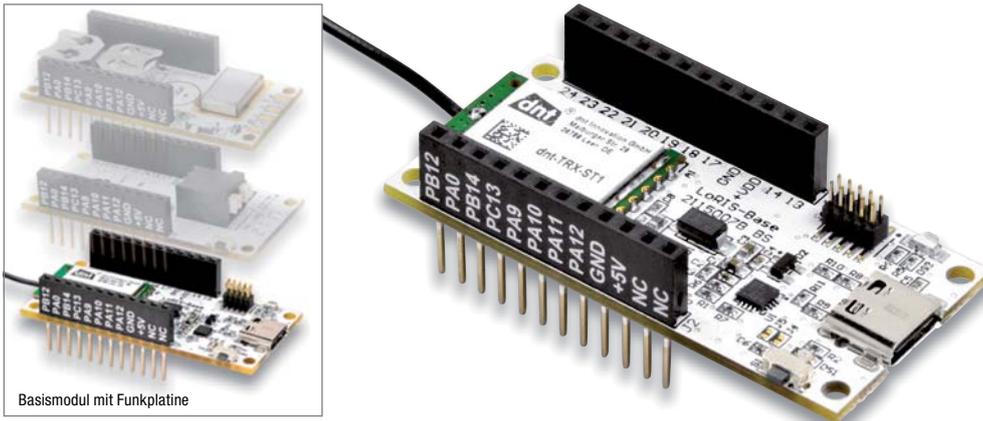
LoRIS-Base Experimentierplattform für LoRaWAN, LoRIS-BM-TRX1



Abm. (B x H x T):
26 x 55 x 19 mm (ohne Antenne),
Gewicht: 12 g

19,95 €

Artikel-Nr. 156514



Basismodul mit Funkplatine

- Basismodul für Experimente mit Ultra-Low-Power und Long-Range-Sensoren für LoRaWAN
- Verwendung in einem lizenzfreien Frequenzband (863–870 MHz)
- Sehr stromsparend mit großer Funkreichweite
- Stand-alone einsetzbar und Breadboard-kompatibel
- Plug & Play-Funktionalität, Experimente einfach möglich
- Fertig aufgebaut – kein Löten erforderlich
- Experimentierbeispiel bereits aufgespielt – kann sofort als Experimentierplattform mit Firmware-Beispiel genutzt werden

Anwendungsbeispiele – LoRIS-BM-TRX1

- Anschluss einer Tasterklingel von einer Ferienwohnung
- Anschluss eines Schaltausgangs von einem Bewegungsmelder (Präsenz)
- Anschluss von zukünftigen Zusatzmodulen

Geräte-Kurzbezeichnung:	LoRIS-BM-TRX1
Versorgungsspannung:	3,0–3,3 Vdc
Stromaufnahme:	min. 2,5 μ A @ 3,0 V (Sleep) max. 38 mA @ 3,0 V (TX+Signal-LED) min. 3,7 mA @ 5 V (USB-PWR LED) (Sleep) max. 44 mA @ 5 V (USB) (TX+Signal-LED)

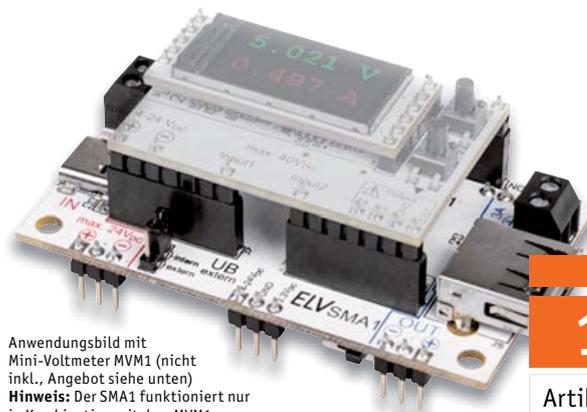
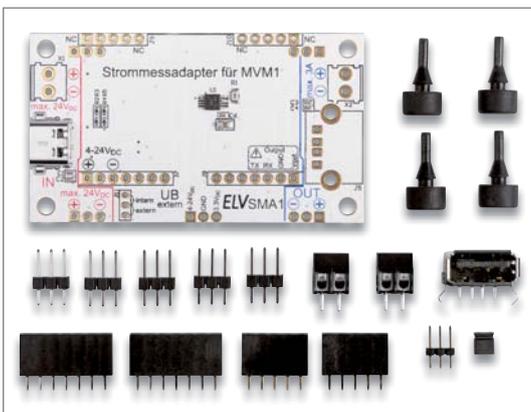
Daten

Alle Infos zum
LoRIS-BM-TRX1
finden Sie unter neben-
stehendem QR-Code:



ELV Bausatz Strommessadapter für Mini-Voltmeter SMA1

ELV



Abm. (B x H x T):
70 x 38 x 30 mm,
Gewicht: 30 g
(inkl. MVM1)

ELV Bausatz

15,95 €

Artikel-Nr. 156606

Anwendungsbild mit
Mini-Voltmeter MVM1 (nicht
inkl., Angebot siehe unten)
Hinweis: Der SMA1 funktioniert nur
in Kombination mit dem MVM1

- In Verbindung mit dem Mini-Voltmeter MVM1 können sowohl Spannungen als auch Ströme in Versuchsschaltungen einfach und komfortabel gemessen werden
- Messbereiche bis max. 3 A und 24 V, Auflösung: 1 mA und 1,25 mV
- Passend für ein Breadboard – einfache Einbindung in Experimentierschaltungen
- Über die USB-A-Buchse können auch USB-Verbraucher analysiert werden – die USB-Type-C-Buchse dient als Spannungsquelle
- Viele unterschiedliche Darstellungsformen der überwachten Messwerte (digital, analog, Bargraph, Plotter)

Anwendungsbeispiele – SMA1

- USB-Strommessadapter für Last/Ladevorgänge
- Einfache Strommessung auf dem Steckbrett

Gleich mitbestellen:

ELV Bausatz	Artikel-Nr.	Preis
Mini-Voltmeter MVM1	156596	24,95 €

Geräte-Kurzbezeichnung:	SMA1
Spannungsversorgung:	4–24 Vdc/3,3 Vdc
Stromaufnahme:	21 mA max.
Max. Eingangsspannung Messkanal:	24 Vdc
Max. Strombelastbarkeit Messkanal:	3 A
Autorange:	6 V/1 A oder 40 V/3 A

Daten

Alle Infos zum SMA1
finden Sie unter neben-
stehendem QR-Code:



Prototypenadapter PAD7 Audio



Anwendungsbild
Steckboard nicht im Lieferumfang

ELV Bausatz

34,95 €

Artikel-Nr. 156575

- 11-teiliges Set im bekannten Prototypenadapter-Format
- Für einfache und schnelle Experimentieraufbauten auf einem Breadboard
- Aufgedruckte Anschlussbeschriftung – alle Bauteilwerte/-funktionen auf einen Blick
- Ergänzt die Reihe der ELV Prototypen um Module aus dem Audiobereich

Anwendungsbeispiele – PAD7

- Test und Aufbau von Verstärkerschaltungen
- Vergleich der Verstärkerklassen Class-AB und Class-D
- Mikrofonverstärkerschaltungen

Übersicht – Bauteile PAD7

Menge	Typ	Funktion	Modulbezeichnung
1	LM386	Audioverstärker, Class-AB, 0,3 W	CM-IC-LM386-A
1	LM4906	Audioverstärker, Class-AB, 1 W	CM-IC-LM4906-A
2	TPA2013	Audioverstärker, Class-D, 2,2 W	CM-IC-TPA2013-A
1	MAX4409-A	Kopfhörerverstärker, 2x 80 mW	CM-IC-MAX4409-A
1	NE5532-A	Audio-Operationsverstärker, 2-fach	CM-IC-NE5532-A
1	Elektret-Mikrofon	Elektret-Mikrofonkapsel	CM-AM-02
1	MEMS-Mikrofon	MEMS-Mikrofon	CM-AM-01
1	Sound-Transducer	Sound-Transducer mit Steuertransistor	CM-AS-01
1	Prüflautsprecher	Prüflautsprecher, 0,25 W	CM-AS-02
1	4-polige Klinkenbuchse	4-polige Stereo-Klinkenbuchse, 3,5 mm	CM-FC-PJ35-A

Alle Infos zum PAD7
finden Sie unter neben-
stehendem QR-Code:



Mein ELVprojekt

Viele Ideen für Ihr Smart Home

Bei uns erwarten Sie viele spannende, ausführlich beschriebene Projekte für Einsteiger und Profis. Diese Projekte haben wir als Produktmanager und Techniker alle selbst erfolgreich umgesetzt.

Wir zeigen Ihnen z. B., wie Sie für mehr Komfort und Energieeinsparung Rollläden automatisieren, mit einer intelligenten Heizungssteuerung Energiekosten sparen oder Ihr Zuhause vor Einbrechern wirkungsvoll schützen können. Sie erhalten Informationen zum geschätzten Zeitaufwand und zum Schwierigkeitsgrad und alle verwendeten Produkte aus unserem Sortiment werden für Sie übersichtlich aufgeführt. Für viele Projekte gibt es außerdem hilfreiche Installationsvideos.

Setzen Sie Ihr Projekt mit ELV erfolgreich um!



Alle Projekte finden Sie online unter: de.elv.com/elvprojekte
at.elv.com/elvprojekte
ch.elv.com/elvprojekte



Komfort und Steuerung

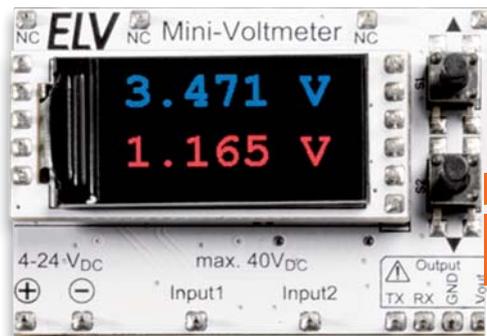
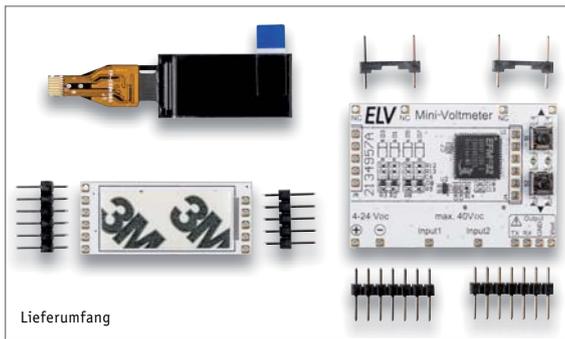


Energie sparen



Sicherheit

ELV Bausatz Mini-Voltmeter für Steckboards MVM1



ELV

Abm. (B x H x T):
40,3 x 30,3 x 17 mm,
Gewicht: 12 g

ELV Bausatz

24,95 €

Artikel-Nr. 156596

- 2 Spannungen bis 40 V gleichzeitig messbar, Versorgungsspannungsbereich: 4–24 V
- Verschiedene Anzeigemodi (digital, analog, Bargraph, Plotter) auf dem TFT-Display (0,96", 80 x 160 Pixel)
- Autorange oder feste Einstellung für 6-V- oder 40-V-Messbereich
- Messung im mV-Bereich, Genauigkeit ADC-Wandler 12 Bit (Oversampling: 16 Bit)
- Nutzung Stand-alone-Betrieb/Steckbrett-kompatibel
- Addition/Subtraktion der beiden Messwerte möglich, dadurch z. B. auch Messung über ein Bauteil in einer Schaltung möglich
- TFT-Display auch separat einsetzbar, da auf separater Platine
- Ausgabe der Messdaten über die UART-Schnittstelle des Mikrocontrollers möglich

Anwendungsbeispiele – MVM1

- 2 Spannungen direkt im Breadboard-Aufbau ohne zusätzliches Messgerät messen
- Ein- und Ausgangsspannung eines Spannungsreglers überwachen
- Differenz an den Eingängen des Operationsverstärkers messen
- Ausgangsspannung eines DA-Wandlers betrachten

Daten

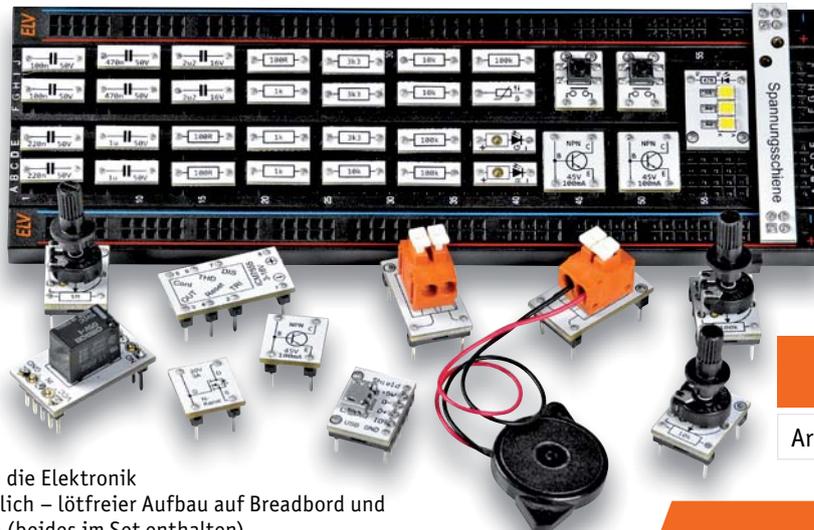
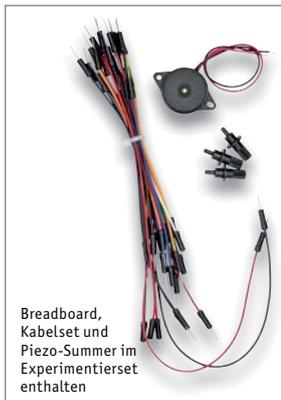
Geräte-Kurzbezeichnung:	MVM1
Spannungsversorgung:	4–24 Vdc
Stromaufnahme:	20 mA max.
Eingangsspannung je Messkanal:	40 Vdc max.
Autorange:	6/40 V
Leitungslängen:	3 m max.

Alle Infos zum Bausatz
finden Sie unter neben-
stehendem QR-Code:



ELV Experimentierset-Prototypenadapter

ELV



Abm. (B x H x T):
168 x 88 x 26 mm,
Gewicht: 170 g

29,95 €

Artikel-Nr. 155901

- Für den einfachen Einstieg in die Elektronik
- Keine Lötkenntnisse erforderlich – lötfreier Aufbau auf Breadboard und mit Steck-Verbindungskabeln (beides im Set enthalten)
- 44 Prototypenadapter und Piezo-Summer mit allen wichtigen Elektronikbauteilen für den Erwerb von Elektronik-Grundkenntnissen und einfachen Schaltungsaufbauten
- Einfache Standard-Spannungsversorgung mit 5 V, z. B. über ein USB-Netzteil (nicht enthalten) mit Micro-USB-Stecker

Alle Infos zum Produkt
finden Sie unter neben-
stehendem QR-Code:



ELV Make:-Edition

**Jetzt im Bundle: Make:-Sonderheft und
ELV Experimentierset-Prototypenadapter**

Mit diesem Bundle erhalten Sie das ELV Experimentierset-Prototypenadapter, einen Piezo-Summer, ein Breadboard, ein Kabelset und das Make:-Sonderheft, das in Zusammenarbeit mit dem ELVjournal entstanden ist.



UVP: 49,90 €
44,95 €

Artikel-Nr. 252102

Homematic IP Wired Wandtaster – 6-fach HmIPW-WRC6 homematic IP wired



Lieferumfang



- 6 Taster für das Aussenden von Bedienbefehlen über 6 getrennt auswertbare Kanäle
- Neben den Tasten sind zusätzlich 6 RGB-LEDs angebracht, mit denen sich ein Status ausgeben lässt (Farben: Weiß, Rot, Grün, Blau, Gelb, Violett und Türkis)
- LEDs lassen sich in 10 verschiedenen Mustern ansteuern: Ein; langsames, mittleres und schnelles Blinken; langsames, mittleres und schnelles Blitzen; langsames und schnelles Wabern – Helligkeit kann wie bei einem Dimmer variiert werden
- Sowohl Einzelansteuerung als auch gleichzeitige Ansteuerung aller LEDs möglich
- Passt hervorragend in einen 55er-Rahmen gängiger Hersteller

Abm. (B x H x T) ohne Rahmen: 71 x 71 x 40 mm,
mit Rahmen: 85 x 85 x 40 mm, Gewicht: 68 g

ELV Bausatz

79,95 €

Artikel-Nr. 154289

Auch als Fertigerät verfügbar (Artikel-Nr. 154288 – 89,95 €)

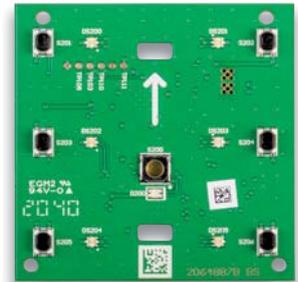
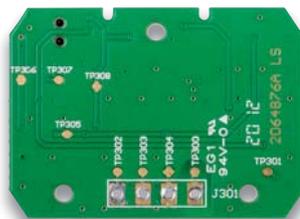
Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	HmIPW-WRC6
Versorgungsspannung:	24 Vdc, +5 %, -20 %, SELV
Stromaufnahme:	40 mA max.
Leistungsaufnahme im Ruhebetrieb:	45 mW
Leitungsart und -querschnitt:	starre Leitung: 0,12–0,50 mm ²
Installation:	nur in Schalterdosen (Gerätedosen) gemäß DIN 49073-1
Schutzart:	IP20
Schutzklasse:	III
Umgebungstemperatur:	-5 bis +40 °C

Mögliche Signalisierungsideen (z. B.):

- Zustand der Alarmanlage (rot = scharf, grün = unscharf)
- Anwesenheit (grün = anwesend, rot = abwesend)
- Temperatur (blau = kalt, gelb = normal, rot = heiß)
- Zustand des verknüpften Aktors

Die verschiedenen Platinen des Homematic IP Wired Wandtasters – 6-fach

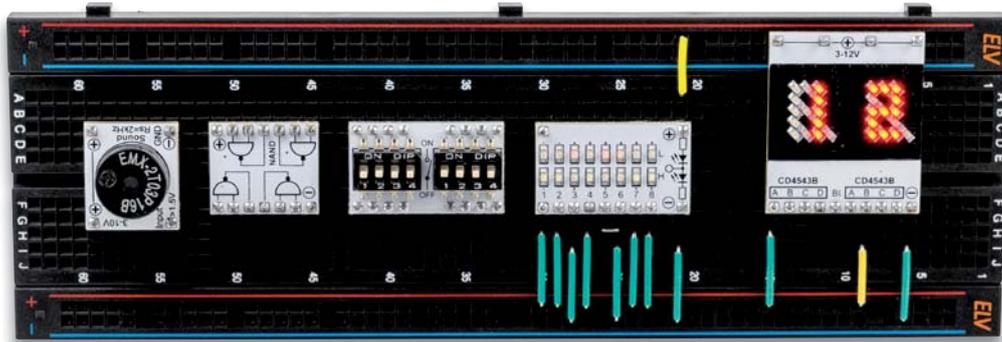


Alle Infos zum Bausatz
finden Sie unter neben-
stehendem QR-Code:



ELV Bausatz Prototypenadapter PAD6 – CMOS-Logik

ELV



Lieferung ohne Steckboard – Angebot im ELVshop (Artikel-Nr. 250986)



- 32-teiliges CMOS-Logik-Modul- und -Funktions-Platinen-Set im Prototypenadapter-Format – ermöglicht sehr einfach und übersichtlich realisierbare Logikschaltungen auf dem Breadboard (Steckboard)
- Das typische Prototypenadapter-Format gewährt die Steckbrett-Kompatibilität von Bauteilen, die nicht im üblichen 2,54-mm-Rasterformat vorliegen oder mechanisch nicht passen
- Sehr übersichtlich dank aufgedruckter Anschlussbelegung – alle Bauteilwerte und Funktionen sind auf einen Blick ersichtlich
- Funktionskompatibel zum Experimentierboard DEB100
- 2-stellige 7-Segment-Anzeige mit BCD-Decoder

ELV Bausatz

39,95 €

Artikel-Nr. 155858

Übersicht aller im PAD6 enthaltenen Bauteile

Menge	Typ	Funktion	Pin-Kompatibel → DIP
2	CD4081	4x UND-Gatter mit je 2 Eingängen	ja
2	CD4011	4x NAND-Gatter mit je 2 Eingängen	ja
1	CD4025	3x NOR mit je 3 Eingängen	nein
2	CD4072	2x ODER-Gatter mit je 4 Eingängen	ja
2	CD4069	6x Inverter	ja
3	CD4013	1x D-Flip-Flop	nein
2	CD4040	12-stufiger Binärzähler	nein
2	CD4060	14-stufiger Binärzähler mit Oszillator	nein
2	CD4510	Dezimalzähler (aufwärts/abwärts)	nein
1	CD4017	Dezimalzähler mit 10 Ausgängen	nein
2	CD4052	1x Multiplexer 1 aus 4	nein
2	HEF4094	8-Bit-Schieberegister mit parallelen Ausgängen	nein
2	CD4098	1x Monoflop (monostabiler Multivibrator)	nein
2	CD4543	BCD-zu-7-Segment-Decoder	nein
1	CD4543 mit LED-7-Segment-Anzeige		
1		8-fach-Logik-Level-Anzeige (High/Low)	
1		Sound-Transduzer 2 kHz	
1		3-fach-Taster	
1		8-fach-DIP-Schalter	

Anwendungsbeispiele – PAD6

- Experimentieren mit digitaler CMOS-Logik
- Aufbau von z. B. Zähler- und Timerschaltungen inkl. optischer Anzeige durch 7-Segment-Anzeige (2-stellig)
- Logische Verknüpfungen mittels UND- und ODER-Gatter
- Analog-Multiplexer (Auswahl 1 aus 4)
- Flip-Flop-Schaltungen
- Erzeugung akustischer Signale mittels Sound-Transduzer

Alle Infos zum Bausatz finden Sie unter nebenstehendem QR-Code:



Die ganze Welt der ELV Prototypenadapter

Die ELV Prototypenadapter machen Schaltungsaufbauten zu Entwicklungs-, Test- und Lehrzwecken ganz einfach. Bauen Sie Ihre Schaltung übersichtlich mit den beschrifteten Steckbauteilen auf, verbinden Sie die einzelnen Bauteilanschlüsse, ohne löten zu müssen.

Das übersichtliche Breadboard-Design macht Experimente möglich, ohne die Übersicht zu verlieren. Schließlich übertragen Sie Ihre erprobte Schaltung direkt vom Breadboard auf eine gelötete Lochrasterplatine für Ihre Anwendung.

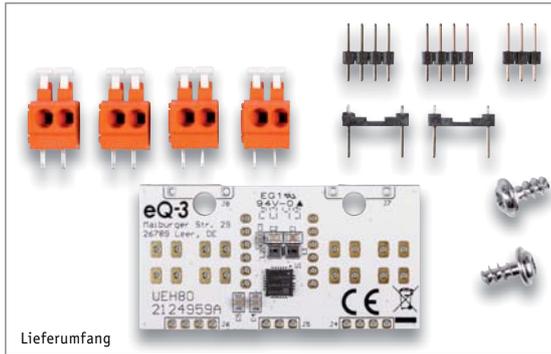


Die ganze Welt der ELV Prototypen-Adapter und Experimentierboards finden Sie hier:

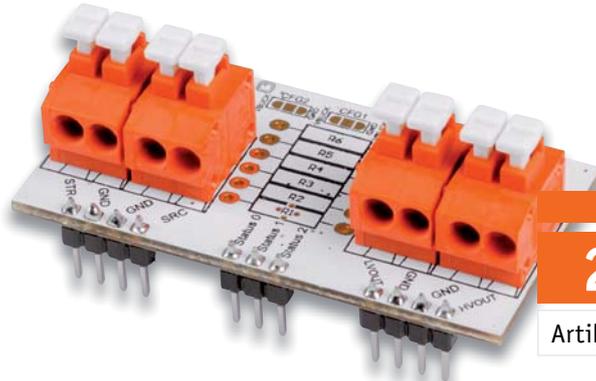


ELV Bausatz Universelles Energy Harvesting Modul UEH80

ELV



Lieferumfang



Abm. (B x H x T):
53,4 x 28 x 25 mm,
Gewicht: 12 g

ELV Bausatz

29,95 €

Artikel-Nr. 156456

- Kompaktes Modul zum Energy Harvesting für den Anschluss von bis zu 7 Solarmodulen (max. 5 V) und einem maximalen Ladestrom von 110 mA
- Anschluss und Konfiguration verschiedener Energiespeicher: Li-Ion-, NiMH-, LiFePO4-Akku, einfache/doppelte Super-Kondensatoren, Festkörper-Akkus und zusätzlich ein durch Widerstände frei programmierbarer benutzerdefinierter Modus
- 2 Ausgänge mit einstellbaren Spannungen (1,2/1,8 V mit max. 20 mA; 1,8–4,1 V mit max. 80 mA, maximal einstellbare Spannung abhängig vom Energiespeicher)
- Intelligente Regelung durch spezielles Energy Harvesting Power-Management-IC (PMIC)

Anwendungsbeispiele – UEH80

- Versorgen Sie Ihre Geräte mit einer eigenen Solarzelle
- Zum Experimentieren mittels Stiftleisten ins PAD-System integrierbar
- Als Batterieersatz für schwer erreichbare Geräte im Außenbereich

Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	UEH80
Spannung Speicher (STR):	0–4,5 V (Kondensator)/2,2–4,5 V (Akku)
Leistung STR:	15 W max.
Spannung Quelle (SRC):	0,05–5 V
Leistung SRC:	3 µW–550 mW
Spannung Ausgang 1 LVOUT:	1,2/1,8 V
Spannung Ausgang 2 HVOUT:	1,8–4,1 V
Länge anzuschließender Leitungen:	3 m max.

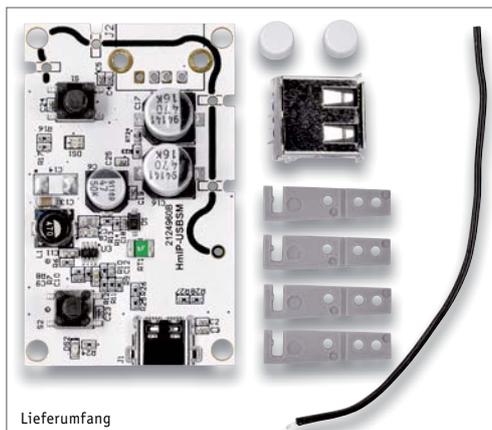
Alle Infos zum Bausatz finden Sie unter nebenstehendem QR-Code:



ELV Homematic IP Bausatz Schalt-Mess-Aktor HmIP-USBSM

ELV

homematic IP



Lieferumfang



Abm. (B x H x T):
61 x 18 x 36 mm,
Gewicht: 21 g

ELV Bausatz

34,95 €

Artikel-Nr. 156040

- Schaltet USB-versorgte Geräte zuverlässig direkt per Taster oder intelligent per Homematic IP über eine Automation über CCU2/CCU3
- Misst die Spannung und den Strom der per USB-versorgten Geräte
- Anzeige der aktuellen Leistungsaufnahme über die CCU2/ CCU3
- Messung ist so präzise, dass auch ein Stand-by-Verbrauch des angeschlossenen USB-Geräts erfass- und auswertbar ist

Anwendungsbeispiele – HmIP-USBSM

- Die Smartphone-Akku-Ladung bei Unterschreiten einer bestimmten Ladeleistung abbrechen
- Per USB versorgte Geräte schalten und deren Stromverbrauch messen

Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	HmIP-USBSM
Versorgungsspannung:	5–20 Vdc
Stromaufnahme:	3 A max.
Leistungsaufnahme Ruhebetrieb:	0,12 W
Maximale Schaltleistung:	60 W
Lastart:	ohmsche Last
Typ. Funk-Freifeldreichweite:	> 200 m
Duty Cycle:	< 1 % pro h / < 10 % pro h

Alle Infos zum Bausatz finden Sie unter nebenstehendem QR-Code:



Service

Technische Anfragen

Für spezielle technische Fragen nutzen Sie bitte unseren Technischen Kundendienst, der Ihnen gerne umfassende und qualifizierte Auskünfte erteilt. Damit es schneller geht: Bitte nennen Sie uns ggf. Bestellnummer, Artikelbezeichnung und Katalogseite. Danke! Die Kontaktdaten finden Sie in der Tabelle unten.

Reparatur-Service

Für ELV Markenprodukte, aber auch für Geräte, die Sie aus ELV Bausätzen selbst herstellen, bieten wir Ihnen einen kostengünstigen Reparatur-Service an. Im Sinne einer schnellen Abwicklung führen wir eine Reparatur sofort durch, wenn die Reparaturkosten den halben Artikelpreis nicht überschreiten. Bei einem größeren Defekt erhalten Sie vorab einen unverbindlichen Kostenvorschlag. Die Kontaktdaten:

Deutschland und Österreich: ELV Elektronik AG, Reparatur-Service, 26789 Leer, Deutschland
Schweiz: ELV Elektronik AG, Reparatur-Service, Postfach 100, 4313 Möhlin

Qualität/Sicherheit

Komplettbausätze von ELV beinhalten sämtliche zum Aufbau erforderlichen elektronischen und mechanischen Teile einschließlich Platinen, Gehäuse mit gebohrter und bedruckter Frontplatte, Netztrafos, Schrauben, Muttern usw. Es finden ausschließlich hochwertige Markenbauteile Verwendung. Fertiggeräte werden mit Gehäuse betriebsfertig und komplett abgeglichen geliefert. Sämtliche ELV Bausätze und ELV Fertiggeräte sind mit 1%-Metallfilmwiderständen ausgerüstet. Technische Änderungen vorbehalten.

Hinweis

Bitte beachten Sie beim Aufbau von Bausätzen die Sicherheits- und VDE-Bestimmungen. Netzspannungen und Spannungen ab 42 V sind lebensgefährlich. Bitte lassen Sie unbedingt die nötige Vorsicht walten und achten Sie sorgfältig darauf, dass Spannung führende Teile absolut berührungssicher sind. Zahlreiche ELV Bausätze, insbesondere solche, bei denen für den Betrieb der fertigen Geräte Netzspannung erforderlich ist, dürfen ausschließlich von Profis aufgebaut werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt und hinreichend mit den einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen vertraut sind.

Kontaktadressen

Bitte nennen Sie uns bei Bestellungen:

► **Kundennummer** ► **Artikel-Nummer** ► **Zahlungswunsch**

	Deutschland und Österreich	Schweiz
Bestellen (Montags bis Freitags 9.00–18.00 Uhr)		
Telefon	+49 (0)491/6008-88	061/9711-344
Fax	+49 (0)491/7016	061/9711-341
Internet	de.elv.com	ch.elv.com
E-Mail	bestellung@elv.com	bestellung@elv.com
Versandkosten	3,99 €	CHF 5,99
Versandkostenfrei*	ab 29,- €	ab CHF 59,-

Technische Beratung (Montags bis Freitags 9.00–18.00 Uhr)

	Deutschland und Österreich	Schweiz
Telefon	+49 (0)491/6008-245	061/8310-100
Fax	+49 (0)491/6008-457	061/9711-341
E-Mail	technik@elv.com	technik@elv.com

Kundenservice (Montags bis Freitags 9.00–18.00 Uhr)

Für Auskünfte zu Rücksendungen oder Reklamationen wählen Sie bitte direkt: (Bitte haben Sie Verständnis, dass technische Fragen an dieser Stelle nicht beantwortet werden können.)

	Deutschland und Österreich	Schweiz
Telefon	+49 (0)491/6008-455	061/9711-344
Fax	+49 (0)491/6008-459	061/9711-341
E-Mail	kundenservice@elv.com	kundenservice@elv.com

Kontostand

	Deutschland und Österreich	Schweiz
E-Mail	konto@elv.com	konto@elv.com
Fax	+49 (0)491/6008-316	061/9711-341

* siehe rechts: „Lieferrn schnell und sicher“

Weitere Infos unter: www.elv.com

Wir wollen es wissen! Ihre Anwendungen und Applikationen

Leserwettbewerb

Welche eigenen kreativen Anwendungen und Applikationen haben Sie mit den ELV Haustechnik-Systemen, aber auch anderen Produkten und Bausätzen realisiert? Schreiben Sie uns, fotografieren Sie Ihre Applikation, berichten Sie von Ihren Erfahrungen und Lösungen. Die interessantesten Anwendungen werden redaktionell bearbeitet und im ELVjournal mit Nennung Ihres Namens vorgestellt.

Gutschein-Code

im Wert von **200,- €**

Jede veröffentlichte Anwendung belohnen wir mit einem Gutscheincode im Wert von 200,-* Euro.

* Der Einsender der veröffentlichten Anwendung erhält einen Gutscheincode zur einmaligen Nutzung im Wert von 200,- €. Der Gutscheincode wird mit einer Bestellung verrechnet – ein etwaiger Restbetrag verfällt. Bei Rückabwicklung des Kaufvertrags oder eines Teils hiervon wird der gewährte Gutscheinbetrag vom zu erstattenden Kaufpreis abgezogen, sofern durch die Ausübung des Widerrufsrechts und der Rückabwicklung der Gesamtwarenwert von 200,- € unterschritten wird. Auszahlung/Verrechnung mit offener Rechnung sowie Guthchrift nach Widerruf sind nicht möglich. Der Gutscheincode ist nicht mit anderen Aktionen kombinierbar.

Die Auswahl der Veröffentlichungen wird allein durch die ELV Redaktion ausschließlich nach Originalität, praktischem Nutzen und realisierter bzw. dokumentierter Ausführung vorgenommen, es besteht kein Anspruch auf Veröffentlichung, auch bei themengleichen Lösungen. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Für Ansprüche Dritter, Beschädigung und Verlust der Einsendungen wird keine Haftung übernommen. Alle Rechte an Fotos, Unterlagen usw. müssen beim Einsender liegen. Die eingesandten Unterlagen und Aufnahmen verbleiben bei der ELV Elektronik AG und können von dieser für Veröffentlichungen und zu Werbezwecken genutzt werden.

Ihre Einsendungen senden Sie per Brief oder Mail mit Stichwort „Leserwettbewerb“ an:

ELV Elektronik AG, Leserwettbewerb, 26787 Leer, Deutschland bzw. leserwettbewerb@elv.com

Bestellhinweise

Bitte beachten Sie, dass einige Produkte aus dem ELV Programm aufgrund spezieller Normen und Vorschriften sowie vertriebsrechtlicher Gründe in Österreich/der Schweiz sowie anderen Ländern nicht ausgeliefert werden können. Dies gilt teilweise für Geräte, die an das Postnetz angeschlossen werden, sowie für Sendee- und Empfangsanlagen. Die Angabe „BZT-zugelassen“ bezieht sich nur auf die deutsche Postzulassung! CEPT-LPD-zugelassene Produkte (= europaweit) hingegen dürfen auch nach Österreich/in die Schweiz geliefert werden. Wir benachrichtigen Sie, falls eine Ihrer Bestellungen hiervon betroffen sein sollte.

Zahlen ganz bequem

Die Preise sind Endpreise für Deutschland in Euro (€) inklusive der gesetzlichen Mehrwertsteuer (wird auf der Rechnung gesondert ausgewiesen) zum Zeitpunkt der Drucklegung (Juli 2021) zzgl. evtl. Versandkosten, Zollgebühren – Abweichungen in Österreich/der Schweiz sowie anderen Ländern sind möglich. Spätere Abweichungen durch Preisanpassungen oder Anpassungen der Mehrwertsteuer sind möglich. Aktuelle Preise siehe jeweiliger ELVshop.

Bei Büchern kommt der auf dem Buch angegebene Preis in Landeswährung zur Verrechnung.

Für die Schweiz erfolgt die Rechnungsstellung bis auf Weiteres in CHF. Die aktuellen Schweizer Preise entnehmen Sie bitte unserem ELVshop (ch.elv.com). Ihr Vorteil: Sie beziehen die Ware zu günstigen Konditionen auf Basis der deutschen Preise und können wie gewohnt in Schweizer Franken bezahlen.

Unsere Angebote sind freibleibend. Abmessungen und Gewichtsangaben in unseren Angeboten sind unverbindlich. Druckfehler und Irrtümer sowie technische und preisliche Änderungen bleiben uns vorbehalten. Im Übrigen gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen, auf die auf unseren Rechnungen verwiesen wird. Mit Erscheinen einer neuen Ausgabe des „ELVjournal“ verlieren alle früheren Angebote ihre Gültigkeit. Die gelieferte Ware bleibt bis zur vollständigen Bezahlung Eigentum von ELV.

Vorab können Sie unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen im Internet einsehen unter Deutschland und Österreich: de.elv.com/agb Schweiz: ch.elv.com/agb oder Sie können diese telefonisch anfordern.

Wiederverkäufern senden wir gerne unsere Händlerkonditionen: Tel: +49 (0)491/6008-415.

Bankinzug (Deutschland und Österreich)

Bei Zahlung per Bankinzug (SEPA-Basislastschrift) hat der Kunde bei erstmaliger Bestellung seine Bestellung schriftlich mittels Bestellschein, Bestellkarte, Fax oder Internet durchzuführen und die Zahlungsart „Bankinzug“ unter Angabe seiner Bankverbindung (IBAN und BIC) zu wählen. Der Rechnungsbetrag wird am Tag nach der Warenauslieferung vom Konto des Kunden abgebucht. Die Frist für die Vorabankündigung (Pre-Notification) wird auf einen Tag verkürzt. Die der ELV Elektronik AG gewährte Einzugsermächtigung ist jederzeit widerrufbar.

Informationen zum Datenschutz nach EU-DSGVO

Unser Unternehmen prüft regelmäßig bei Vertragsabschlüssen und in bestimmten Fällen, in denen ein berechtigtes Interesse vorliegt, auch bei Bestandskunden Ihre Bonität. Dazu arbeiten wir mit der Creditreform Boniversum GmbH, Hellersbergstr. 11, 41460 Neuss, zusammen, von der wir die dazu benötigten Daten erhalten. Zu diesem Zweck übermitteln wir Ihren Namen und Ihre Kontaktdaten an die Creditreform Boniversum GmbH. Die Informationen gem. Art. 14 der EU Datenschutz-Grundverordnung zu der bei der Creditreform Boniversum GmbH stattfindenden Datenverarbeitung finden Sie hier: www.boniversum.de/EU-DSGVO

Lieferrn schnell und sicher

Ist ein bestellter Artikel nicht sofort lieferbar, informieren wir Sie über den voraussichtlichen Liefertermin. Die Kosten für den Transport übernimmt zum Teil die ELV Elektronik AG. Für Aufträge in Deutschland unter 29,- € (Österreich unter 29,- € / Schweiz unter CHF 59,-) berechnen wir eine Versandkostenpauschale von 3,99 € (Österreich 3,99 €, Schweiz: CHF 5,99).

Ab einem Warenwert von 29,- € in Deutschland (Österreich ab 29,- € / Schweiz ab CHF 59,-) trägt die ELV Elektronik AG die Versandkostenpauschale in Höhe von 3,99 € (Österreich 3,99 €, Schweiz: CHF 5,99). Lediglich bei Sonderwünschen (Luftpost, Express, Spedition) berechnen wir die anfallenden Mehrkosten. Nachlieferungen erfolgen versandkostenfrei.

ELV Elektronik weltweit

Kunden außerhalb Deutschlands beliefern wir ebenfalls direkt. Zu unseren Lieferländern zählen Österreich, die Schweiz, die Niederlande, Spanien, Luxemburg, Belgien, Rumänien, Polen, Frankreich und Italien. Hierbei kommen die deutschen Preise zum Ansatz, in denen die jeweils geltende deutsche Mehrwertsteuer bereits enthalten ist.

Für Firmenkunden aus der EU mit UST-ID-Nr. und für Kunden aus allen anderen Ländern ziehen wir die deutsche Mehrwertsteuer automatisch ab. Sie zahlen per Vorauskasse. Wir berechnen die tatsächlichen Transport- und Versicherungskosten und wählen eine kostengünstige Versandart für Sie (Sonderregelung für Österreich und die Schweiz, Infos auf Anfrage).

Alle Lieferkonditionen und Versandkosten finden Sie in unseren Allgemeinen Geschäftsbedingungen.

Auskünfte zu Zahlungsverhalten

Zur Auftragsabwicklung speichern wir die personenbezogenen Daten. Ggf. beziehen wir Informationen zu Ihrem bisherigen Zahlverhalten sowie Bonitätsinformationen auf der Basis mathematisch-statistischer Verfahren von der Creditreform Boniversum GmbH, Hellersbergstr. 11, D-41460 Neuss.

Wir behalten uns vor, Ihnen aufgrund der erhaltenen Informationen ggf. eine andere als die von Ihnen gewählte Zahlungsart vorzuschlagen. Alle Daten werden konform mit dem strengen Datenschutzgesetz vertraulich behandelt.

Rücknahme von Elektro- und Elektronik-Altgeräten

Hersteller und Händler sind gesetzlich verpflichtet, Altgeräte kostenfrei wieder zurückzunehmen und nach vorgegebenen Standards umweltverträglich zu entsorgen bzw. zu verwerten. Dies gilt für betreffende Produkte mit nebenstehender Kennzeichnung.

Verbraucher/-innen dürfen Altgeräte mit dieser Kennzeichnung nicht über den Hausmüll entsorgen, sondern können diese bei den dafür vorgesehenen Sammelstellen innerhalb Ihrer Gemeinde bzw. bei den ÖRE (öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger) abgeben. Verbraucher/-innen sind im Hinblick auf das Löschen personenbezogener Daten auf den zu entsorgenden Altgeräten selbst verantwortlich.

Unsere Rücknahmeverpflichtung nach dem ElektroG wickeln wir über die Fa. Hellmann Process Management GmbH & Co. KG (HPM) und die Fa. DHL Paket GmbH (DHL) ab. HPM übernimmt für uns die Entsorgung und Verwertung der Altgeräte über die kommunalen Sammelstellen. Zum Erstellen eines DHL-Retouren-Aufklebers für die Rücksendung Ihres Elektro- und Elektronik-Altgeräts benutzen Sie bitte unser DHL-Retouren-Portal im Internet. Weitere Informationen finden Sie unter de.elv.com/hinweise-zur-entsorgung. Unsere Registrierungsnummer lautet: WEEE-Reg. Nr. DE 14047296.

Batteriegesetz – BattG

Verbraucher(innen) sind zur Rückgabe von Altbatterien gesetzlich verpflichtet.

Mit nebenstehendem Zeichen versehene Batterien dürfen nicht über den Hausmüll entsorgt werden, sondern sind einer getrennten Entsorgung zuzuführen. Verbraucher(innen) können Batterien nach Gebrauch unentgeltlich an unser Versandlager schicken oder dort abgeben.

Altbatterien können Schadstoffe enthalten, die bei nicht sachgemäßer Lagerung oder Entsorgung die Umwelt oder Ihre Gesundheit schädigen können. Batterien enthalten aber auch wichtige Rohstoffe, wie z. B. Eisen, Zink, Mangan oder Nickel und werden wiederverwendet.

Bedeutung chemischer Zeichen in Kennzeichnung: Hg = Quecksilber; Cd = Cadmium; Pb = Blei



= Symbol für die getrennte Erfassung von Elektro- und Elektronikgeräten



= Batterien sind schadstoffhaltige Produkte und dürfen nicht über den Hausmüll entsorgt werden.

Schließen Sie jetzt ein ELVjournal Abonnement ab!



Alle Abonnement-Konditionen und Preise finden Sie hier:



www.elvjournal.com

Widerrufsbelehrung

Widerrufsrecht

Sie können Ihre Vertragserklärung innerhalb von 14 Tagen ohne Angabe von Gründen mittels einer eindeutigen Erklärung widerrufen. Die Frist beginnt nach Abschluss des Vertrags und nachdem Sie die Vertragsbestimmungen einschließlich der Allgemeinen Geschäftsbedingungen sowie alle nachstehend unter Abschnitt 2 aufgeführten Informationen auf einem dauerhaften Datenträger (z. B. Brief, Telefax, E-Mail) erhalten haben. Zur Wahrung der Widerrufsfrist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs, wenn die Erklärung auf einem dauerhaften Datenträger erfolgt.

Der Widerruf ist zu richten an: ELV Elektronik AG, Maiburger Str. 29-36, 26789 Leer, Tel.-Nr. +49 (0)491/6008-88, Telefax: +49 (0)491/7016, E-Mail: widerruf@elv.com. Sie können dafür das beigefügte Muster-Widerrufsformular verwenden, das jedoch nicht vorgeschrieben ist. Sie können das Muster-Widerrufsformular oder eine andere eindeutige Erklärung auch auf unserer Webseite (zum Widerruf) elektronisch ausfüllen und übermitteln. Machen Sie von dieser Möglichkeit Gebrauch, so werden wir Ihnen unverzüglich (z. B. per E-Mail) eine Bestätigung über den Eingang eines solchen Widerrufs übermitteln. Zur Wahrung der Widerrufsfrist reicht es aus, dass Sie die Mitteilung über die Ausübung des Widerrufsrechts vor Ablauf der Widerrufsfrist absenden.

Für den Beginn der Widerrufsfrist erforderliche Informationen

Die Informationen im Sinne des Abschnitts 1 Satz 2 umfassen folgende Angaben:

1. die Identität des Unternehmers; anzugeben ist auch das öffentliche Unternehmensregister, bei dem der Rechtsträger eingetragen ist, und die zugehörige Registernummer oder gleichwertige Kennung;
2. die Hauptgeschäftstätigkeit des Unternehmers und die für seine Zulassung zuständige Aufsichtsbehörde;
3. die ladungsfähige Anschrift des Unternehmers, bei juristischen Personen, Personenvereinigungen oder Personengruppen auch den Namen des Vertretungsberechtigten;
4. die wesentlichen Informationen darüber, wie der Vertrag zustande kommt;
5. gegebenenfalls zusätzlich anfallende Kosten;
6. eine Befristung der Gültigkeitsdauer der zur Verfügung gestellten Informationen, beispielsweise die Gültigkeitsdauer befristeter Angebote, insbesondere hinsichtlich des Preises;
7. Einzelheiten hinsichtlich der Zahlung und der Erfüllung;
8. das Bestehen eines Widerrufsrechts sowie die Bedingungen, Einzelheiten der Ausübung, insbesondere Name und Anschrift desjenigen, gegenüber dem der Widerruf zu erklären ist, und die Rechtsfolgen des Widerrufs einschließlich Informationen über den Betrag, den der Verbraucher im Fall des Widerrufs für die erbrachte Leistung zu zahlen hat, sofern er zur Zahlung von Wertersatz verpflichtet ist (zugrundeliegende Vorschrift: § 357a des Bürgerlichen Gesetzbuchs);
9. eine Vertragsklausel über das auf den Vertrag anwendbare Recht oder über das zuständige Gericht;
10. die Sprachen, in welchen die Vertragsbedingungen und die in dieser Widerrufsbelehrung genannten Vorabinformationen mitgeteilt werden, sowie die Sprachen, in welchen sich der Unternehmer verpflichtet, mit Zustimmung des Verbrauchers die Kommunikation während der Laufzeit dieses Vertrags zu führen;
11. den Hinweis, ob der Verbraucher ein außergerichtliches Beschwerde- und Rechtsbehelfsverfahren, dem der Unternehmer unterworfen ist, nutzen kann, und gegebenenfalls dessen Zugangsvoraussetzungen.

Muster-Widerrufsformular

(Wenn Sie den Vertrag widerrufen wollen, füllen Sie bitte dieses Formular aus und senden Sie es zurück.)

An
ELV Elektronik AG
Maiburger Str. 29-36
26789 Leer
Telefax: 0491/7016
E-Mail: widerruf@elv.com

Hiermit widerrufe(n) ich/wir (*) den von mir/uns (*) abgeschlossenen Vertrag über den Kauf der folgenden Waren (*) / die Erbringung der folgenden Dienstleistung (*)

Bestellt am _____ (*) / erhalten am _____ (*)

Name des/der Verbraucher(s) _____

Anschrift des/der Verbraucher(s) _____

Datum _____ Unterschrift des/der Verbraucher(s) (nur bei Mitteilung auf Papier)

(*) Unzutreffendes streichen

Widerrufsfolgen

Im Fall eines wirksamen Widerrufs sind die beiderseits empfangenen Leistungen zurückzugewähren. Für die Rückzahlung verwenden wir dasselbe Zahlungsmittel, das Sie bei der ursprünglichen Transaktion eingesetzt haben, es sei denn, mit Ihnen wurde ausdrücklich etwas anderes vereinbart; in keinem Fall werden Ihnen wegen dieser Rückzahlung Entgelte berechnet. Verpflichtungen zur Erstattung von Zahlungen müssen innerhalb von 30 Tagen erfüllt werden. Die Frist beginnt für Sie mit der Absendung Ihrer Widerrufserklärung, für uns mit deren Empfang.

Ihr Widerrufsrecht erlischt vorzeitig, wenn der Vertrag von beiden Seiten auf Ihren ausdrücklichen Wunsch vollständig erfüllt ist, bevor Sie Ihr Widerrufsrecht ausgeübt haben. Das Widerrufsrecht besteht nicht bei Lieferung von Waren, die nicht vorgefertigt sind und für deren Herstellung eine individuelle Auswahl oder Bestimmung durch den Verbraucher maßgeblich ist oder die eindeutig auf die persönlichen Bedürfnisse des Verbrauchers zugeschnitten sind; bei Lieferung von Ton- oder Videoaufnahmen oder Computersoftware in einer versiegelten Packung, wenn die Versiegelung nach der Lieferung entfernt wurde; bei Lieferung von Zeitungen, Zeitschriften und Illustrierten mit Ausnahme von Abonnementverträgen.

Vor Rückgabe von Geräten mit Speichermedien (z. B. Festplatten, USB-Sticks, Handys etc.) beachten Sie bitte folgende Hinweise: Für die Sicherung der Daten sind Sie grundsätzlich selbst verantwortlich. Bitte legen Sie sich entsprechende Sicherungskopien an bzw. löschen Sie enthaltene personenbezogene Daten. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn personenbezogene Daten Dritter gespeichert sind. Ist eine Löschung aufgrund eines Defekts nicht möglich, bitten wir Sie, uns ausdrücklich auf das Vorhandensein von personenbezogenen Daten hinzuweisen. Bitte vermerken Sie dies klar ersichtlich auf dem Rücksendeschein.

Ende der Widerrufsbelehrung

eines konkreten Missbrauchsfalls erforderlich ist. So werden nur Daten für die Berechnung der Wahrscheinlichkeitswerte benutzt, die auch in der Auskunft nach Art. 15 DSGVO ausgewiesen werden. Zudem fließt nicht jede Datenart in jede einzelne Scoreberechnung ein.

Wir weisen gemäß Art. 6 ff. DSGVO darauf hin, dass wir die von unseren Kunden mitgeteilten Daten EDV-mäßig speichern. Ihre uns mitgeteilten Daten nutzen wir ferner, um Sie über Bestellungen, Angebote und Dienstleistungen zu informieren. Sollten Sie keine Informationen über unsere Angebote und Dienstleistungen wünschen, genügt ein formloser Brief, Telefax, eine E-Mail an

ELV Elektronik AG, Maiburger Str. 29-36, 26789 Leer, Deutschland
Telefax-Nr. +49 (0)491-7016, E-Mail: datenschutz@elv.com

Weitergabe von Daten

ELV Elektronik AG verzichtet auf jegliche kommerzielle Weitergabe Ihrer Daten an Dritte. Im Rahmen der Auftragsdatenverarbeitung wählen wir unsere Partner sorgfältig aus und verpflichten unsere Dienstleister gemäß Art. 28 DSGVO zum vertrauensvollen Umgang mit Ihren Daten. Die Weitergabe von Kundendaten zu werblichen oder anderen Zwecken an Dritte oder die eigene kommerzielle Nutzung unserer Kundendaten durch den Dienstleister ist unseren Partnern untersagt. Sofern wir Ihre Daten im Rahmen der vertraglichen Erfüllung Ihrer Bestellung, Ihres Gewinnspiels oder im Rahmen von Partnerangeboten oder Auktionen an Vertrags- oder Kooperationspartner weitergeben, weisen wir Sie gesondert darauf hin. Die an unsere Kooperationspartner weitergegebenen Daten dürfen von diesen lediglich zur Erfüllung ihrer Aufgabe verarbeitet werden.

Widerruf von Einwilligungen

Jede von Ihnen erteilte Einwilligung zur Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten können Sie jederzeit durch eine kurze schriftliche Mitteilung widerrufen. Bitte wenden Sie sich hierzu schriftlich an datenschutz@elv.com. Sie haben das Recht auf Auskunft, Berichtigung, Löschung und Einschränkung Ihrer Daten gemäß der Art. 15 bis 18 DSGVO.

Näheres entnehmen Sie bitte unserer Datenschutzerklärung unter de.elv.com/sicherheit-datenschutz bzw. ch.elv.com/sicherheit-datenschutz. Sie können der Verarbeitung Ihrer Daten für werbliche Zwecke jederzeit durch eine kurze schriftliche Mitteilung an datenschutz@elv.com widersprechen bzw. Ihr Einverständnis widerrufen (Musterbrief unter de.elv.com/sicherheit-datenschutz)

Impressum

Herausgeber:

ELV Elektronik AG, 26787 Leer, Deutschland
Telefon 0491/6008-0, Fax 0491/7016
E-Mail: redaktion@elvjournal.com

Chefredaktion:

Prof. H.-G. Redeker

Redaktionsleitung:

Markus Ulsaß, verantw.

Anzeigen-Redaktion:

Meike vom Baur, verantw.

Erscheinungsweise:

zweimonatlich, jeweils zu Beginn der Monate
Februar, April, Juni, August, Oktober,
Dezember

Technisches Layout:

Silvia Heller, Wolfgang Meyer, Annette
Schulte, Dipl.-Ing. (FH) Martin Thoben

Satz und Layout:

Franziska Giesselmann, Andrea Rom

Redaktion:

Markus Battermann (M. Eng.), Dipl.-Ing. (FH)
Karsten Beck, Dipl.-Ing. Bartholomeus Beute,
Dipl.-Ing. (FH) Hans-Jürgen Boekhoff, Wilhelm
Brückmann, Dipl.-Ing. (FH) Gerd Busboom,
Markus Cramer (M. Sc.), Dipl.-Ing. (FH) Timo
Friedrichs, Dipl.-Inf. Andreas Gabel, Dipl.-Ing. (FH)
Frank Graß, Alfred Grobelnik, Dipl.-Ing. (FH)
Fredo Hammiediers, Lothar Harbsten, Volkmar
Helmers, Dipl.-Ing. (FH) Christian Helm,
Dipl.-Ing. (FH) Karsten Loof, Marcel Maas
(M. Eng.), Hilko Meyer (M. Eng.), Dipl.-Ing. (FH)
Thorsten Reck, Helga Redeker, Dipl.-Ing. (FH)
Keno Reiß, Dipl.-Wi.-Inf. (FH) Frank Sanders,
Dipl.-Ing. (FH) Lothar Schäfer, Bastian Schmidt
(B. Eng.), Udo Schoon (M. Eng.), Dirk Stüben,
Dipl.-Ing. (FH) Heiko Thole, Dipl.-Ing. (FH)
Thomas Wiemken, Dipl.-Ing. (FH) Markus
Willenborg, Florian Willms (M. Sc.), Sebastian
Witt (B. Eng.), Dipl.-Ing. (FH) Matthias Ysker

Lithografie:

KruseMedien GmbH
48691 Vreden
Telefon: +49 2564 5686-110
www.krusemedien.com
Verantwortlicher: Udo Wesseler

Druck:

Vogel Druck und Medienservice
97204 Höchberg

Bankverbindungen:

Commerzbank Emden, BIC: COBADEFFXXX
IBAN: DE11 2844 0037 0491 3406 00,
Postbank Hannover, BIC: PBNKDEFF
IBAN: DE55 2501 0030 0335 8163 08

Urheberrechte:

Die in diesem Magazin veröffentlichten Beiträge einschließlich der Platinen sind urheberrechtlich geschützt. Eine auch auszugsweise Veröffentlichung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet.

Patente und Warenzeichen:

Sämtliche Veröffentlichungen erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patent- oder Gebrauchsmusterschutzes. Bei den verwendeten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Warenzeichen handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber warenzeichenmäßig benutzt werden dürfen.

Eingesandte Beiträge:

Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingesandte Manuskripte oder Geräte zurückzusenden. Eine Haftung wird für diese Gegenstände nicht übernommen.

Gesetzliche und postalische Bestimmungen:

Die geltenden gesetzlichen und postalischen Bestimmungen hinsichtlich Erwerb, Herstellung und Inbetriebnahme von Send- und Empfangseinrichtungen sind zu beachten.

Haftungsausschluss:

Der Herausgeber übernimmt keine Haftung für die Richtigkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Artikel und sonstigen Beiträge.

Datenschutz

Erklärung zu personenbezogenen Daten

Personenbezogene Daten sind Informationen, die Ihrer Person zugeordnet werden können. Hierunter fallen z. B. der Name, die Anschrift oder die E-Mail-Adresse.

Erfassung und Verwendung von personenbezogenen Daten

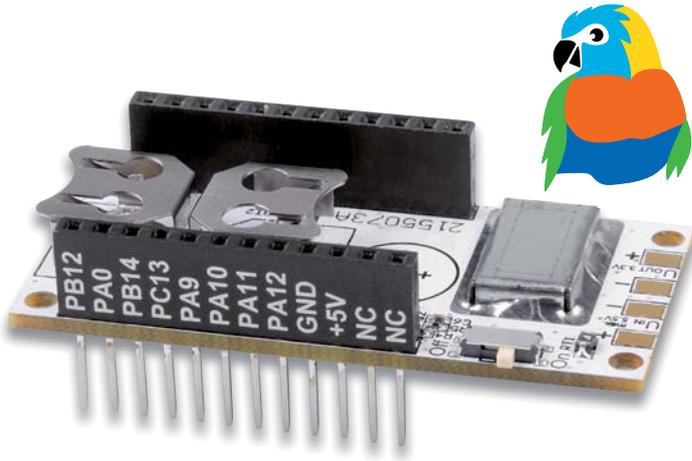
Persönliche Daten, die Sie uns zur Verfügung stellen, dienen der Abwicklung der Bestellung, der Lieferung der Waren sowie der Zahlungsabwicklung. Da der Datenschutz für die ELV Elektronik AG einen sehr hohen Stellenwert einnimmt, erfolgt die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung Ihrer uns zur Verfügung gestellten Daten ausschließlich auf der Grundlage der gesetzlichen Bestimmungen der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) und des Telemediengesetzes (TMG).

Nach den geltenden gesetzlichen Regelungen haben Sie ein Recht auf unentgeltliche Auskunft über Ihre gespeicherten Daten sowie ggf. ein Recht auf Berichtigung, Sperrung oder Löschung dieser Daten.

Bei Erstbestellungen auf Rechnung können wir bei Bestehen eines berechtigten Interesses zur Risikovermeidung Informationen zu Ihrem bisherigen Zahlungsverhalten sowie Bonitätsinformationen auf der Basis mathematisch-statistischer Verfahren von der Creditreform Boniversum GmbH, Hellersbergstr. 11, 41460 Neuss, vertreten durch Dr. Holger Bissel, Ingolf Dorff, Thomas Schurk, einholen. Die uns erteilten Informationen über die statistische Wahrscheinlichkeit eines Zahlungsausfalls wird von uns für eine abgewogene Entscheidung über die Begründung, Durchführung oder Beendigung des Vertragsverhältnisses genutzt. Die Informationen gem. Art. 14 der EU Datenschutz-Grundverordnung zu der bei der Creditreform Boniversum GmbH stattfindenden Datenverarbeitung finden Sie hier: www.boniversum.de/EU-DSGVO. Im Bereich der **Kreditkartenzahlung** arbeiten wir zusammen mit der Concardis GmbH (Concardis), Helfmann Park 7, D-65760 Eschborn, vertreten durch ihre Geschäftsführer Robert Hoffmann, Patrick Höjer, Martin Skov.

In diesem Rahmen werden neben Kaufvertrag und Datum auch Kartendaten an das oben genannte Unternehmen übermittelt. Sämtliche Zahlungsdaten sowie Daten zu eventuell auftretenden Rückbelastungen werden nur solange gespeichert, wie sie für die Zahlungsabwicklung (einschließlich der Bearbeitung von möglichen Rücklastschriften und dem Forderungseinzug) und zur Missbrauchsabwehr benötigt werden. In der Regel werden die Daten spätestens 13 Monate nach ihrer Erhebung gelöscht.

Darüber hinaus kann eine weitere Speicherung erfolgen, sofern und solange dies zur Einhaltung einer gesetzlichen Aufbewahrungsfrist oder zur Verfolgung



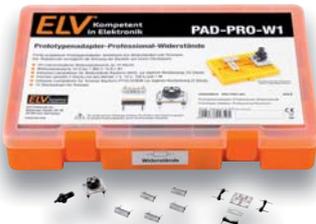
LoRIS-Buttoncell LoRIS-PM-BC

In diesem ELVjournal haben wir unsere neue Experimentierplattform LoRIS-Base für LoRaWAN vorgestellt. In der nächsten Ausgabe folgt ein Modul, das eine einfach aufsteckbare Spannungsversorgung ermöglicht – das LoRIS-Buttoncell (LoRIS-PM-BC). Das Modul ist aber nicht nur als praktisches Aufsteckmodul für die LoRIS-Base als Spannungsversorgung geeignet. Es kann durch die Kompatibilität zu Breadboards auch dort in experimentellen Aufbauten genutzt werden. Als Energiequelle werden standardmäßig zwei LR44-Knopfzellen verwendet, andere Energiespeicher sind über den externen Anschluss ebenfalls möglich.



Türschloss-Drehsensor

Nicht für alle Türen im Smart Home ist zwingend ein Türschlossantrieb erforderlich. Gerade für Hintertüren oder die Tür zur Werkstatt möchte man aber gerne den Türstatus erfahren. Habe ich die Tür zum Garten abends auch wirklich verschlossen? Versucht jemand, das Schloss zu manipulieren? Mit dem kleinen, batteriebetriebenen Bausatz Homematic IP Türschlosssensor HmIP-DLS ist eine einfache Schlossüberwachung möglich und das ohne bauliche Veränderungen. Der Sensor ist für die gängigsten Schlüssel und Standard-Schließzylinder geeignet, der verwendete Schlüssel muss nicht verändert werden, er kann spurlos eingesetzt bzw. wieder herausgenommen werden.



Prototypenadapter-Sets Widerstände/Kondensatoren

Nach dem großen Erfolg der Prototypenadapter als Bausatzversion stellen wir nun die Sortimentsboxen PAD-PRO-W und PAD-PRO-K mit fertig konfektionierten Prototypenadaptern vor. Bei diesen Sortimenten handelt es sich jeweils um Sets mit Widerständen und Kondensatoren. Aber auch Kunden, die sich die PAD-Module als Bausatz aufgebaut haben, werden sich freuen, denn es gibt die qualitativ hochwertigen Sortimentsboxen auch als Leerbox mit Beschriftungsetiketten.



LoRIS-Kontakt-Interface

Als erstes Anwendungsmodul für die LoRIS-Base erscheint im nächsten ELVjournal das LoRIS-Contact1. An das Modul mit der Funktion eines Kontakt-Interfaces kann z. B. ein externer Taster über eine Klemme angeschlossen werden. So kann beispielsweise das Signal eines Klingeltasters an einer entfernten Position außerhalb der WLAN-Reichweite über LoRaWAN an ein eigenes System gesendet werden, um über den Tastendruck informiert zu werden. Zusammen mit der LoRIS-Base und dem im nächsten ELVjournal erscheinenden LoRIS-Buttoncell (s. o.) erhält man damit einen autarken LoRaWAN-Knoten mit universellen Anwendungsmöglichkeiten.

Aktuelle Solartechnik

Die Solartechnik befindet sich derzeit in einer Aufbruchphase – auch angesichts der politischen Rahmenbedingungen mit neuen Zielen in der Stromerzeugung. Neue Effizienzrekorde, neue Materialien und Technologien, neue Anwendungsbereiche, die zunehmende Bedeutung der Speichertechnik und des Eigenverbrauchs – das sind die Themen, die wir an dieser Stelle aus der Sicht des privaten Anwenders mit einer kleinen Solaranlage betrachten.

Künstliche Intelligenz in der Praxis, Teil 3

Im nächsten Beitrag zur Künstlichen Intelligenz werden nicht nur numerische Daten, sondern bereits reale Bilder klassifiziert. Am Beispiel von handgeschriebenen Ziffern wird dargelegt, wie ein KI-System Daten aus der realen Welt verarbeiten kann. Hier kann der Raspberry Pi sogar einen besonderen Vorteil ausspielen. Durch die am Kameraport anschließbare Pi-Cam können direkt Bilddaten verarbeitet werden. Diese Möglichkeit wird dann auch in den späteren Themen dieser Artikelserie wie Objekt- und Gesichtserkennung weiterentwickelt.

Röhrenradio-Restauration, Teil 3

Der nächste Beitrag beschäftigt sich mit der Überprüfung und Wiederherstellung der Stromversorgung. Es muss getestet werden, ob die Hochspannungsgleichspannung annähernd korrekt ist und alle Röhren erreicht. Außerdem muss sichergestellt werden, dass die Niederspannungs-Heizungsversorgung für die Röhren vorhanden ist. Zudem müssen in der Regel Filterkondensatoren sowie der Selen-Gleichrichter ersetzt werden.

Von der Idee zur praktischen Schaltung

In diesem Artikel beschreiben wir ausführlich, wie man von der Idee bzw. einem Schaltbild zu einer fertigen Schaltung inklusive eines Gehäuses gelangt. Detailliert wird der Aufbau einer Schaltung auf einer Lochrasterplatine beschrieben, wobei nur ein Schaltbild als Basis dient. In dem Projekt bauen wir uns einen batteriebetriebenen Durchgangsprüfer.

Offline-Sprachsteuerung

vicCONTROL go Entwicklungskit



„Hey, Computer –
schalte das Licht an!“



Jeweils 10 digitale
Ein- und Ausgänge



Software (inkl.) zur
individuellen Erstellung
von Sprachbefehlen



voice INTER connect

voice INTER connect

Steuermodul zur
Spracherkennung

238,- €

Artikel-Nr. 251951

Abm. (B x H x T):
145 x 18 x 75 mm

Bauen und konfigurieren Sie Ihre individuelle Sprachsteuerung selbst: rein lokal, sprecherunabhängig, mit Steuerausgängen, die auf Ihre Kommandos reagieren – und ohne Programmierkenntnisse.

- Entwicklungskit zum Aufbau einer Echtzeit-Sprachsteuerung
- Rein lokaler Stand-alone-Betrieb – keine Internet- oder Netzwerkanbindung notwendig
- Beliebige Verknüpfung von Ein- und Ausgängen über die Sprachkommandos
- Bedienung via Freisprechen oder Headset
- Sprecherunabhängige Kommandoerkennung mit Aktivierungsphrase – auch bei Störgeräuschen
- 30 Sprachen verfügbar
- Akustisches Feedback über Signale oder Sprachausgabe
- PC-Entwicklungssoftware mit grafischem Konfigurationswerkzeug – keine Programmierkenntnisse notwendig

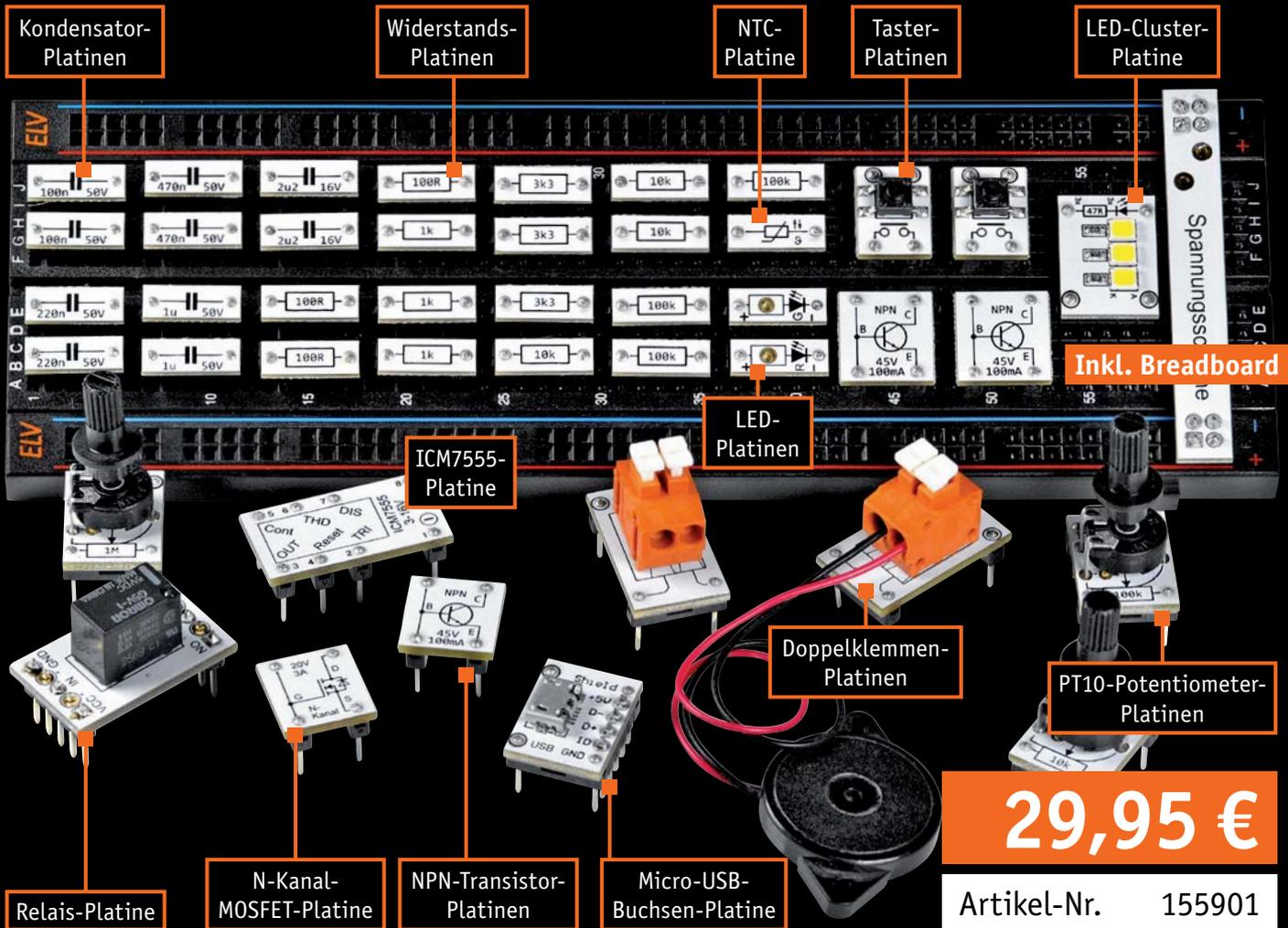
- Trägerplatine für das Steuermodul:
 - 10 digitale Ausgänge, galvanisch getrennt
 - 10 digitale Eingänge, galvanisch getrennt
 - Audio-Verstärker, 1 W
 - Line In/Out
 - Serieller Port mit Micro-USB bzw. alternativ UART
- Umfangreiche Konfigurationsmöglichkeiten wie Zeitsteuerung, One-Shot-Mode, UART-Kommandos
- Direkter Mikrofonanschluss möglich
- Betrieb an 5 Vdc

Inkl.: 1x vicCONTROL Stamp (Steuermodul)
1x Hardware-Trägerplatine
1x vicCONTROL go Stick
(mit PC-Entwicklungssoftware, Dokumentation)
1x Micro-USB-Kabel

Einen ELVjournal Bericht zur lokalen Sprachsteuerung finden Sie im ELVshop unter Webcode #10324

Experimentiererset- Prototypenadapter

ELV®



Nur Bausatz

- Für den einfachen Einstieg in die Elektronik
- Keine Lötkenntnisse erforderlich – lötfreier Aufbau auf Breadboard und mit Steck-Verbindungskabeln (beides im Set enthalten)
- 44 Prototypenadapter und Piezo-Summer mit allen wichtigen Elektronikbauteilen für den Erwerb von Elektronik-Grundkenntnissen und einfachen Schaltungsaufbauten
- Einfache Standard-Spannungsversorgung mit 5 V, z. B. über ein USB-Netzteil (nicht inkl.) mit Micro-USB-Stecker



ELV Make: Edition

Jetzt im Bundle: Sonderheft "Make:" und ELV Experimentiererset-Prototypenadapter

Der Bausatz Experimentiererset-Prototypenadapter und ein dazu passendes Sonderheft „Make: Elektronik Special“ wurden in Zusammenarbeit mit dem im Verlag Heise Medien erscheinenden Make-Magazin entwickelt. Auf 84 Seiten werden in dem Sonderheft Grundlagen der Elektronik verständlich erklärt und entsprechende Schaltungen dazu gezeigt.

