



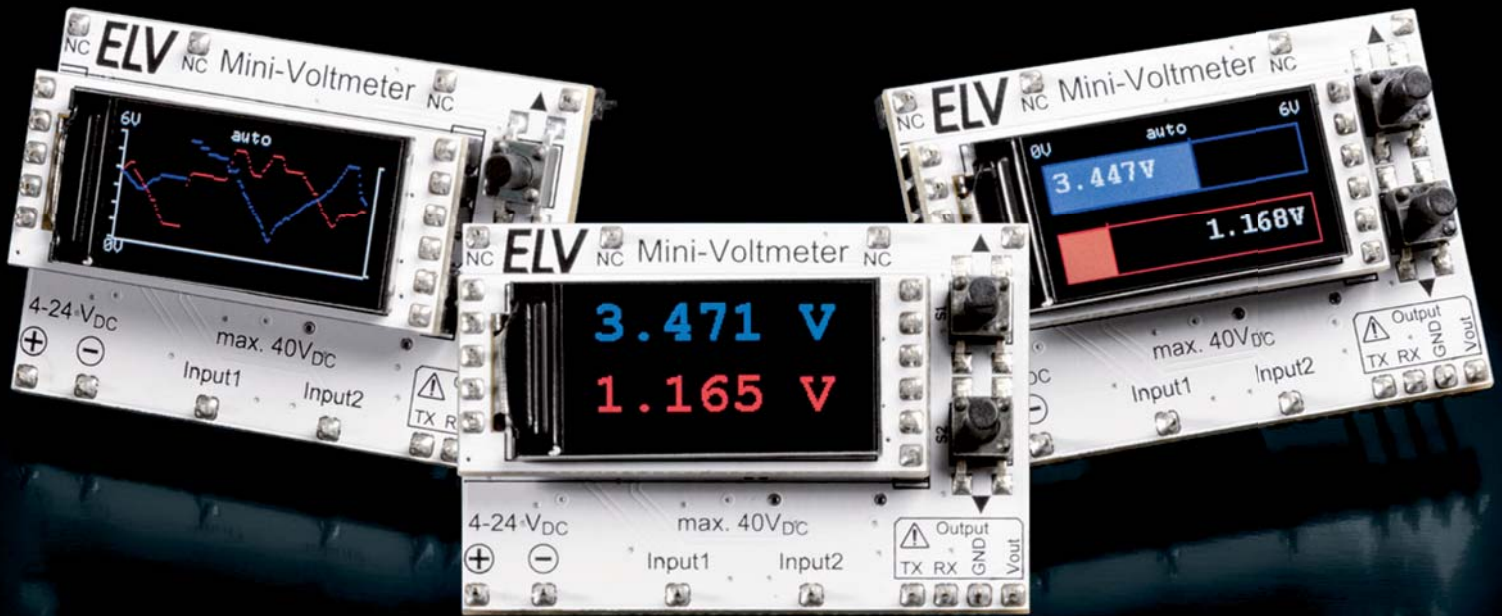
# ELV<sup>®</sup> journal

www.elvjournal.com

## journal

Mehr Wissen in Elektronik

## Doppelt genau 2-fach-Mini-Voltmeter



**Know-how:** Die Technologie hinter LoRaWAN

**Praxis:** Künstliche Intelligenz mit dem Raspberry Pi

**Retro:** Röhrenradio-Restaurierung

Neue ELV Bausätze



2-fach-Mini-Voltmeter mit TFT-Display



Homematic IP Wired 6-fach-Wandtaster



Experimentierset-Prototypenadapter

# Sat-Spiegel ausrichten wie ein Profi

## Sat-Messgerät HD 3 Kompakt V3

NEU



Mit diesem handlichen Sat-Messgerät richten Sie Ihre Satellitenantenne präzise aus. Das integrierte Farbdisplay zeigt dabei die Messwerte schnell und übersichtlich an.

- Praktisch für Camping-Urlaube, Lkw-/Fernfahrer, Eigenheimbesitzer (z. B. nach Unwetter/Orkan) u. v. m.
- Übersichtliches 6,9-cm-Farbdisplay (2,7")
- Vorprogrammierte Liste bestehender Sat-Positionen für eine einfache Erst-Inbetriebnahme
- Berechnet Dreh-/Neigungswinkel des Sat-Spiegels für eine erleichterte Spiegelausrichtung
- Spektral-Analysefunktion zur Überprüfung der Signalqualität
- Stellt Signalstärke/-qualität als großes Balkendiagramm dar
- Signalton beim Finden des Satelliten (abschaltbar)
- Zeigt Satellitenname, Transponder, LNB-Typ/-Status und Messparameter (dBµV, BER, C/N, MER) an
- Eingebauter Li-Ion-Akku für 3 h mobilen Betrieb – Aufladen via Netzteil oder 12-V-Kfz-Adapter
- Mit Schutzhülle und Tragegurt für Transport/Aufbewahrung

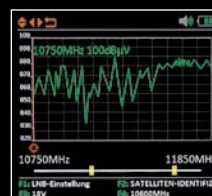


Mehr Infos hier

# 149,95 €

Artikel-Nr. 251922

Abm. (B x H x T):  
80 x 177 x 34 mm,  
Gewicht: 225 g



Spektral-Analysefunktion



Winkelberechnung



Transponderkontrolle

## Lieber Elektronik-Freund,

Schlagworte wie Künstliche Intelligenz, Machine Learning, Neuronale Netze oder Deep Learning tauchen immer häufiger in den Medien auf. Die zugrunde liegenden Technologien bestimmen schon heute unser Leben und werden in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen. Doch was verbirgt sich eigentlich hinter diesen Begriffen und wie können wir als Elektronik-Enthusiasten diese neuen Technologien nutzen? Um das Thema Künstliche Intelligenz mit Leben zu füllen, starten wir in diesem ELVjournal eine neue Serie und verbinden in anschaulichen Praxisbeispielen Elektronik und Software miteinander. Der Einstieg ist zudem verhältnismäßig günstig – für erste Versuche reicht schon ein Raspberry Pi und die Open-Source-Software Python.

Eine weitere Zukunftstechnologie, die das Leben und den Umgang mit Informationen bzw. den zugrunde liegenden Daten in Städten, in der Landwirtschaft oder in Unternehmen in den nächsten Jahren stark verändern könnte, ist ebenfalls Thema in dieser Ausgabe. Wir schauen hinter die Kulissen von LoRaWAN – einer vielversprechenden Funktechnologie, die mit wenig Energie sehr hohe Reichweiten erzielt und daher schon mit wenig Ansprüchen an die Infrastruktur große Bereiche abdecken kann.

Um die Zukunft gestalten zu können, benötigen wir auch den Nachwuchs, der aber die Grundlagen der Elektronik erst noch erlernen muss. In Zusammenarbeit mit dem im Verlag Heise Medien erscheinenden Make-Magazin haben wir dafür ein Elektronik-Einsteigerkit entwickelt, das in Verbindung mit einem Sonderheft einen einfachen, aber spannenden Start in die Welt der Elektronik bietet. Mit dieser neuen Version aus der Serie unserer erfolgreichen Prototypenadapter-Bausätze ermöglichen wir den Einstieg für die Ingenieure von morgen. Wir freuen uns, dass wir damit einen kleinen Beitrag zur Gestaltung der Zukunft leisten können.



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

*Heinz-G. Redeker*

Prof. Heinz-G. Redeker

## Unser Leserwettbewerb – teilen Sie Ihr Lieblingsprojekt!

### Machen Sie mit!

Jede veröffentlichte Anwendung belohnen wir mit einem Gutscheincode im Wert von 200,- €\*.



Das umfangreiche Angebot von ELV Haustechniksystemen, Produkten und Bausätzen bietet für viele Leser den Ausgangspunkt für eigene kreative Ideen. Haben auch Sie ein Projekt entwickelt, das andere Leser interessieren könnte?

Alles, was nicht gegen Gesetze oder z. B. VDE-Vorschriften verstößt, ist für uns interessant. Schreiben Sie uns, fotografieren Sie Ihr Projekt, berichten Sie von Ihren Erfahrungen und Lösungen. Teilen Sie Ihre fantasievolle Idee mit den Lesern des ELVjournals!

Die interessantesten Anwendungen werden redaktionell bearbeitet und im ELVjournal mit Nennung des Namens vorgestellt.

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.

\* 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 Kaufvertrages 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 Gutschrift nach Widerruf sind nicht möglich. Der Gutscheincode ist nicht mit anderen Aktionen kombinierbar.



**Per E-Mail**  
leserwettbewerb@elv.com



**Per Post**  
ELV Elektronik AG  
ELVjournal Leserwettbewerb  
26787 Leer

16

### Experimentierset-Prototypenadapter Elektronik-Einsteiger-Kit

Das Experimentierset-Prototypenadapter besteht aus zahlreichen Bauteilen, die für grundlegende Experimente in der Elektronik genutzt werden können. Mit insgesamt 45 Bauteilen wie Kondensatoren, Doppelklemmen, LEDs, Widerständen, Potentiometern, Transistoren, MOSFETs, NTC, Taster, Relais, ICM7555, Micro-USB-Buchsen-Platine, Spannungsschiene und Piezo-Summen lassen sich zahlreiche Schaltungen auf dem im Set enthaltenen Breadboard und dem Kabelnetz realisieren.

**Widerstandsplatten**  
Insgesamt 53 Widerstandsplatten mit 20kΩ, 10kΩ, 1kΩ, 100Ω und 10Ω Widerständen zur Realisierung zahlreicher Experimente. Bei diesen Platten sind die Widerstände bereits aufgebracht.

**Spannungsschiene**  
Eine Spannungsschiene verbindet die beiden entgegengesetzten Schienen des Breadboards, damit die Versorgungsspannung auf beiden Seiten genutzt werden kann.

**Kondensatorplatten**  
23 Kondensatorplatten (220 nF, 100 nF, 47 nF, 10 nF und 1 µF) ermöglichen die Realisierung zahlreicher Experimente. Bei diesen Platten sind die Kondensatoren bereits aufgebracht.

**LED-Cluster-Platine**  
Drei Cluster (je 3 LEDs) ermöglichen die Realisierung zahlreicher Experimente. Bei diesen Platten sind die LEDs bereits aufgebracht.

**FTD-Potentiometer-Platine**  
Für Experimente mit potentiometrischen Widerständen (z.B. 10kΩ, 100kΩ und 1MΩ) bei 5V, 3V3 und 1.8V.

**Doppelklemmen-Platine**  
Für den Anschluss von Passivbauteilen oder anderen per Kabel zu verbindenden Bauteilen.

**NTC-PlatineFür die Realisierung von Temperaturmessungen mit NTC-Widerständen.**

**Relais-Platine**  
1-3-Relais zur gezielten Ansteuerung größerer Lasten.

**Micro-USB-Buchsen-Platine**  
Zur Realisierung von 5-V-Spannungsmessung, beispielsweise von einem USB-Motor.

**Taster-Platine**  
Zur Realisierung von Taster-Schaltungen.

**N-Kanal-MOSFET-Platine**  
Platine mit N-Kanal-MOSFET für Experimente zur Ansteuerung von Lasten per Spannungsschiene.

**LED-Platine (grün und rot)**  
Platine mit einer oder mehreren LEDs und integrierter Vorwiderstände.

**ICM7555-Platine**  
Platine mit dem ICM7555 (NE555) für die Realisierung von Timing-Experimenten.

**NPN-Transistor-Platine**  
Platine mit dem NPN-Transistor BC107 für Experimente zur Realisierung von Lasten per Spannungsschiene.

### ELV Experimentierset-Prototypenadapter



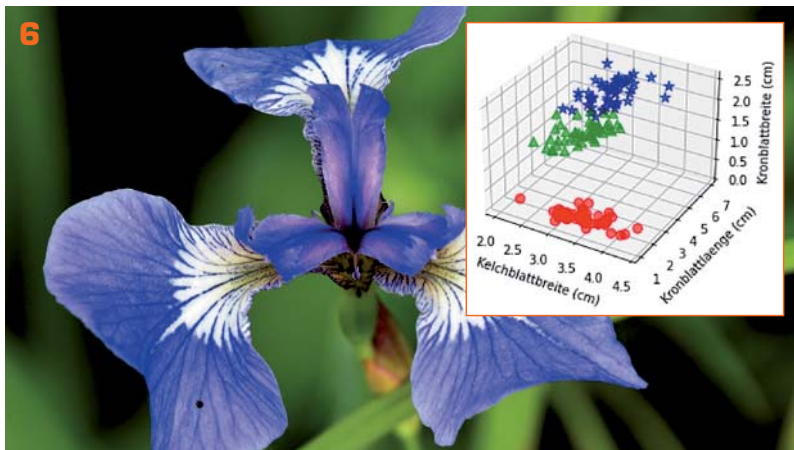
Homematic IP Wired Wandtaster – 6-fach



2-fach-Mini-Voltmeter mit TFT-Display MVM1

### Bausätze

- 16 Experimentierset-Prototypenadapter**  
Elektronik-Einsteiger-Kit
- 31 Genau, praktisch, schick**  
2-fach-Mini-Voltmeter mit TFT-Display MVM1
- 52 Logische Experimente – Prototypenadapter PAD6 mit CMOS-Logik**  
Logikschaltungen zum Experimentieren auf dem Breadboard, Teil 2
- 103 Vielseitig einsetzbar**  
Homematic IP Wired Wandtaster – 6-fach HmIPW-WRC6 – Kurzvorstellung



**6 KI-Praxis I – Einstieg in die Künstliche Intelligenz**



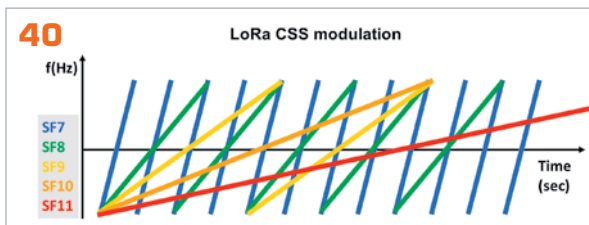
**79 Solar-Lader – Projekt zum UEH80**



**20 Fahrer-Assistenzsysteme**



**96 Projekt Betonklotz-Style**



**40 Technologie LoRa und LoRaWAN**



**86 Röhrenradio-Restauration**

**👍 Know-how/Projekt**

- 6 KI-Praxis I**  
Einstieg in die Künstliche Intelligenz, Teil 1
- 20 Die neuen Beifahrer**  
Fahrer-Assistenzsysteme und Bedienkonzepte im Auto, Teil 2
- 40 Low Power – Long Range**  
Die Technologie hinter LoRa und LoRaWAN

**★ Spezial**

- 49 Leser testen und gewinnen**
- 66 Experten antworten**

**☰ Rubriken**

- 106 – 107 Die Neuen**
- 112 – 113 Service Bestellhinweise Impressum**
- 114 Vorschau**

- 70 Wasserschall (Hydroakustik)**  
Schallausbreitung im Wasser, Hydrofone und Wasserschall-Messtanks
- 79 Solar-Lader**  
Projekt Energie-Ernte mit dem UEH80
- 86 Röhrenradio-Restauration**  
Ein praktischer Ansatz
- 96 Modernes Outfit**  
Projekt Betonklotz-Style für Homematic IP Unterputzgeräte

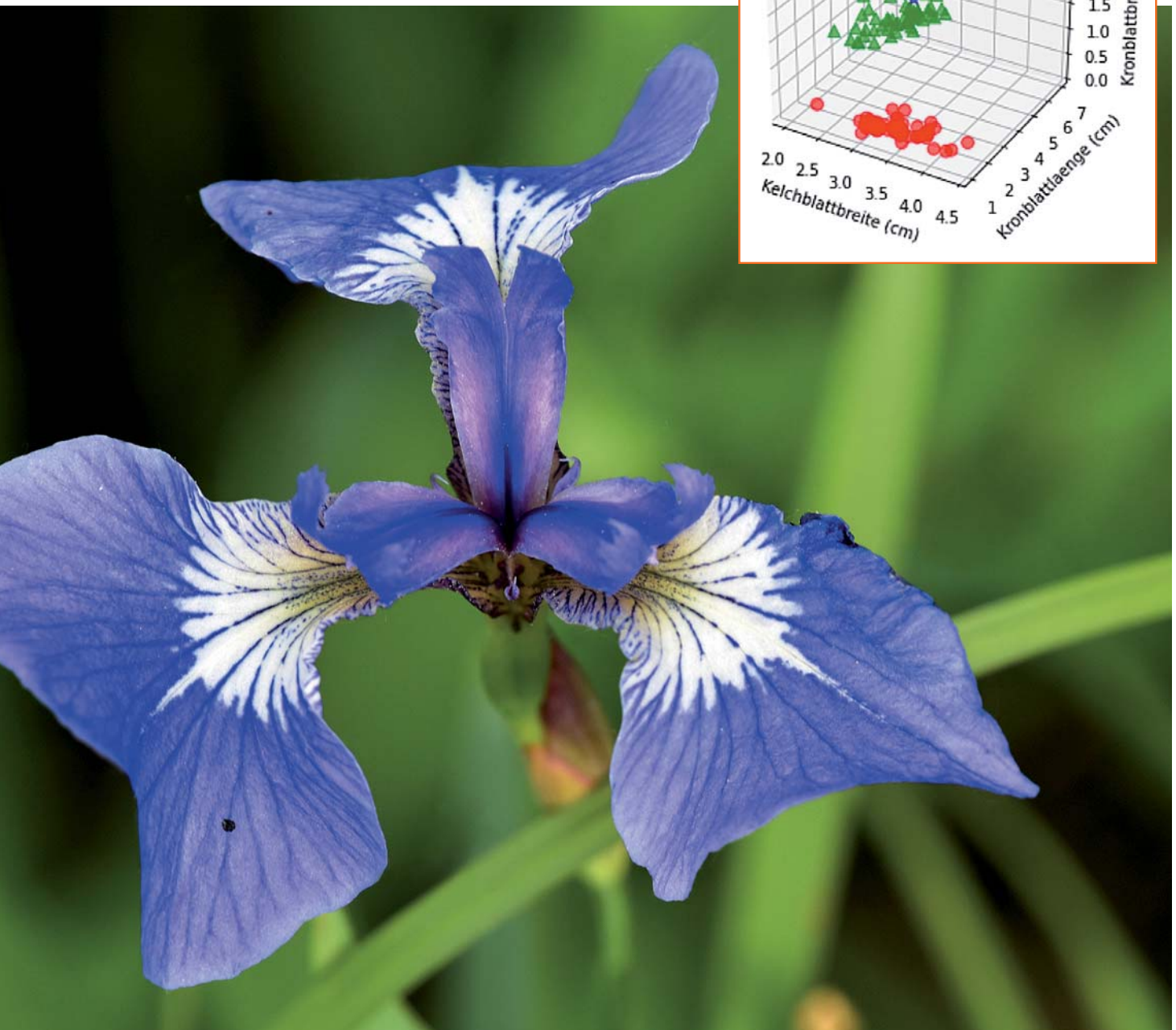
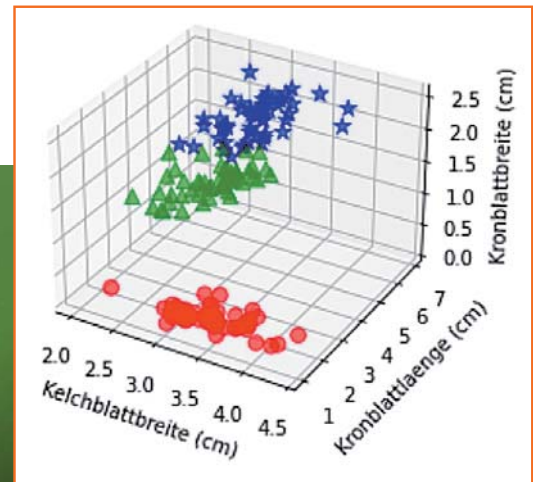


# KI-Praxis I

## Einstieg in die Künstliche Intelligenz

Teil 1

Das Thema „Künstliche Intelligenz“ (auch KI oder AI für engl. Artificial Intelligence) wird seit längerer Zeit intensiv in allen Medien diskutiert. Die Vision, dass in naher Zukunft Roboter, Computer oder ganz allgemein Maschinen „intelligent“ sein sollen, bewegt viele Menschen mehr als jede andere technische Entwicklung. Dabei steht die Frage im Brennpunkt, ob Maschinen tatsächlich jemals wirklich selbstständig lernen oder sogar intelligent sein können.





## Was ist Intelligenz?

Die vielbeachteten Siege von Computern im Schach oder sogar im Go-Spiel gegen die besten menschlichen Spieler haben weltweit für Aufsehen gesorgt. Insbesondere beim Go-Spiel hat die KI neue, bislang unerreichte Ebenen erobert. Allerdings wird immer noch häufig angezweifelt, dass für diese Erfolge tatsächlich „echte“ Intelligenz erforderlich war. Das liegt unter anderem daran, dass keine eindeutige Definition für Intelligenz existiert. Wenn aber noch nicht einmal klar ist, was Intelligenz überhaupt genau sein soll, wie kann dann entschieden werden, ob maschinelle oder künstliche Intelligenz existiert?

In dieser Artikelreihe soll ein neues Licht auf das Thema KI geworfen werden. Dabei stehen nicht theoretische Betrachtungen im Vordergrund, vielmehr werden mit einfachen Mitteln praktische Einsichten in dieses hochaktuelle Gebiet der Informationswissenschaften vermittelt.

Neben einem PC oder Laptop sollen dabei insbesondere auch kleine Systeme wie der Raspberry Pi zum Einsatz kommen. Damit lassen sich dann sogar Geräte aufbauen, die im Alltag durchaus nutzbringend eingesetzt werden können.

## Aus Daten Lernen

Unter „Machine Learning“ (maschinelles Lernen) versteht man die Anwendung von Algorithmen, die in der Lage sind „den Sinn von Daten“ bis zu einem gewissen Maße zu erkennen oder zu interpretieren. Ein Ziel der KI-Forschung ist es, Daten unter Anwendung von maschinellem Lernen in Wissen umzuwandeln und daraus nützliche Schlussfolgerungen zu ziehen.

Dank Open-Source-Bibliotheken können sich auch Nicht-Fachleute eingehend mit dem Thema Machine Learning befassen. Damit wird es praktisch für jedermann möglich, leistungsfähige Algorithmen einzusetzen. Dafür sind keine Supercomputer erforderlich. Vielmehr können auch kleine Systeme Muster in großen Datenmengen erkennen oder Vorhersagen über zukünftige Ereignisse ableiten.

Zunächst soll hier die relevante Terminologie vorgestellt werden. Damit werden die Grundlagen für das Lösen von Praxisproblemen geschaffen. Die ersten beiden Artikel zum Thema KI werden daher in die folgenden Themen einführen:

- Die drei Arten des Machine Learnings
- Grundlegender Aufbau von lernfähigen Systemen
- Installation der Programmiersprache „Python“
- Einrichtung einer Machine Learning-gereigneten Software-Umgebung

## Künstliche Intelligenz, Maschinenlernen, Neuronale Netze und Deep Learning

Das Forschungsgebiet der künstlichen Intelligenz enthält drei Teilbereiche:

- Machine Learning
- Neuronale Netze
- Deep Learning

Diese sind eng miteinander verknüpft und können in der Praxis oft nur schwer voneinander unterschieden werden. Daneben existieren noch weitere Gebiete, wie etwa Expertensysteme, evolutionäre Algorithmen oder statistische Klassifizierer, die jedoch in letzter Zeit an Bedeutung verloren haben. Seit etwa 2010 wird die KI immer mehr von Neuronalen Netzen und Deep Learning dominiert (Bild 1).

Maschinelles Lernen ist dennoch lediglich ein Teilbereich der künstlichen Intelligenz. Dieses hat jedoch eine besondere Bedeutung erlangt, da es Systeme in die Lage versetzt, selbstständig aus Daten zu lernen und sich zu verbessern, ohne dass dafür eine explizite Programmierung erforderlich wäre. Dabei kommen die beiden folgenden Prinzipien zum Einsatz:

1. Die Eingabe von Daten mit bekannten Zusammenhängen
2. Das „Lernen“ von Strukturen (sog. Trainieren), um sie später auf unbekannte Zusammenhänge anzuwenden

Maschinelles Lernen wird bereits in vielfältigen Anwendungen eingesetzt, von der Suche nach Malware in der IT-Sicherheit über die Wettervorhersage bis hin zur Analyse von Kundenverhalten. Bekannte Beispiele sind Produktempfehlungen bei Amazon, Prognose von Kundenverhalten, selbstfahrende Autos oder die Erkennung von Kreditkartenbetrug.

Das maschinelle Lernen verwendet also Algorithmen, um bekannte Daten zu analysieren. Aus diesen Daten lernt das ML-System und trifft anschließend fundierte Entscheidungen. Die Grundlage dafür ist ein System von mathematischen Methoden der Mustererkennung. Diese Verfahren erkennen Muster durch die bestmögliche Zerlegung von Datensätzen in hierarchische Strukturen (z. B. Entscheidungsbäume, Klassifizierung und Regression). Maschinelles Lernen erfordert im Allgemeinen komplexe Mathematik und Programmierung, um die gewünschten Funktionen und Ergebnisse zu erreichen.

Deep Learning wiederum ist ein Spezialgebiet des maschinellen Lernens. Es imitiert das menschliche Lernverhalten mittels großer Datenmengen. Über einen „tiefen Lernalgorithmus“, der auf ein Neuronales Netzwerk angewendet wird, werden aktuell die besten Ergebnisse der KI erzielt. Die Neuronalen Netze bestehen dabei meist aus zahlreichen Zwischenschichten, welche die Verbindung zwischen den Eingangs- und Ausgangsknoten darstellen.

Die einzelnen Schichten wiederum setzen sich aus künstlich erzeugten Neuronen zusammen. Die gesamte Struktur ähnelt dem Neuronalen Netzwerk im menschlichen Gehirn.

Tiefes Lernen verwendet mehrere Schichten in den Netzen. Die erste Schicht, die sichtbare Eingangsschicht, verarbeitet eine Rohdateneingabe, beispielsweise die einzelnen Pixel eines Bildes. Über mehrere verborgene Schichten (engl. „hidden layer“) und Ebe-

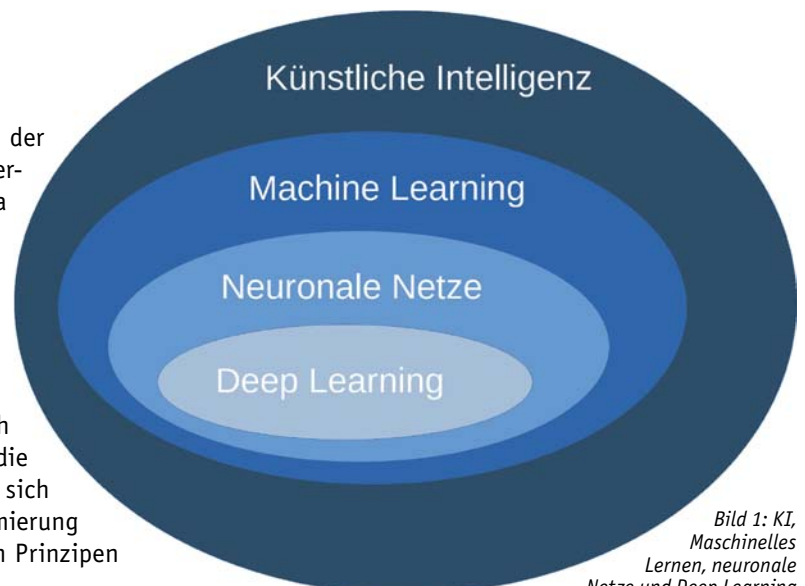


Bild 1: KI, Maschinelles Lernen, neuronale Netze und Deep Learning

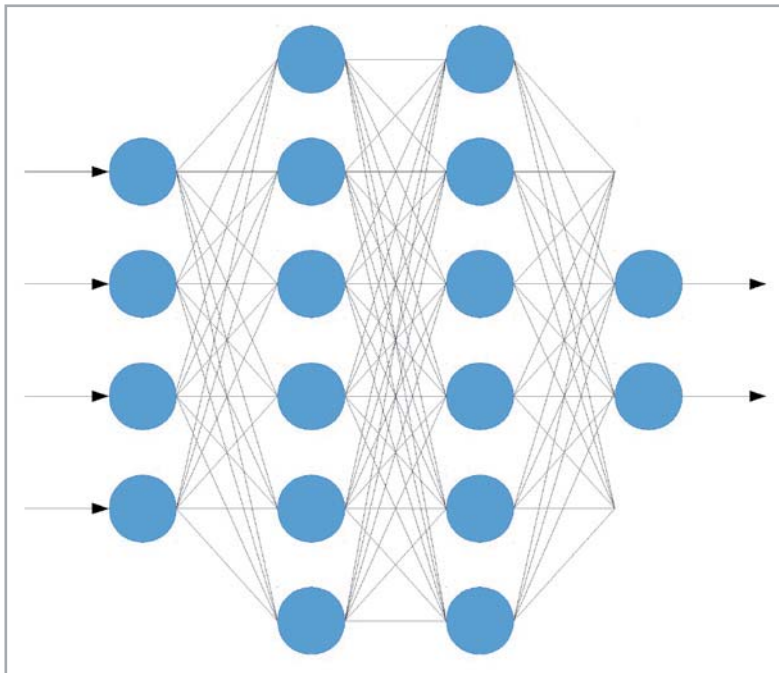


Bild 2: Neuronales Netzwerk

nen werden die Informationen weiterverarbeitet und reduziert. Die Ausgangsbeschicht liefert schließlich das Ergebnis. Bild 2 zeigt den typischen Aufbau eines solchen Netzes.

Der Vorteil von Deep Learning ist unter anderem die hohe Abstraktion von Korrelationen zwischen Eingangsdaten und Ausgangsdaten durch die verschiedenen Ebenen der Netzwerke. Tiefe Lernalgorithmen sind daher in der Lage, auch vergleichsweise komplexe Aufgaben zu lösen. Durch mehrfache „Trainingsläufe“ kann das vertiefte Lernen mit jedem Berechnungsschritt besser werden. Damit hat es sich zu einem der zentralen Entwicklungstreiber im Bereich der künstlichen Intelligenz entwickelt.

Table 1 fasst nochmals die Hauptunterschiede zwischen Machine Learning und Deep Learning zusammen:

Der Hauptunterschied zwischen Machine Learning und Deep Learning liegt also in der Fähigkeit, durch künstliche Neuronale Netzwerke (KNN) unstrukturierte Daten zu verarbeiten. Deep Learning ist durch KNNs in der Lage, unstrukturierte Informationen wie Texte, Bilder, Töne und Videos in numerische Werte umzuwandeln. Diese extrahierten Informationen werden dann zur Mustererkennung oder zum weiteren Lernen verwendet.

Klassisches Machine Learning wie zum Beispiel Entscheidungsbaumverfahren sind dazu nicht in der Lage. Sollen hier zum Beispiel Bilder als Eingabedaten genutzt werden, muss immer eine aufwendige und spezielle Programmanpassung durch Menschen erfolgen. Ein anderes Beispiel für KI-Verfahren, welche nicht auf Neuronalen Netzen basieren, sind die sogenannten evolutionären Algorithmen. Hierbei handelt es sich um Programme, die von der Natur lernen sollen, wie intelligente, lernfähige Systeme funktionieren. Vorbild ist jedoch nicht das Gehirn, sondern die Evolution.

Wie bei der biologischen Evolution folgen hier die Algorithmen in verschiedenen Generationen aufeinander. Gemäß dem Grundsatz „Survival of the fittest“ wird jeder Lösungskandidat bewertet und ausgewählt, um in „mutierter“ oder rekombinierter Form Verbesserungen zu finden.

Ein gravierender Nachteil bei der Anwendung von KI-Algorithmen und insbesondere bei Neuronalen Netzen ist, dass im Nachhinein meist nicht mehr nachvollzogen werden kann, wie Entscheidungen auf Grundlage welcher Daten getroffen wurden. Dies kann insbesondere bei gravierenden Fehlentscheidungen der KI zu erheblichen sozialen oder juristischen Problemen führen.

### Python als Schlüssel zur KI

Die Programmiersprache Python hat sich in der KI zum Goldstandard entwickelt. Dies liegt vor allem an der schnellen Anpassbarkeit. Andere Sprachen benötigen meist spezielle und klar strukturierte Daten. Python dagegen bietet hier eine außerordentlich hohe Flexibilität.

Dazu wurden für Python eine Vielzahl von hervorragenden Bibliotheken entwickelt. Im Bereich Data Science, Deep Learning und Machine Learning stehen inzwischen umfangreiche Libraries zur Verfügung, die es gestatten, mit wenigen Programmzeilen Anwendungen zum Machine Learning oder zu Neuronalen Netzen zu erstellen.

Für diese Artikelserie werden grundlegende Python-Kenntnisse vorausgesetzt. Diese sind jedoch über Online- oder Volkshochschulkurse etc. einfach erlernbar. Die Einbindung der notwendigen Bibliotheken in den Programmcode wird bei den jeweiligen Anwendungen ausführlich erläutert.

Bei Praxisanwendungen spricht ein weiterer wichtiger Punkt für Python. Auf dem Raspberry Pi steht die Sprache standardmäßig zur Verfügung und ist bestens in das Betriebssystem integriert. Damit muss für nutzbringende Anwendungen etwa im Bereich IoT (Internet of Things) oder der Hausautomatisierung nicht immer ein kompletter Laptop oder PC eingesetzt werden. Vielmehr genügt ein preisgünstiger Raspberry Pi (Bild 3), um diese Systeme dauerhaft zu betreiben.

Neben dem Anschaffungspreis spielt hier auch der Energieverbrauch eine erhebliche Rolle. Während ein Laptop oftmals 50 W und mehr aufnimmt, kommt der Raspberry Pi im Durchschnitt mit wenigen Watt (z. B.  $5\text{ V} \times 1\text{ A} = 5\text{ W}$ ) aus. Das hat auf ein ganzes Jahr gesehen einen deutlichen Einfluss auf die Stromkosten.

### Hauptunterschiede zwischen Machine Learning und Deep Learning

	Machine Learning	Deep Learning
<b>Datenstruktur</b>	Strukturierte Daten	Unstrukturierte und strukturierte Daten
<b>Datensatzgröße</b>	Klein bis mittel	Groß
<b>Hardware</b>	Funktioniert mit einfacher Hardware	Leistungsstärkere Rechner erforderlich
<b>Laufzeit</b>	Minuten bis Stunden	Bis zu Tagen und Wochen
<b>Interpretierbarkeit</b>	Algorithmen sind leicht zu interpretieren: Regression, Entscheidungsbäume	Schwer bis unmöglich





## Hardware-Voraussetzungen

Oftmals wird künstliche Intelligenz mit Supercomputern gleichgesetzt, die in der Lage sind, Milliarden von Rechenoperationen in Sekundenbruchteilen durchzuführen. Für Anwendungen wie das Go-Spiel mag dies durchaus zutreffen. Allerdings lassen sich auch bereits auf einem PC mittlerer Leistung schon praxistaugliche Neuronale Netze implementieren. Diese sind dann sogar in der Lage, komplexere Praxisaufgaben zu übernehmen.

Ein Großteil der Rechenarbeit ist für das Training, also das eigentliche „Lernen“ des Netzes erforderlich. Diese muss jedoch meist nur einmal durchgeführt werden. Anschließend steht das System für Praxisanwendungen zur Verfügung. In der Anwendungsphase kommt man daher mit deutlich geringerer Rechenleistung aus. Hier können sogar Kleinsysteme wie der Raspberry Pi sehr erfolgreich eingesetzt werden.

Eine interessante Strategie ist daher die Aufteilung von Training und Anwendung auf zwei verschiedene Systeme. Ein erster, leistungsfähiger Rechner übernimmt das Training. Die fertigen Trainingsdaten werden dann jedoch auf ein kleineres System übertragen, welches die eigentliche Anwendung übernimmt. Zudem werden häufig auch bereits vortrainierte Netze von verschiedenen Anbietern kostenlos zur Verfügung gestellt.

Um die Praxisbeispiele dieser Artikelserie durchführen zu können, sind daher die folgenden Hardware-Komponenten empfehlenswert:

1. PC oder Laptop mit den folgenden Leistungsmerkmalen:
  - Quadcore CPU 4 x 3,6 GHz
  - Arbeitsspeicher: 16 GB RAM DDR3
2. Raspberry Pi 4 mit 8 GB RAM mit Netzteil
  - + SD-Karte mit min. 16 GB Speichervolumen
  - + HDMI-Monitor mit Kabel
  - + USB-Maus und -Tastatur

Hinzu kommen bei den einzelnen Projekten noch weitere Komponenten wie Sensoren, Aktivboxen oder eine Webcam. Details dazu werden bei den einzelnen Anwendungen erläutert.

Prinzipiell können auch ältere oder weniger leistungsfähigere Raspberry-Pi-Versionen verwendet werden. Allerdings muss man dann häufig mit erheblich längeren Trainingszeiten rechnen. Auch die Performance bei der Anwendung der Neuronalen Netze stößt bei älteren Pi-Modellen rasch an Grenzen.

Für die Arbeit mit dem Raspberry Pi muss auf der SD-Karte ein aktuelles Betriebssystem (Raspberry Pi OS) installiert sein. Die Installation kann über die Homepage der Raspberry-Pi-Foundation [1] erfolgen. Alternativ sind auch SD-Karten mit vorinstallierten Systemen oder komplette „Starterkits“ erhältlich (s. Abschnitt „Material“ am Ende des Beitrags). Die Programme und Anwendungen in diese Artikelserie wurden mit der Pi OS 10 („Buster“) entwickelt und getestet. Leider gibt es keine Garantie dafür, dass sie auch mit früheren oder auch späteren Versionen problemlos arbeiten. Falls also unerwartete Fehler auftreten, sollte man prüfen, ob ein Umstieg auf die oben genannte Version infrage kommt.

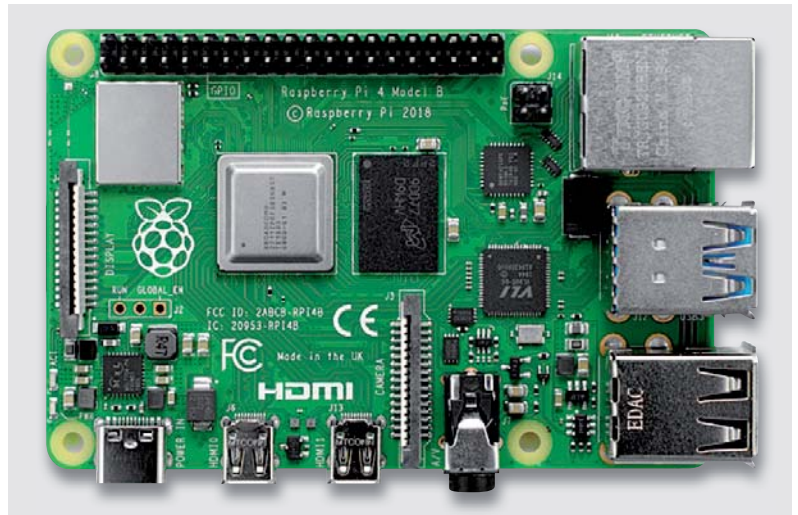


Bild 3: Raspberry Pi 4

## KI auf kleinen Systemen

Obwohl der Raspberry Pi mit seiner relativ geringen Rechenleistung auf den ersten Blick keine offensichtliche Wahl für maschinelles Lernen ist, eignet sich das Board aufgrund seiner kompakten Größe und seines geringen Stromverbrauchs gut für den Aufbau von Heimautomatisierungsgeräten, kleinen Robotern oder IoT-Anwendungen. Durch maschinelles Lernen können diese Geräte dann neue Aufgaben bewältigen, indem sie Bilderkennung zum „Sehen“ und Spracherkennung zum „Hören“ oder Sprachsynthese zum „Sprechen“ verwenden.

Aufgrund der begrenzten Rechenleistung des Pi eignet er sich nur zum Trainieren einfacher Modelle. Für das in diesem Artikel vorgestellte Klassifizierungsproblem ist die Leistung des auf dem Pi vorhandenen Broadcom-Prozessors jedoch durchaus ausreichend.

Damit ist man in der Lage, die grundlegende Struktur und die Vorgehensweise bei der Anwendung von Neuronalen Netzen nachzuvollziehen. Wenn die Trainingsphase abgeschlossen ist, kann der Raspberry Pi das trainierte Modell tatsächlich problemlos ausführen, auch wenn man einige Abstriche bei der Verarbeitungsgeschwindigkeit machen muss.

Bei verschiedenen Tests erreichte der Raspberry Pi 4 bei der Bilderkennung eine Verarbeitungsgeschwindigkeit von 1 bis 4 Bildern pro Sekunde. Das ist sicherlich langsamer als „Echtzeit“, d. h. 30 bis 50 Bilder pro Sekunde, reicht für viele Anwendungen jedoch vollkommen aus. Aufgrund dieser Einschränkungen werden Computer-Vision-Aufgaben auf dem Pi häufig mithilfe der OpenCV-Softwarebibliothek ausgeführt, die auch Nicht-ML-Techniken verwendet. Damit werden auf dem Pi dann bessere Leistungen erzielt.

Bei der Sprachverarbeitung kann man beispielsweise auch auf „Expertensysteme“ zurückgreifen, die ebenfalls nicht mehr zum engeren Kreis der KI gezählt werden. Dennoch lassen sich auf dem Raspberry Pi damit sehr interessante Anwendungen umsetzen.

Spätere Beiträge zu dieser Artikelserie werden sich eingehend mit diesen Themen befassen.

## Jupyter-Notebook auf dem Raspberry Pi

Für klassische Programmieranwendungen steht auf dem Raspberry Pi die Thonny-IDE zur Verfügung. Diese ist bei neueren Betriebssystemvarianten bereits vorinstalliert. Thonny kann auch für KI-Programme eingesetzt werden. In späteren Anwendungen wird davon auch Gebrauch gemacht werden.

Für Machine Learning hat sich jedoch eine modernere Variante etabliert. Hier wird meist IPython, also eine interaktive Python-Programmierungsumgebung verwendet. Anstelle der Schritt-für-Schritt-Einrichtung von IPython – einschließlich der verschiedenen Erweiterungsbibliotheken für Machine Learning und Bilddarstellung – kann auch auf die fertig



```

pi@raspberrypi:~
Datei Bearbeiten Reiter Hilfe
pi@raspberrypi:~ $ jupyter notebook
[I 17:18:04.797 NotebookApp] Writing notebook server cookie secret to /home/pi/.local/share/jupyter/runtime/notebook_cookie_secret
[I 17:18:06.134 NotebookApp] Serving notebooks from local directory: /home/pi
[I 17:18:06.134 NotebookApp] Jupyter Notebook 6.2.0 is running at:
[I 17:18:06.134 NotebookApp] http://localhost:8888/?token=70c1498277970824d1de73ba027c6c2e5b38f987e4ad3ba6
[I 17:18:06.135 NotebookApp] or http://127.0.0.1:8888/?token=70c1498277970824d1de73ba027c6c2e5b38f987e4ad3ba6
[I 17:18:06.135 NotebookApp] Use Control-C to stop this server and shut down all kernels (twice to skip confirmation).
[C 17:18:06.362 NotebookApp]

To access the notebook, open this file in a browser:
file:///home/pi/.local/share/jupyter/runtime/nbserver-2388-open.html
Or copy and paste one of these URLs:
http://localhost:8888/?token=70c1498277970824d1de73ba027c6c2e5b38f987e4ad3ba6
or http://127.0.0.1:8888/?token=70c1498277970824d1de73ba027c6c2e5b38f987e4ad3ba6

```

Bild 4: Erfolgreicher Start des Jupyter-Notebooks in der Konsole

gepackte Lösung „Jupyter“ zurückgegriffen werden. Damit erhält man die komplette Programmiersprache Python und die für KI-Anwendungen erforderlichen Erweiterungen für die numerische Verarbeitung und grafische Darstellung von umfangreichen Datenmengen.

Zudem verfügt diese Variante über ein interaktives Notebook. Damit lässt sich ähnlich arbeiten wie mit Papier und Bleistift. Diese Methode ist bestens geeignet, um Ideen zu testen, Ergebnisse anzuzeigen und abzuändern oder zu optimieren. Damit wird die Entwicklung von KI-Anwendungen vergleichsweise problemlos und unkompliziert. Man muss sich weder um Programmdateien noch um Compiler-Meldungen oder die Einbindung von Bibliotheken kümmern und kann sich so voll auf die Projektentwicklung konzentrieren.

Jupyter-Notebook wird direkt in einem Browser ausgeführt und kann mit minimalem Aufwand auf dem Raspberry Pi installiert werden. Die Installation erfolgt über ein „pip“-Kommando (package installer for python). Dabei handelt es sich um ein Paketverwaltungsprogramm, welches die einfache Installation unterschiedlichster Programme und Anwendungen ermöglicht. Zunächst sollte pip hierfür aktualisiert werden:

```
sudo pip3 install --upgrade pip
```

Anschließend kann dann Jupyter installiert werden:

```
sudo pip3 install jupyter
```

Die Installation nimmt je nach Internetverbindung bis zu 15 Minuten in Anspruch, da die Pakete zum Teil recht umfangreich sind. Vor der Installation sollte auf der verwendeten SD-Karte ein Speichervolumen von mindestens 4 GB frei verfügbar sein.

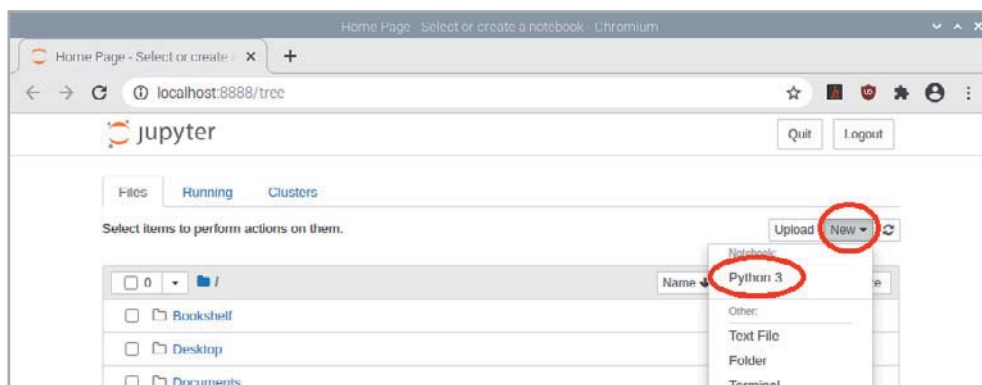


Bild 5: Öffnen eines neuen Notebooks in Jupyter

## Pakete einzeln installieren

Python-Pakete können einzeln oder am Stück über den Befehl „pip“ installiert werden. Für spätere Anwendungen sollten an dieser Stelle die folgenden Installationen durchgeführt werden.

```

sudo pip3 install numpy
sudo pip3 install scipy
sudo pip3 install matplotlib ipython
sudo pip3 install scikit-learn
sudo pip3 install pandas

```

Falls bei einem Projekt einmal eine bestimmte Library fehlen sollte, kann diese jederzeit über die entsprechende „pip“-Anweisung nachinstalliert werden. Je nach aktueller Jupyter-Version ist u. U. die manuelle Nachinstallation einiger Libraries erforderlich.

Hinweis: Im Downloadpaket [2] zu diesem Artikel finden sich einige Tipps zur Beseitigung von eventuell auftretenden Fehlern.

## Jupyter in Aktion

Gestartet wird das Jupyter-Notebook über den Befehl

```
jupyter notebook
```

Damit wird gleichzeitig der Standardbrowser aktiviert mit der Adresse

```
http://localhost:8888
```

Jupyter stellt über `jupyter notebook --help` ein umfangreiches Hilfesystem zur Verfügung.

Hinweis: Je nach Jupyter-Version muss man sich beim ersten Start des Notebooks mit einem Sicherheitstoken anmelden.

Diesen Token findet man im Terminal, in welchem das Notebook gestartet wurde (Bild 4), zum Beispiel

```
http://localhost:8888/?token=12345abcde...
```

Diesen Token gibt man im Browser (copy & paste) unter

*Password or token*

ein und meldet sich an.

Anschließend wird das Verzeichnis des Jupyter-Notebooks angezeigt.

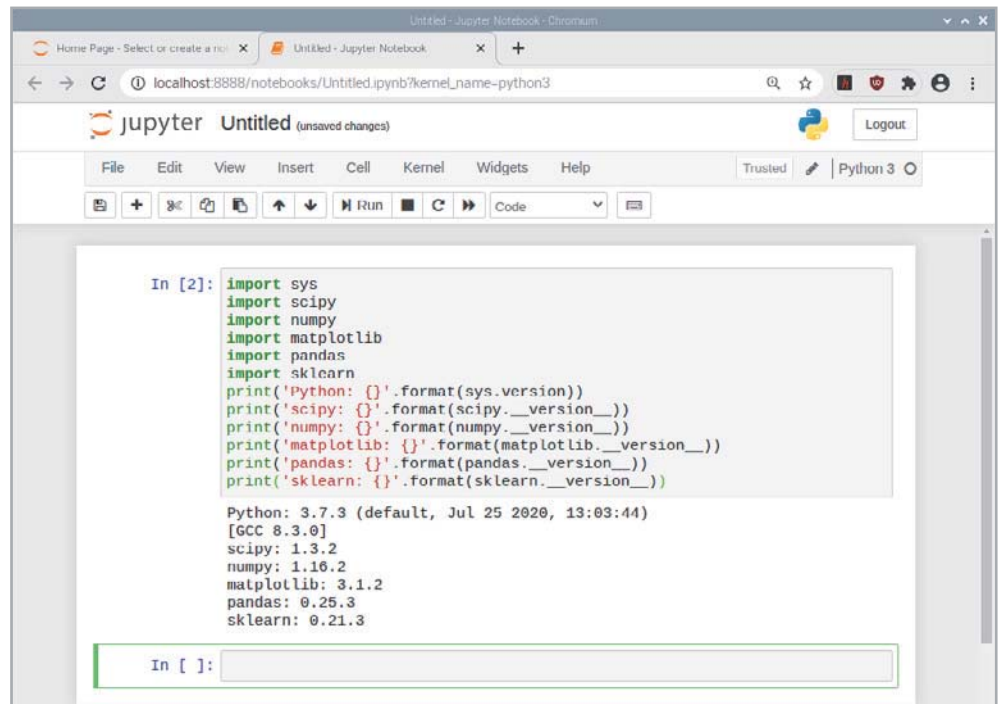
Nun wird im frisch installierten Notebook

*New → Python3*

ein neues Arbeitsblatt geöffnet (Bild 5).



Bild 6: Überprüfung der Jupyter-Installation



## Interaktives Arbeiten mit Python und Jupyter-Notebook

Nach der Installation sollte man testen, ob alle Module korrekt installiert wurden. Dazu werden in die erste Jupyter-Zelle die folgenden Anweisungen eingegeben:

```
import sys
import scipy
import numpy
import matplotlib
import pandas
import sklearn
print('Python: {}'.format(sys.version))
print('scipy: {}'.format(scipy.__version__))
print('numpy: {}'.format(numpy.__version__))
print('matplotlib: {}'.format(matplotlib.__version__))
print('pandas: {}'.format(pandas.__version__))
print('sklearn: {}'.format(sklearn.__version__))
```

Die Anweisungen finden sich als Datei (installation.txt) im Download-Paket [2]. Nach dem Laden des Pakets auf den Raspberry Pi können sie von dort direkt in die Jupyter-Zelle kopiert werden. Das mühsame Abtippen der Befehle kann damit entfallen. Nach einem Klick auf „Run“ sollte die Ausgabe etwa so aussehen wie in Bild 6.

Je nach Installationsdatum können die einzelnen Versionsnummern von Bild 6 abweichen. Häufig ist es wichtig, die Versionsnummern der Module zu kennen. Wenn Fehler auftreten, sollte man zunächst überprüfen, ob die erforderlichen Bibliotheken in der korrekten Version vorliegen. Dann kann man die Fehler anhand der Fehlermeldungen beheben. Ansonsten wird es spätestens bei den ersten komplexeren Anwendungen zu Problemen kommen.

Gelegentlich kommt es vor, dass sich einige Fehler als sehr hartnäckig erweisen. In diesem Fall kann es sinnvoll sein, das Raspberry-Pi-Betriebssystem (eventuell auf einer neuen SD-Karte) komplett neu aufzusetzen und die Installation zu wiederholen.

Auch helfen u. U. die Hinweise im Ausgabefenster der Jupyter-Zelle, in dem auf Quellen zur Fehlerbehebung hingewiesen wird.

Falls die Installation erfolgreich abgeschlossen wurde, steht nun eine umfangreiche Umgebung für die Entwicklung und den Test von KI- und ML-Anwendungen zur Verfügung.

## Nicht nur für Botaniker interessant: Blütenklassifizierung

Was in der C-Programmierung das „Hello World“-Programm ist, ist im Machine Learning der „Iris“-Datensatz. Dieser besteht aus Messwerten zu jeweils drei Iris-Arten (Iris setosa, Iris virginica und Iris versicolor).

Von jeder Probe wurden vier Merkmale erfasst jeweils in Zentimetern (Bild 7):

- die Länge und die Breite der Kelchblätter
- die Länge und die Breite der Blütenblätter

Dieser Datensatz eignet sich hervorragend für das Training eines Classifiers. Hierfür werden zunächst alle relevanten Module aus den Bibliotheken geladen. Diese und alle nachfolgenden Code-Zeilen werden wieder in eine Zelle eingegeben und mit „Run“ ausgeführt:

```
import pandas
import matplotlib.pyplot as plt
import sklearn
from sklearn import model_selection
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn.metrics import classification_report
from sklearn.metrics import confusion_matrix
from sklearn.metrics import accuracy_score
```

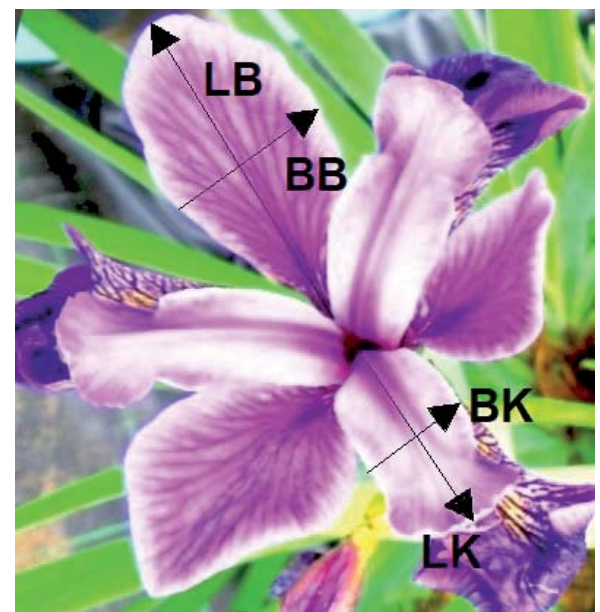


Bild 7: Iris

```
In [10]: print(dataset.head(100))
```

	sepal-length	sepal-width	petal-length	petal-width	class
0	5.1	3.5	1.4	0.2	Iris-setosa
1	4.9	3.0	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	5.0	3.6	1.4	0.2	Iris-setosa
..	...	...	...	...	...
95	5.7	3.0	4.2	1.2	Iris-versicolor
96	5.7	2.9	4.2	1.3	Iris-versicolor
97	6.2	2.9	4.3	1.3	Iris-versicolor
98	5.1	2.5	3.0	1.1	Iris-versicolor
99	5.7	2.8	4.1	1.3	Iris-versicolor

```
[100 rows x 5 columns]
```

Bild 8: Ansicht des Iris-Datensatzes in Jupyter

Jetzt kann der oben angesprochene Datensatz geladen werden. Hierbei handelt es sich um eine CSV-Datei, die jeweils 50 Datensätze zu jeder Blume enthält. Die Daten sind dabei durch Kommata getrennt (CSV = comma separated values). Jede Zeile enthält vier Zahlenwerte, die jeweils eines der obigen Attribute darstellen. Als Letztes ist das sogenannte „Label“, d. h. die Bezeichnung der betreffenden Pflanze angegeben.

Diese Datei wird direkt aus dem Internet auf den Raspberry Pi heruntergeladen und in einem Array abgespeichert:

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

Damit steht ein Array der Größe 150 × 5, also 150 Zeilen mit jeweils 5 Spalten zur Verfügung. Diese Werte können mittels

```
print(dataset.shape)
```

überprüft werden. Das Array kann komplett oder auch teilweise via

```
print(dataset.head(100))
```

für die ersten 100 Werte ausgegeben werden (Bild 8).

## Alles im Blick: grafische Darstellungen

Mittels Matplotlib kann die Verteilung der Daten grafisch dargestellt werden. Damit lässt sich ein um wesentlich anschaulicheres Verständnis für die Daten erzielen. Das ist insbesondere bei Datensätzen mit größerer Komplexität von Bedeutung. Genau wie bei großen Tabellen oder Listen ist es auch bei großen Arrays wenig aufschlussreich, das reine Zahlenmaterial zu betrachten. Um auf einen Blick erfassen zu können, was die Zahlen bedeuten, sollte man die Daten visualisieren.

Für grafische Darstellungen müssen zunächst die rein numerischen Daten extrahiert werden:

```
NumericData = dataset.values[:,0:4]
```

Dann können mit den Methoden der Matplotlib verschiedene grafische Darstellungen erzeugt werden. Zum Einsatz kommt hier die Funktion

```
scatter(x, y, c=color, ...)
```

welche die Streudarstellung von Punkten in einem x/y-Diagramm erlaubt. Beispielsweise ergibt sich mit:

```
fig = plt.figure(1)
```

```
ax = fig.add_subplot(1,1,1)
```

```
ax.scatter(NumericData[0:50,0], NumericData[0:50,1], c='red')
```

```
ax.scatter(NumericData[50:100,0], NumericData[50:100,1], c='green')
```

```
ax.scatter(NumericData[100:150,0], NumericData[100:150,1], c='blue')
```

```
ax.set_xlabel('Kelchblattlaenge (cm)')
```

```
ax.set_ylabel('Kelchblattbreite (cm)')
```

```
ax.grid(True)
```

das in Bild 9 abgebildete Streudiagramm (Scatterplot).

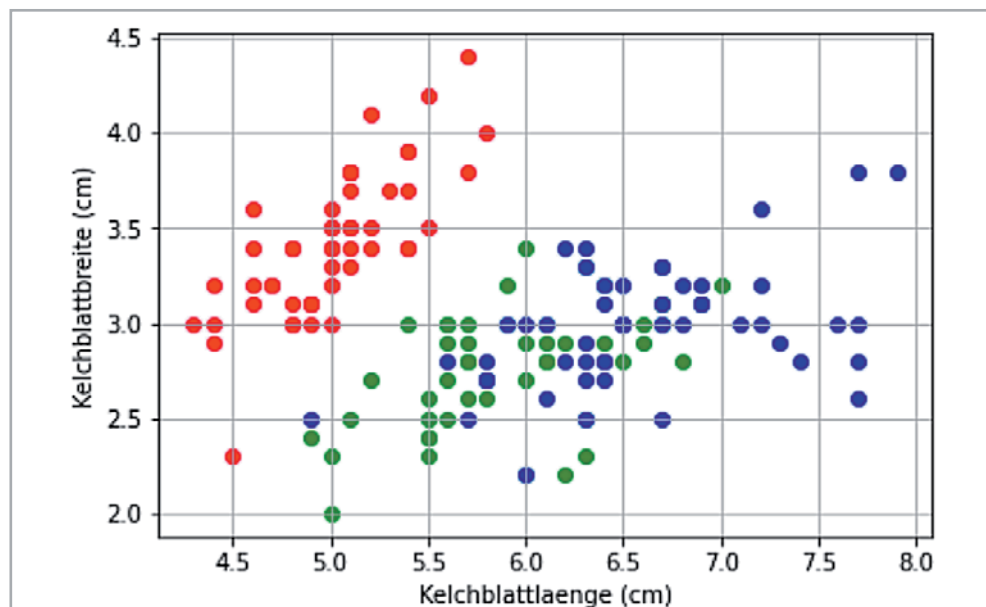
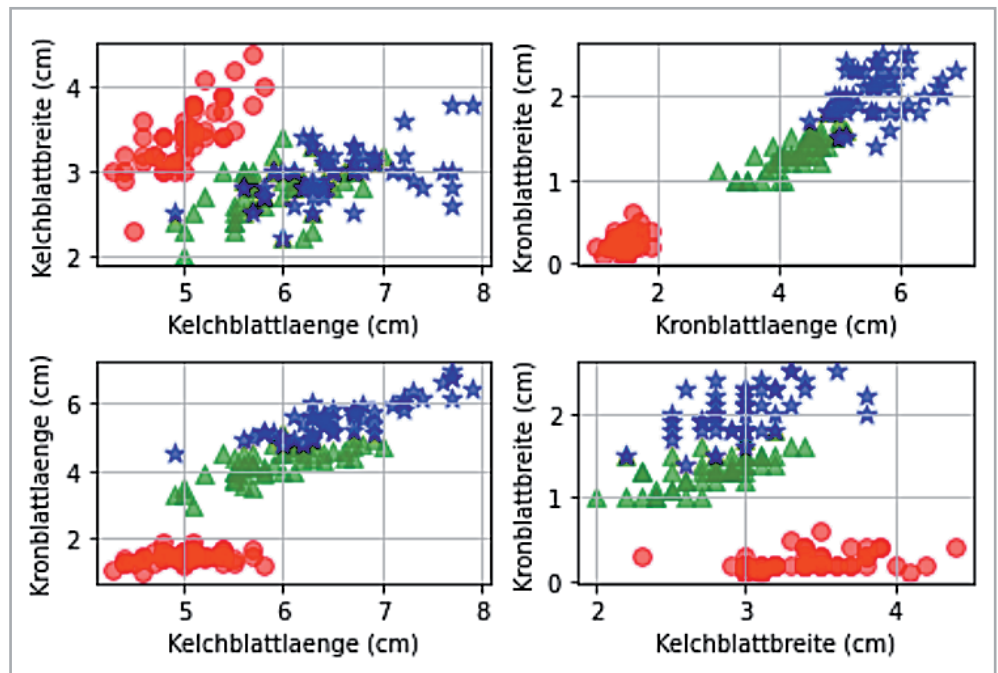


Bild 9: Streudiagramm der Lilien-Daten



Bild 10: Scatterplots für verschiedene Datenbasen



Dabei wurde der folgende Farbcode verwendet:

- Iris setosa: rot
- Iris virginica: grün
- Iris versicolor: blau

Man erkennt, dass die „Setosa“ in dieser Darstellung recht gut von den anderen Varianten getrennt ist. In anderen Darstellungen treten dagegen andere Kategorisierungen deutlicher hervor (Bild 10).

Unter Verwendung der Matplotlib sind auch dreidimensionale Darstellungen kein Problem. Bild 11 zeigt den vollständigen Iris-Datensatz als 3-D-Streudiagramm.

Die einzelnen Abbildungen zeigen, dass die Iris-Blumen nicht anhand eines einzelnen Parameters wie etwa der Kelchblattlänge identifiziert werden können. Zudem ist es nicht möglich, in die Scatterplots gerade Linien einzuzichnen, die alle Datencluster eindeutig voneinander trennen. Man spricht hier von einem „nicht linear separierbaren Problem.“

Im nächsten Beitrag zur Serie KI-Praxis wird gezeigt werden, wie es mithilfe von Neuronalen Netzen trotzdem gelingt, nur anhand der Blütenblattdaten die einzelnen Blumenarten zu klassifizieren.

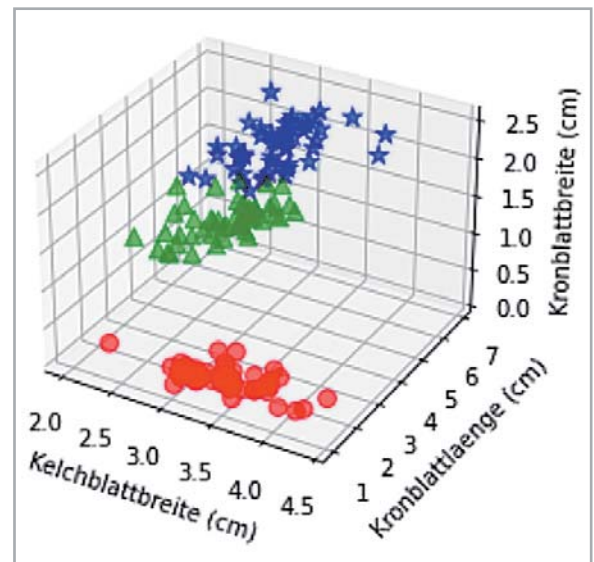


Bild 11: Dreidimensionaler Scatterplot

### Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wurde gezeigt, wie man den Raspberry Pi für KI-Anwendungen fit machen kann. Mit dem Jupyter-Notebook steht eine leistungsfähige Oberfläche zu Verfügung, die es gestattet, auch komplexere Aufgaben zu lösen.

Anhand eines einfachen Datensatzes wurden die grafischen Fähigkeiten von Python und den zugehörigen Bibliotheken demonstriert.

Im nächsten Artikel wird dargelegt werden, wie Neuronale Netze in Jupyter konstruiert und trainiert werden können. Anhand des nun bereits bekannten Iris-Datensatzes wird gezeigt, wie ein lernfähiges System die einzelnen Iris-Exemplare korrekt klassifizieren kann.

Abschließend sei noch die Entwicklung eines USB-Sticks durch die Firma Google erwähnt. Dieser ist in der Lage, die Geschwindigkeit, mit der der Raspberry Pi trainierte Modelle für maschinelles Lernen ausführt, erheblich zu beschleunigen. Der Preis des Sticks liegt bei etwa 70 US-Dollar. Laut Google-Angaben können auch Kleinrechner wie der Raspberry Pi mit dem „Edge-TPU-Accelerator“ Computer-Vision-Modelle hochauflösende Videos mit mehr als 30 Bildern pro Sekunde bearbeiten. Damit wären selbst mit dem „Pi“ Echtzeitanwendungen in der Videoanalyse möglich.

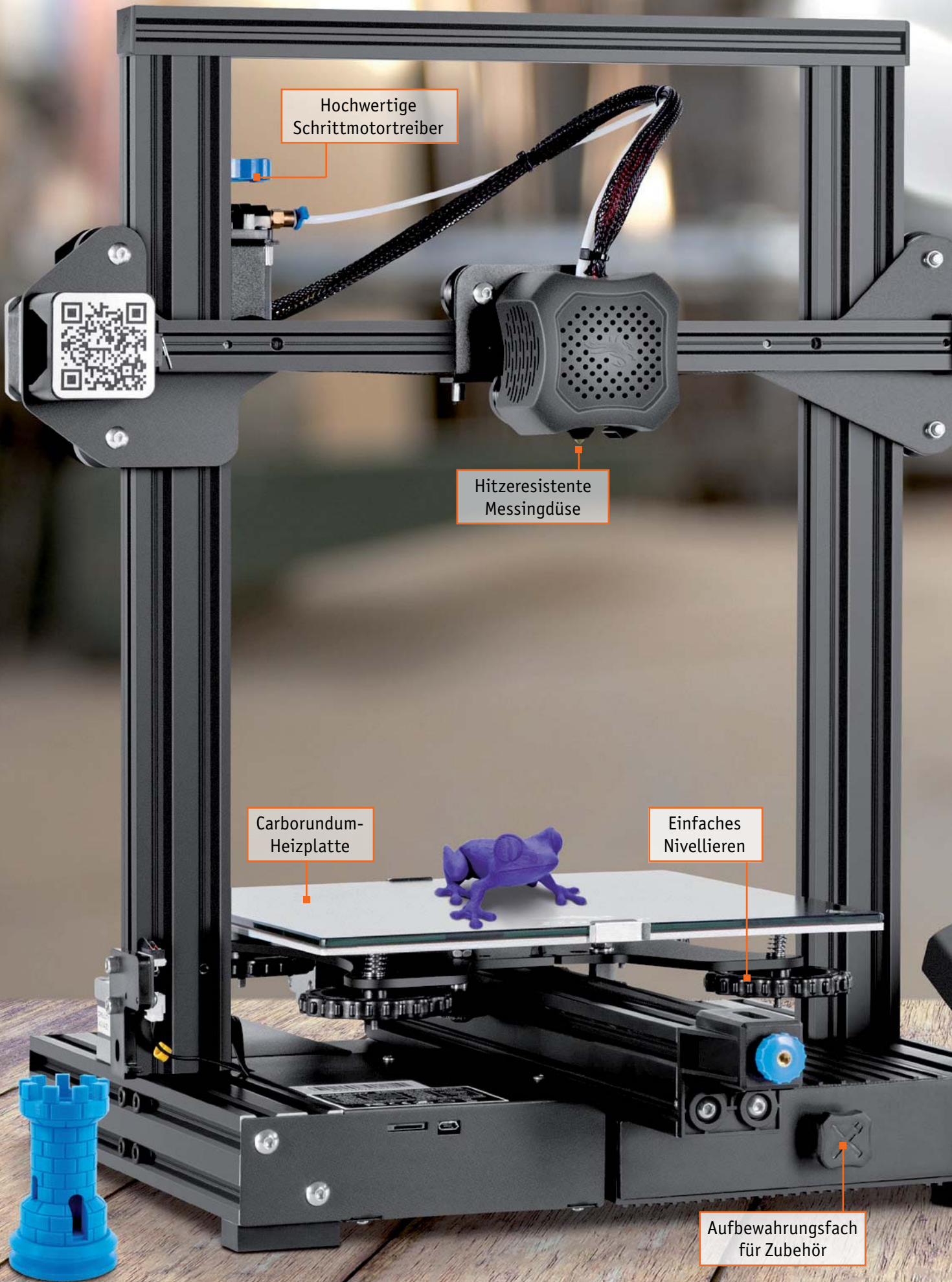


### Weitere Infos:

- [1] <https://www.raspberrypi.org/software/>
- [2] Downloadpaket zum Beitrag:  
Artikel-Nr. 252090

Alle Links finden Sie auch online unter:  
[de.elv.com/elvjournals-links](http://de.elv.com/elvjournals-links)

Material	Artikel-Nr.
Raspberry Pi 4 Model B, 8 GB RAM	250567
Raspberry Pi 4B, 4 GB Starter set	250983



Hochwertige  
Schrittmotortreiber

Hitzeresistente  
Messingdüse

Carborundum-  
Heizplatte

Einfaches  
Nivellieren

Aufbewahrungsfach  
für Zubehör

# Für den präzisen und leisen 3D-Druck

Komfortabel bedienbare  
Riemenspanner

**CREALITY**

## 3D-Drucker-Bausatz im neuen, robusten Design **FFF-3D-Drucker Ender 3 V2**

Bedieneinheit mit  
Drehrad und 8,9-cm-LC-  
Farbdisplay (3,5")

- Geeignet für PLA/TPU/PETG-Filamente (ø 1,75 mm)
- 100 bis 400 µm Schichtdicke
- Mit offenem Bauraum (B x H x T: 220 x 250 x 220 mm)
- Carborundum-Glas-Heizplatte: schnelles Aufheizen in ca. 5 min
- Besonders leise durch hochwertige Schrittmotortreiber (<50 dB)
- Softwareunterstützung: Simplify3D, Cura (.stl / .obj / .amf)

Alle Infos  
unter  
QR-Code:



**245,- €\***

Artikel-Nr. 251948



# Experimentierset-Prototypenadapter

## Elektronik-Einsteiger-Kit

Das Experimentierset-Prototypenadapter besteht aus zahlreichen Bauteilen, die für grundlegende Experimente in der Elektronik genutzt werden können. Mit insgesamt 45 Bauteilen wie Kondensatoren, Doppelklemmen, LEDs, Widerständen/Potentiometern, Transistoren, MOSFETs, NTC, Taster, Relais, ICM7555, Micro-USB-Buchsen-Platine, Spannungsschiene und Piezo-Summer lassen sich zahlreiche Schaltungen auf dem im Set enthaltenen Breadboard und dem Kabelset realisieren.

### Experimentierset-Prototypenadapter

Artikel-Nr.  
155901

Bausatz-  
beschreibung  
und Preis:



[www.elv.com](http://www.elv.com)

### Widerstandsplattenen

Insgesamt 15 Widerstandsplattenen mit 100  $\Omega$ , 1 k $\Omega$ , 3,3 k $\Omega$ , 10 k $\Omega$  und 100 k $\Omega$  ermöglichen zahlreiche Experimente, bei denen diese Bauteile benötigt werden.

### Spannungsschiene

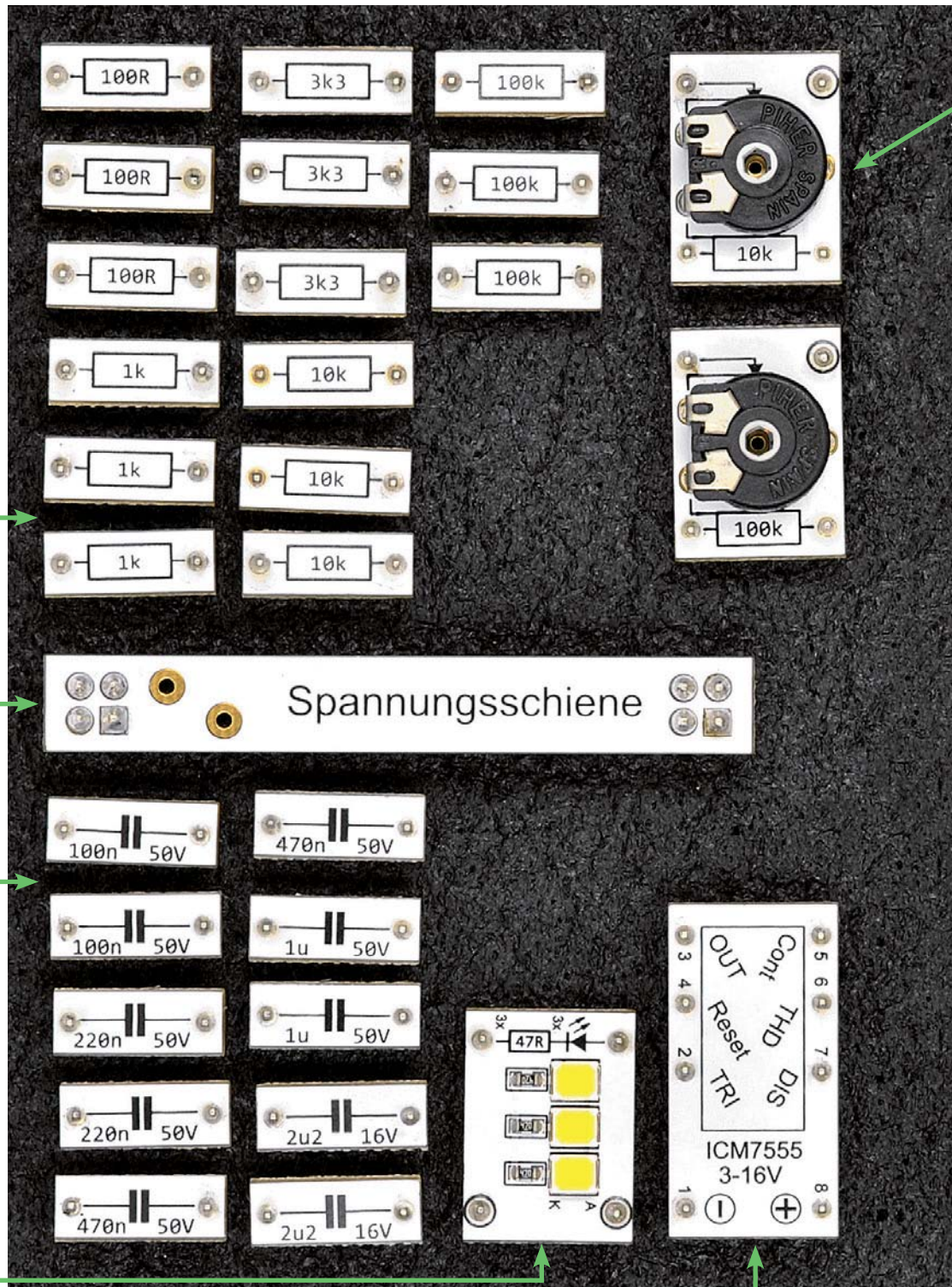
Eine Spannungsschiene verbindet die beiden entsprechenden Schienen des Breadboards, damit die Versorgungsspannung auf beiden Seiten genutzt werden kann.

### Kondensatorplattenen

10 Kondensatorplattenen (100 nF, 220 nF, 470 nF, 1  $\mu$ F und 2,2  $\mu$ F) ergänzen das Set, damit die Funktion dieses Bauteils in verschiedenen Konstellationen genutzt werden kann.

### LED-Cluster-Platine

Drei weiße LEDs mit integriertem Vorwiderstand dienen zur Simulation für Experimente mit erhöhter Last.



### ICM7555-Platine

Platine mit dem bekannten ICM7555 (NE555), der als Basis für zahlreiche Experimente dient.





Der Bausatz Experimentierprototypendapter 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. Mithilfe der im Experimentierprototypendapter enthaltenen 44 Prototypendapter, des Piezo-Summers, Breadboards und Kabelsets können die Schaltungen in praktischen Beispielen nachgebaut werden.

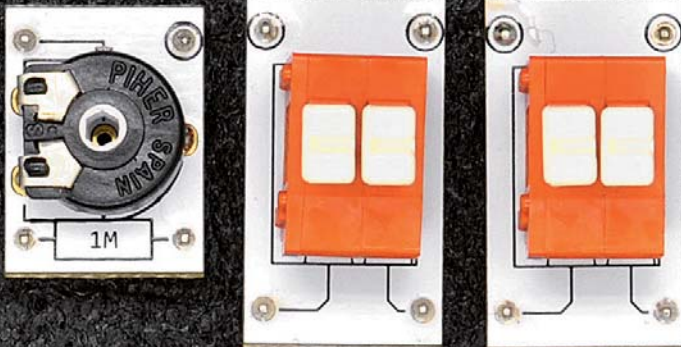
Offizieller Verkaufsstart: 3.6.2021

**PT10-Potentiometer-Platinen**

Für Experimente mit veränderbaren Widerständen liegen Werte mit 10 kΩ, 100 kΩ und 1 MΩ bei.

**Doppelklemmen-Platinen**

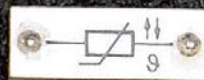
Für den Anschluss vom Piezo-Summer oder anderen per Kabel zu verbindenden Bauteilen



Experimentierprototypendapter + Make:-Sonderheft Artikel-Nr. 252102



www.elv.com

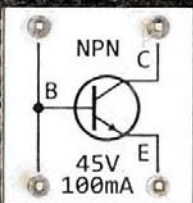


**NTC-Platine**

Platine mit NTC-Widerstand, der bei Temperaturänderung den Widerstandswert verändert

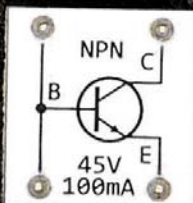
**Relais-Platine**

5-V-DC-Relais zur galvanisch getrennten Ansteuerung größerer Lasten

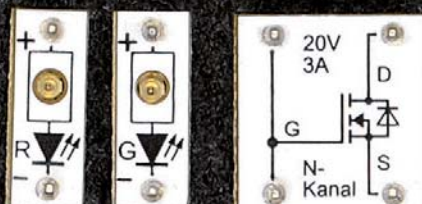
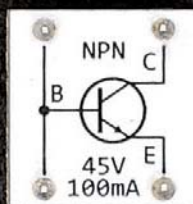


**MicroUSB-Buchsen-Platine**

Zum Anschluss einer 5-V-Spannungsversorgung, beispielsweise von einem USB-Netzteil



**Taster-Platinen**



**N-Kanal-MOSFET-Platine**

Platine mit N-Kanal-MOSFET für Experimente zur Ansteuerung von Lasten per Steuer Spannung

**LED-Platinen (grün und rot)**

Platinen mit roter und grüner LED und integriertem Vorwiderstand

**NPN-Transistor-Platinen**

Platinen mit dem NPN-Transistor BC847C für Experimente zur Ansteuerung von Lasten per Steuerstrom



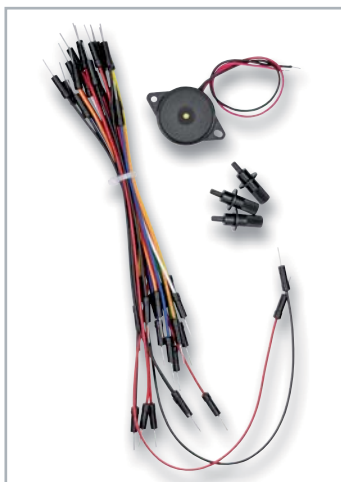
## Gemeinsame Entwicklung

Der Bausatz Experimentiererset-Prototypenadapter und das Sonderheft „Make: Elektronik Special“ richten sich speziell an Elektronik-Einsteiger. Die Praxisbeispiele in dem Heft sind aufeinander abgestimmt.

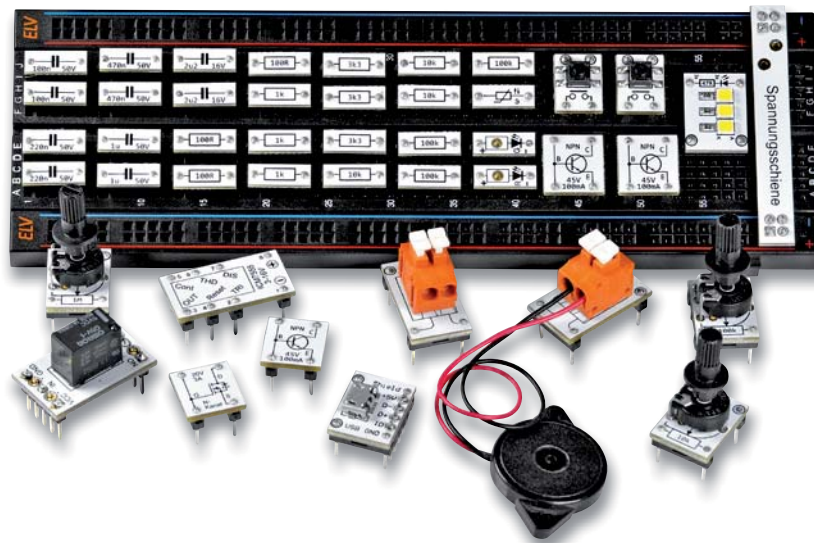
Der Bausatz, der bereits fertig aufgebaut ist und kein Löten erfordert, enthält alles, was für die Experimente im Heft notwendig ist (Bauteile, Experimentierboard, Steckkabel) – lediglich ein USB-Netzteil mit Micro-USB-Stecker wird noch benötigt. Das sollte aber in nahezu jedem Haushalt verfügbar sein.

Das Experimentiererset enthält 44 Bauteile im Prototypenadapter-Format, von denen es bereits eine Reihe weiterer Sets gibt [1], einen Piezo-Summer, ein Kabelset und ein ELV Breadboard.

Der Bausatz ist einzeln oder im Bundle mit dem Sonderheft zum offiziellen **Verkaufsstart am 3. Juni 2021** im ELVshop erhältlich.



Breadboard, Kabelset und Piezo-Summer sind im Experimentiererset enthalten.



## Weitere Infos:

[1] ELV Bausatz Prototypenadapter 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 Steckplatine/Breadboard mit 830 Kontakten, schwarze ELV Version: Artikel-Nr. 250986

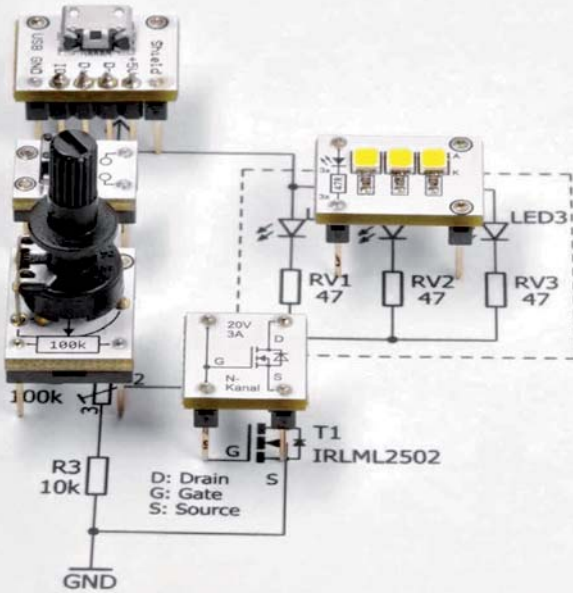


MOSFET-Grundlagen

# MOSFET – Der sparsame Schalter

In diesem Kapitel betrachten wir nun eine weitere Variante der Halbleitertransistoren, den Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekt-Transistor (engl. Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) oder auch abgekürzt MOSFET.

von Thomas Wienken



74 | Make: Elektronik special 2021

ELV Make:-Edition



## Übersichtliche Informationen und Grundlagen

In jedem Kapitel des 84-seitigen Sonderhefts gibt es in einer Übersicht die wichtigsten Informationen: was lernt man, was sollte man aus den vorhergehenden Kapiteln wissen, welche Praxisbeispiele gibt es für den Wissensbereich und welches Material ist für das Praxisbeispiel erforderlich.

**MOSFET-Grundlagen**

**W**as bei den bipolaren Transistoren der Steuerstrom ist, ist bei den Feldeffekt-Transistoren die Steuerspannung, genauer Spannung über die Gate-Source-Spannung. Über diese Spannung wird ein elektrisches Feld in dem Bauteil aufgebaut, welches sich in seiner Feldstärke proportional zur angelegten Spannung verhält. Mit diesem elektrischen Feld kann nun und so der Stromfluss gesteuert oder einfach nur ein- und ausgeschaltet werden.

Entdeckt wurde das Prinzip des Feldeffekttransistors im Jahr 1925 von dem Physiker Julius Lilienfeld. Er beschrieb die Konstruktion und die Funktion der Feldeffekttransistoren rein theoretisch, denn zu dem Zeitpunkt war es noch nicht möglich, ein solches Halbleitermaterial, welches eine notwendige Reinheit aufweisen musste, kam als Ausgangsmaterial weder in der Natur vor, noch war es technisch möglich, die notwendigen Methoden nicht bekannt waren, dieses industriell herzustellen.

Mit der Herstellung hochreiner Halbleiterkristalle – damals noch aus Germanium – konnte das Problem mit der Herstellung des Ausgangsmaterials Anfang der 1950er Jahre zwar gelöst werden, aber dieses wurde zu den bipolaren Transistoren eingesetzt, die im Jahr 1948 erfunden wurden. Aufgrund von noch anfänglichen Problemen, wurden die Transistoren, wurde ab circa 1955 dann weiter in der Forschung von Halbleitertechnologien und der Fertigung investiert.

In den 1960er Jahren wurden dann, mit Silizium als Ausgangsmaterial für die Halbleitertechnologie, die ersten MOSFETs in Serie gefertigt. Denn erst mit dem Materialsystem aus Silizium/Siliziumdioxid stand eine Technologie zur Verfügung, mit dem sich eine reproduzierbar gute Halbleiter-Isolator-Grenzfläche herstellen ließ. Dies ist auch die Besonderheit der MOSFETs, der elektrisch isolierte Steueranschluss.

FETs bzw. MOSFETs haben, wie auch die bipolaren Transistoren, drei Anschlüsse. Der Source-Anschluss, der bei den bipolaren Transistoren dem Emitter-Anschluss entspricht, der Drain-Anschluss, das Pendant zum Kollektor-Anschluss bei den bipolaren Transistoren.

**Kurzinfo**

**Das lernen Sie:**

- Was ist ein MOSFET und wo liegt der Unterschied zum Bipolar-Transistor
- Wie funktioniert der MOSFET

**Das sollten Sie bereits wissen:**

- Berechnung von Spannungsteilern
- Der Transistor als Schalter

**Praxisbeispiele für den Einsatz:**

- Elektronischer Schalter

**Material**

- Breadboard
- 1 x Spannungsschiene
- 1 x USB-Micro-Buchse
- 2 x MOSFET-Transistor
- 1 x Feder
- 1 x Cluster-LED weiß
- 1 x 10kOhm Widerstand
- 1 x 100kOhm Widerstand
- 1 x 10kOhm Potentiometer
- Steckkabel

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

**Große Vielfalt bei den MOSFETs**

Wie auch beim Bipolartransistor gibt es bei den MOSFETs zwei komplementäre Bauformen, den N-Kanal und den P-Kanal-MOSFET. Der N-Kanal-MOSFET entspricht in seiner Ansteuerung dem schon bekannten bipolaren NPN-Transistor, der P-Kanal-MOSFET dem PNP-Transistor. Zusätzlich können die N- oder P-Kanalvarianten jeweils noch in selbstsperrende und selbstleitende Typen unterteilt werden. Da bedeutungseigenlich nur, dass ein selbstsperrender MOSFET, ohne äußere Einwirkung selbstsperrend, also nicht leitend ist. Dementsprechend ist die selbst-

**Schematischer Aufbau eines selbstsperrenden N-Kanal-MOSFETs**

**Schematischer Aufbau eines selbstleitenden N-Kanal-MOSFETs im leitenden Zustand**

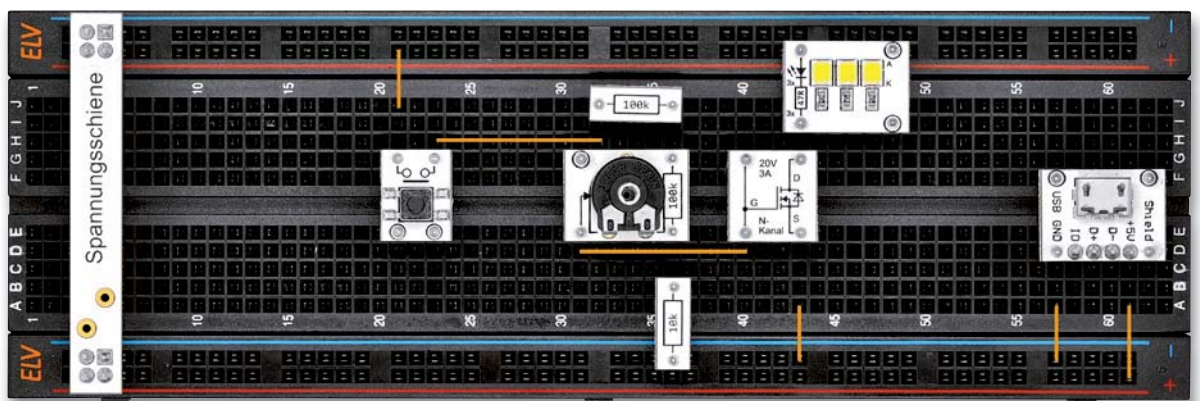
Legende:  
 Silizium n-dotiert (blau)  
 Silizium p-dotiert (rot)  
 Metallschicht (gelb)  
 Siliziumdioxid / Isolation (weiß)

Make: Elektronik special 2021 | 75

Die Kapitel bauen alle aufeinander auf und sind mit Illustrationen, einfach zu verstehenden Schaltplänen und Praxisbeispielen gestaltet.

In jedes Thema wird mit einem ausführlichen Grundlagenteil eingeführt. Anhand von Schaltplänen, die durch den Aufdruck auf den Prototypenadaptern gut nachzuvollziehen sind, werden die Schaltungen erklärt. Der Breadboardaufbau der Experimente ist schließlich jeweils in einem eigenen Bild dargestellt.

ELV



# Die neuen Beifahrer

## Fahrer-Assistenzsysteme und Bedienkonzepte im Auto Teil 2

Schafft man sich heute ein Auto an, kommt man um das Thema Fahrer-Assistenzsysteme nicht herum – von der einfachen Rückfahrkamera bis zum High-End-Assistenzsystem, das teilautonomes Fahren ermöglicht. Assistenzsysteme machen das Fahren im heutigen hochkomplexen Verkehrsgeschehen sicherer und bequemer. Im zweiten Teil zu den Fahrer-Assistenzsystemen schauen wir uns die verschiedenen Technologien an, die eine einwandfreie Sicht auf die anderen Verkehrsteilnehmer ermöglichen und für eine gute Erkennbarkeit des eigenen Fahrzeugs sorgen. Außerdem geht es um das ökonomische und sichere Fahren, bei dem die intelligenten Assistenten beispielsweise in Gefahrensituationen mitdenken oder durch Sensoren optimale Voraussetzungen für die Teilnahme am Straßenverkehr schaffen, sowie um einen Überblick, was heute schon mit Kamerasystemen am Fahrzeug möglich ist.



Bild: Euro NCAP

### Sehen und gesehen werden

Dichter Verkehr, schlechtes Wetter, Dunkelheit, dunkel gekleidete Fußgänger und Radfahrer, querende Tiere, unbeleuchtete Pannenfahrzeuge – in der Fahrpraxis gibt es ungezählte Situationen, die ein punktgenau passendes Licht, ja sogar Nachtsicht erfordern. Deshalb sind fortschrittliche LED- und Laserlichtsysteme, wie wir sie in [1] ausführlich vorgestellt haben, eine enorme Hilfe für den Fahrer. Inzwischen haben sich die Systeme weiterentwickelt, HD-LED-Systeme wie bei der Mercedes Maybach/S-Klasse haben mehr

als zwei Millionen Pixel (Digital Light), viele Hersteller bieten zudem enorm lichtstarke Lasersysteme an.

Auch hier sind diverse Assistenzsysteme in Aktion. Der augenfälligste Assistenz ist sicher der Fernlichtassistent, der den entgegenkommenden bzw. vorausfahrenden Verkehr dynamisch so ausblendet, dass dieser nicht geblendet werden kann (Bild 1). Auch in beleuchteten Bereichen und Ortschaften wird so automatisch das Fernlicht gesteuert, ebenso wird z. B. eine Eigenblendung durch reflektierende Flächen verhindert, oder es werden Schilder abgedimmt angeleuchtet, um sie besser ablesen zu können.

Ein sehr innovatives System kommt dabei u. a. von Toyota (Bild 2). Der adaptive Fernlichtassistent mit BladeScan-Technologie des Lexus RX

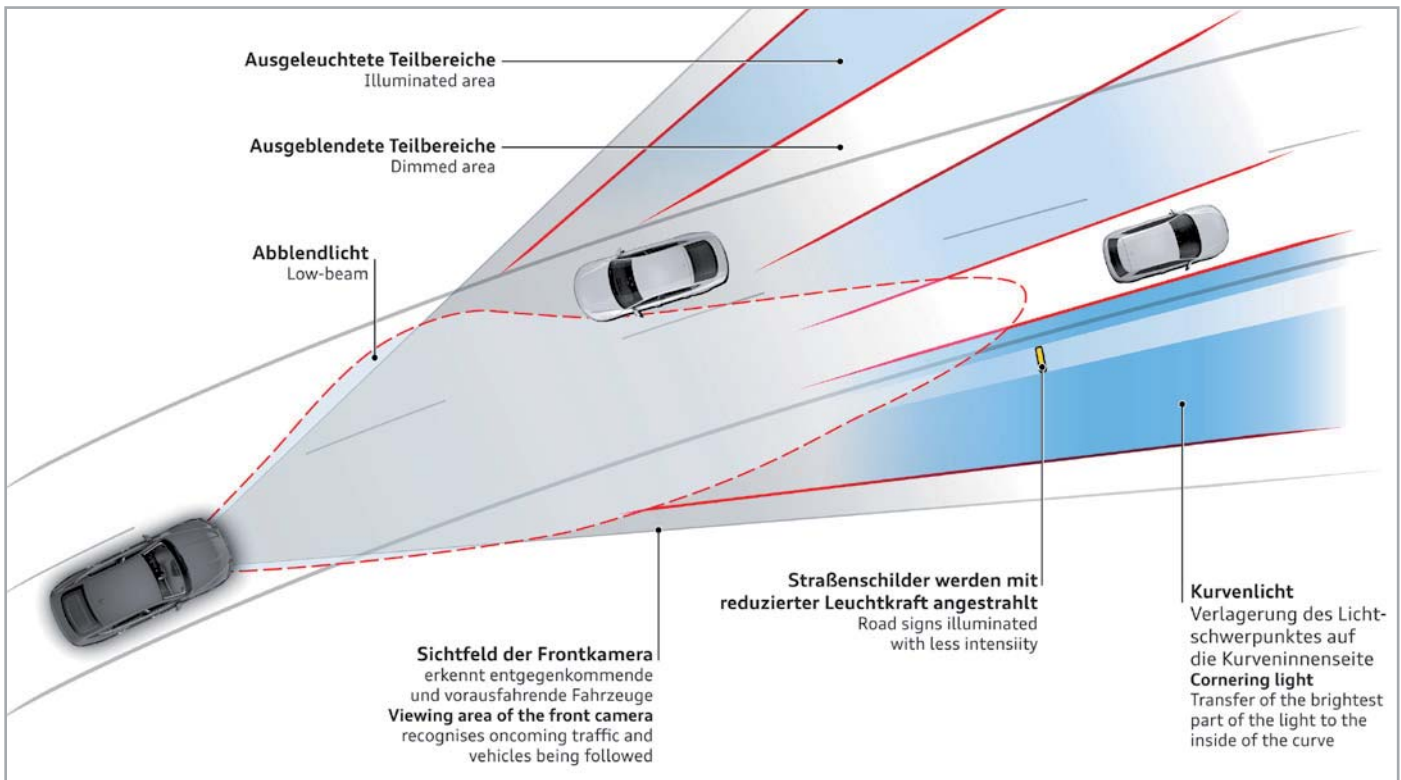


Bild 1: Mit selektivem Fernlicht kann die Blendung des Gegenverkehrs und von Vorfahrern vermieden werden. Dazu ist besseres Erkennen von Schildern und selektives Kurvenlicht möglich. Bild: Audi

projiziert ähnlich wie beim Audi-Lidar-System das Licht aus zwölf einzelnen LEDs auf einen mit 6.000 U/min rotierenden Spiegel. So werden die einzelnen Leuchtkörper punktgenau gesteuert und ermöglichen eine selektive und noch breitere Ausleuchtung der Umgebung als herkömmliche Schweinwerfer-Systeme – für gesteigerten Fahrkomfort und erhöhte Sicherheit. Fußgänger oder Verkehrszeichen werden während der Fahrt bereits aus weiter Entfernung optimal ausgeleuchtet und erkannt, ohne entgegenkommende Fahrzeuge zu blenden.

LED-Systeme wie beispielsweise die Multibeamsysteme von BMW oder die Matrixsysteme von Audi und Daimler können kamerabasiert sehr dynamisch agieren. So kann man nahezu ständig mit zugeschaltetem Fernlicht fahren, selbst solche enorm starken Lichtsysteme wie das BMW-Laserlicht mit 530 m Reichweite verlieren so den Schrecken für Gegenverkehr und Vorfahrer.

Intelligente Lichtassistenzsysteme können aber noch mehr. Das per Blinker gesteuerte Abbiegelicht ist dabei die einfachste Form. Weiter entwickelte Systeme berücksichtigen den Lenkeinschlag, sodass der ausgeleuchtete Bereich immer genau in Fahrtrichtung liegt. Dazu wird je nach Richtungsänderung auch oft der Bereich rechts bzw. links verstärkt ausgeleuchtet, um Fußgänger und Radfahrer zu erkennen, die sonst neben der Lichtkegelabgrenzung nicht gesehen werden könnten. Dies ist ebenfalls ein Plus moderner LED-Systeme.

Auch im hinteren Bereich des Fahrzeugs hat sich etwas getan – der althergebrachte Bremslichtschalter ist einem elektronischen System gewichen. Je nach Stärke des Abbremsens signalisieren Brems- und Rückleuchten dem nachfolgenden Verkehr die Absicht

bzw. Gefahr, indem sie bei starkem Bremsen flackern und bei einer Vollbremsung automatisch die Warnblinkanlage aktivieren. Heute kommen vermehrt Fahrzeuge auf die Straße, die beim Gaswegnehmen elektrische Energie in Hybrid- oder Vollelektrische Systeme rekuperieren und damit abbremsen wie eine Motorbremse, ohne dass die Bremscheiben überhaupt in Aktion treten. Dies muss natürlich dem nachfolgenden Verkehr als Tempoabbau signalisiert werden, der ja, wie Fahrer solcher Fahrzeuge bereits gut wissen, durchaus sehr deutlich ausfällt.

Gehen wir wieder nach vorn und zu den modernen LED-Lichtsystemen. Zunehmend werden diese auch für Signalisierungszwecke herangezogen. Während Signalisierungen bzw. gar Botschaften an andere Verkehrsteilnehmer noch im Studienstadium stecken, sind andere Signalisierungen schon Realität, so z. B. beim Digital Light von Daimler-Warngrafiken,



Bild 2: Die BladeScan-Technologie von Toyota erlaubt eine sehr ausdifferenzierte Erfassung des Verkehrs für die Fernlichtassistenz. Bild: Toyota



Bild 3: Die HD-Pixel-Technologie von Daimler erlaubt das Projizieren von Warnsymbolen auf die Fahrbahn. Bilder: Daimler



Bild 4: Nachtsichtsysteme ermöglichen die sichere Erfassung z. B. von Personen bei Dunkelheit und in größerer Entfernung. Bilder: VW/Audi

Signalisierungen werden auf die Straße projiziert (Bild 3). Sie sind eine erweiterte Form des Head-up-Displays und können für den Fahrer Warnungen vor schlechten Straßenverhältnissen, Bau- und Gefahrenstellen, Fahrbahnverengungen, Tempolimits usw. abbilden. Und schließlich gehören heute auch Nachtsichtsysteme vielfach zur Sonderausstattung (Bild 4). Diese weisen rechtzeitig auf Gefahrensituationen wie Fußgänger auf der Fahrbahn, Fahrradfahrer ohne Licht oder Tiere auf bzw. neben der Straße hin.

### Sicher und ökonomisch fahren

Ökonomisch fahren bedeutet nicht etwa übertrieben langsam unterwegs zu sein, sondern sich entsprechend dem Streckenprofil angepasst und vorausschauend fortzubewegen. Hier bieten viele Hersteller ECO-Assistenzsysteme an, die dies für den Fahrer bewältigen können. Schon beim einfachen Fahren mit dem Tempomaten erfährt man, dass die Automatik ökonomischer fährt als der eigene Gasfuß. Die ECO-Assistenten verfeinern dies noch. Sie berücksichtigen navigationsgestützt Streckenverläufe und passen im automatisierten Fall die Motor- und Getriebesteuerung an das Streckenprofil, vorausliegende Abzweigungen, Ortschaften, Kreisverkehre, Kurven, kommende Limits usw. an. Andere Systeme dieser Art geben dem Fahrer Empfehlungen, etwa zum sogenannten Segeln, also den Fuß vom Gaspedal zu nehmen, weil das Fahrzeug gerade mit dem richtigen Tempo rollt. Oder Gas wegzunehmen, damit man beim anliegenden Geschwindigkeitslimit die Rekuperation nutzen kann (Bild 5).

Fährt man einen Hybriden, dem das Ziel per Navigationssystem vorgegeben wird und der dazu vorausliegende Fahrverbotszonen für Verbrenner kennt, sorgt solch ein System dafür, dass für die Ortsdurchfahrten und die Umweltzonen genug Akkuenergie verfügbar ist.

Auch zur Sicherheit der Insassen wird einiges unternommen. So sorgen Systeme mit der Wortbildung „Presafe“ o. Ä. im jeweiligen Markennamen dafür, dass die Insassen bei drohenden Gefahrensituationen auf diese vorbereitet und geschützt werden. Das reicht vom Warnhinweis per Klartextansage bei einer drohenden Kollision oder einem Überschlag über vorsorglich gestraffte Gurte bis hin zur „Schärfung“ der aktiven Sicherheitssysteme wie Airbags sowie zur Vorbereitung zum Bremsenriff oder bei Hochvoltsystemen für eine Trennung vom Speicher, falls das Unfallereignis tatsächlich eintritt. Daimler z. B. hat in seinem Experimental-Sicherheitsfahrzeug ESF ein Gurtstraffersystem installiert (PRE-SAFE® Curve), das den Fahrer durch Anziehen des Gurtstraffers warnt, wenn er auf eine Kurve zu schnell zufährt (Bild 6). Das sorgt dann auch für zusätzlichen Seitenhalt bei der Kurvenfahrt.

Zum sicheren Fahren gehören auch die „kleineren“ Systeme an Bord, wie etwa der inzwischen weit verbreitete Regensensor, dessen Ansprechverhalten heute vielfach vom Fahrer programmierbar ist.

Ford hat einen anderen praktischen Sensor an der Frontscheibe, einen Beschlag-Sensor (Bild 7). Die Ursache für eine beschlagene Frontscheibe im Auto ist kondensierte Luftfeuchtigkeit. Vor allem bei niedrigeren Außentemperaturen im Herbst und Winter kann dies ein Problem sein. Auch Sportlern, die nach dem Laufen oder nach dem Besuch des Fitnessstudios ins Fahrzeug einsteigen, dürfte dieses Phänomen bekannt sein – dann heißt es entweder wischen oder warten, bis Gebläse und Klimaanlage für freie Sicht sorgen.

Ein neues Sensorsystem von Ford sorgt für Abhilfe: Das 5x3-Zentimeter kleine System befindet sich innen direkt auf der Windschutzscheibe in der Nähe des Rückspiegels. Wie eine Art Wetterstation misst es die Luftfeuchtigkeit im Cockpit und erfasst auch Veränderungen der Frontscheiben-Temperatur. Bei Bedarf aktiviert das System automatisch die Klimaanlage und wählt die erforderliche LuftstromEinstellung aus, um ein Beschlagen der Windschutzscheibe von innen bereits im Ansatz zu verhindern. Die neueste Version, die bereits bei den SUVs Ford Kuga und Ford Explorer Plug-in-Hybrid eingeführt wurde, trägt auch dazu bei, die Kraftstoff-Effizienz zu verbessern und die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken, indem der Einsatz des Klima-Kompressors optimiert wird.



Bild 5: In der Ruhe liegt die Kraft – einfaches Sprichwort, für den ökonomischen Betrieb des Autos umgesetzt. Die ECO-Assistenzsysteme nutzen das Navigationssystem für das ökonomische Fahren, bei den Hybriden wird für das emissionsfreie Fahren in der Stadt vorgesorgt.  
Bilder: Audi/Daimler

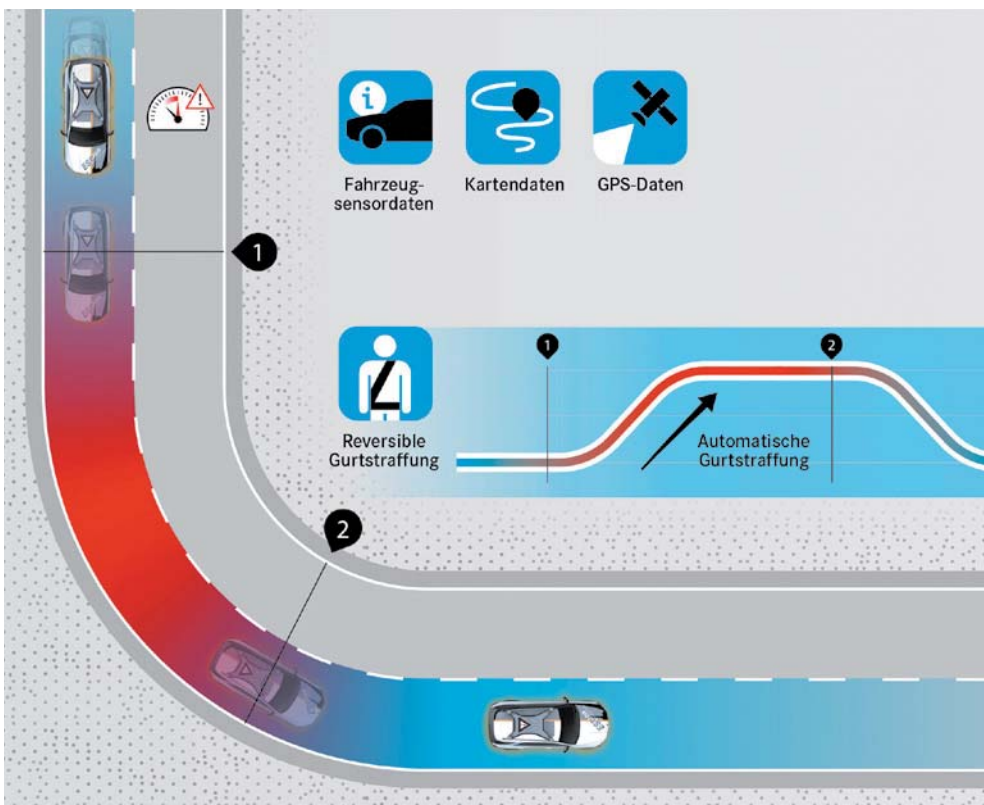
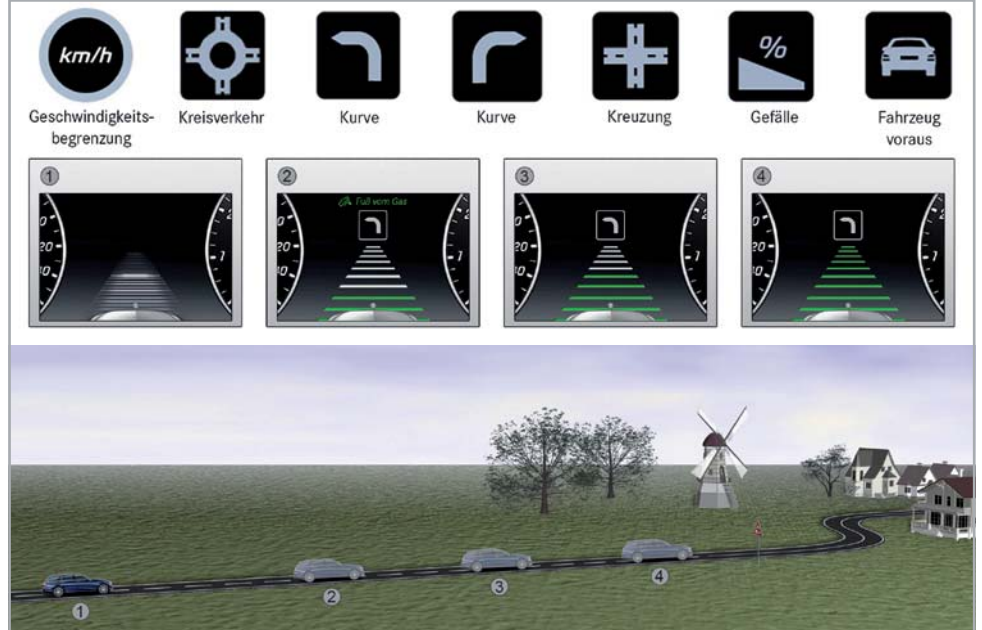
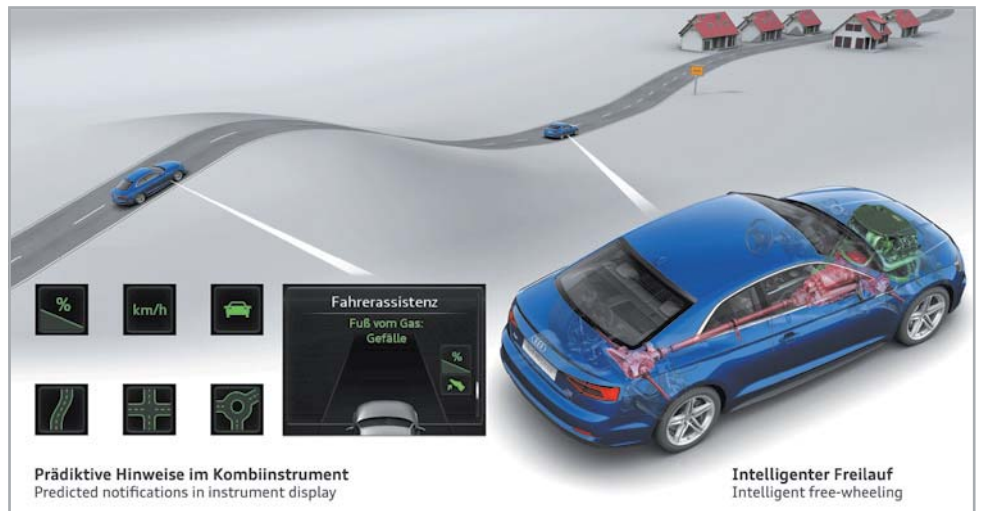


Bild 6: Trifft Vorsorge, warnt und sichert – das PRE-SAFE® Curve-System von Daimler. Bild: Daimler

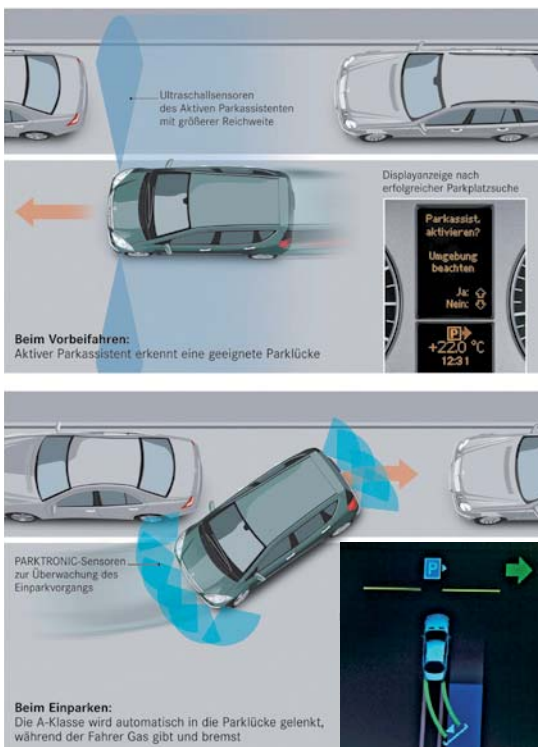
Bild 7: Sorgt für Durchblick – das Anti-Beschlag-System von Ford. Bild: Ford



*Bild 8: Die umfangreichen Kamerasysteme ermöglichen einen kompletten Überblick über das Umfeld. Mit einer Remote-App ist dies sogar aus der Ferne möglich. Bilder: AUDI/BMW*

## Bequem und sicher rangieren

Unsere Autos werden seit dem Aufgeben des Karosseriekonzepts „Limousine mit großen Fenstern, schmalen Dachsäulen, gut vom Fahrer zu überblickendem Heck und orientierenden Kotflügelkanten vorn“ immer unübersichtlicher für das Rangieren und Parken. Zudem wachsen sie ständig in Breite und Länge, und die Räume, in denen wir rangieren, werden nicht nur dadurch enger, sie sind auch dichter belegt. Und ein Parkschaden kann heute enorme Summen kosten. Deshalb gehören Ultraschall-basierte Abstandswarner für die Bereiche bis 2 m um das Fahrzeug herum zumindest im hinteren Fahrzeugbereich zur aktuellen Standardausrüstung. Erweiterte Ausstattung sind Sensoren ringsum, radarbasierte Sensoren, die noch sensibler auswerten, und Kamerasysteme. Letztere etablierten sich zunächst hinten als Rückfahrhilfe, später vorn, vor allem als Assistenz in unübersichtlichen Ausfahrten.



*Bild 9: Ein automatischer Parkassistent rangiert das Auto selbstständig in eine passende Parklücke. Bild: Daimler*

Heute gibt es 3D-Kamerasysteme um das Fahrzeug herum, sodass man beim Rangieren und auch per Fernüberwachung genauestens sehen kann, was um das Fahrzeug passiert (Bild 38). Wertvoll sind auch Seitenkameras, die z. B. den Vorderachsbereich im Blick haben, da auch hier aufgrund der Karosserieformen, z. B. ausgestellte Kotflügel, die Übersicht bei engem Rangieren, z. B. in die Einfahrt der Garage, bei modernen Fahrzeugen leidet. Vor allem diese Systeme, aber auch die in der Karosserie verbauten Radarsysteme, sind Grundlage für die aktuellen Parkassistenten.

Sie ermöglichen es, dass das Fahrzeug bei langsamer Fahrt eine für das eigene Fahrzeug ausreichende Parklücke vermisst, den Fahrer informiert und ihn unterstützt, sauber in diese zu rangieren (Bild 9). Das funktioniert sehr gut sowohl mit Längs- als auch mit Quertücken. Und zwar so gut, dass das Fahrzeug bei Systemen, die dieses selbstständig in Parklücken lenken (bremsen und Gas geben muss der Fahrer meist noch selbst), so dicht einparken, dass mitunter weder der Nebenmann noch man selbst aus dem Fahrzeug kommt. So geschehen mit meinem aktuellen Auto bei der Fahrzeugübergabe beim Händler. Das Auto rangierte in eine Lücke zwischen zwei Neuwagen, in die ich mich manuell nicht hinein getraut hätte. Aber es funktioniert perfekt.

Manche Fahrzeuge beherrschen das Remote-Parken, das heißt, man kann das Fahrzeug autonom in die Parklücke oder die Garage fahren lassen, nachdem man ausgestiegen ist.

Die aktuelle Mercedes S-Klasse sucht sich sogar in entsprechend vernetzten Parkhäusern selbst eine freie Lücke und parkt automatisch ein (Bild 10). Sitzt man in einem so ausgestatteten Fahrzeug, ist es schon gewöhnungsbedürftig, wenn dieses den gesamten Parkvorgang selbstständig ausführt.

BMW bietet ein Technik-Gimmick an, den automatischen Rückfahrassistenten. Er merkt sich nach einer Vorwärtsfahrt die letzten 50 m und kann diese, wenn nötig, von der Lenkung her völlig allein und zentimetergenau wieder zurückfahren (Bild 11). In manchen Situationen, etwa, wenn man im engen Parkhaus zurückfahren muss, oder in einer engen Sackgasse ohne Wendemöglichkeit steckt (etwa, wenn das Müllauto entgegenkommt), durchaus ein nützliches Feature, zumal bei sehr engen Verhältnissen und unübersichtlichem Heck.

Ich verwende den Assistenten z. B. in meiner engen Garage, die zusätzlich als Werkstatt genutzt wird. Da muss das Auto ganz rechts dicht an die Wand herangefahren werden und man darf auch nicht zu weit hineinfahren, um dahinter genügend Stellplatz freizuhalten. Das kostet einige Kurbelei, bevor man ordentlich steht. Braucht man den Platz in der Garage oder will z. B. schweißen, wird das Auto herausgefahren und sortiert sich später rückwärts ohne Probleme allein wieder zentimetergenau an seinen Platz ein. Wie gesagt, ein Gimmick, das automatisch Bestandteil des Parkassistentensystems ist.





Stichwort Übersicht: Auch für das saubere Einparken am Bordstein gibt es Assistenten (Bild 12). Denn hier reichen Gefühl und ein abklippbarer rechter Rückspiegel nicht jedem aus. Um vor allem Reifen- und Felgenschäden zu vermeiden, gibt es auch hierfür Assistenten.

Zum Abschluss soll noch ein Assistent für Anhängerfahrer aufgeführt werden. Für den, der seine Pferde oder einen Bootsanhänger nur am Wochenende fährt, also weniger Übung im Rangieren von Hängern hat, gibt es auch einen Assistenten. Dabei gibt eine von Parksensoren und -kameras gesteuerte Anzeige dem Fahrer die Richtung und den Winkel der Lenkbewegung vor, um den Hänger sicher um eine Ecke oder in eine Lücke zu steuern. So verliert auch die längere Boxengasse auf dem Gestüt ihren Schrecken.

### Modernste Technik – und die Bedienung?

Mit der Technikentwicklung sind auch die Ansprüche an den Fahrer gestiegen. Denn die Technik ist nicht nur bequem, komfortabel und mitunter lebensrettend, sie muss auch beherrscht werden. Dazu kommt, dass heute grundlegende Bedienkonzepte aus vielerlei Gründen (z. B. Weiterentwicklung der zugrunde liegenden Technologien, wirtschaftliche Gründe, Design etc.) umgeworfen werden. Und schließlich haben gerade Fahrer, die schon viele Jahre fahren, eingeschlifene Bedienungsgewohnheiten – auch wenn sie technikaffin sind. Mein erstes Auto hatte im rechten Lenkstockhebel die Hupe. Noch heute schalte ich gelegentlich in bestimmten Situationen unwillkürlich den Scheibenwischer ein, wenn ich hupen will. Ähnlich geht es wohl auch Fahrern, die auf ein Fahrzeug mit linksseitigem Scheibenwischerhebel umsteigen.

Es gibt Hersteller, die halten ihr Bedienkonzept über Jahrzehnte durch, ohne dabei Modernisierungen zu verpassen. Beispiel dafür sind etwa der VW Golf oder die BMW-Fahrzeuge. Hier gilt nach wie vor: Hineinsetzen und ohne langes Studieren alles Wichtige finden.

Bei unseren Ergonomie-Tests haben wir u. a. auf einem leeren Parkplatz, also ganz ohne „ablenkenden“ Verkehr, den berühmten Test ausgeführt: „Stelle innerhalb von 30 Sekunden einen bestimmten Radiosender während der Fahrt ein.“ Bei einem Fahrzeug gelang dies auch nach Minuten nicht – zu tief war diese Einstellung im Touchscreen-Menü versteckt. Zur Erinnerung: mit 50 km/h in der Stadt legen wir in fünf Sekunden etwa 70 m zurück, bei 120 km/h auf der Autobahn über 150 m. Und bei 30 Sekunden mit Tempo 200 – rechnen Sie selbst die erschreckende Zahl aus. Das Allianz Zentrum für Technik hat ermittelt, dass 63 Prozent der Autofahrer ihr Navigationsgerät während der Fahrt bedienen, 61 Prozent bedienen ihr Radio und 43 Prozent suchen in den Tiefen von Bedien-

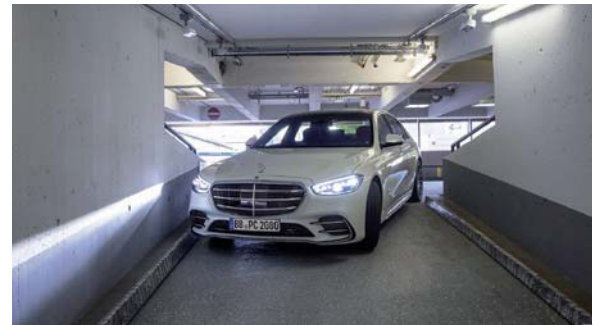


Bild 10: Die Mercedes S-Klasse sucht sich im Dialog mit der Parkhaus-Infrastruktur autonom eine freie Parklücke. Bilder: Daimler

menüs nach einer Einstellung. Neben dem typischen Handyunfall entwickeln sich diese Handlungen zu den Hauptunfallursachen.

Früher bestand ein Cockpit aus Lenkrad, Pedalen, Ganghebel, Handbremse, Lichtschalter, Blinker- und Scheibenwischerhebel, wenigen Schaltern für die Lüftung/Klimatisierung und einem Radio mit zwei



Bild 11: Der automatische Rückfahrassistent rangiert das Fahrzeug bis zu 50 m zurück aus engen Situationen. Bild: BMW

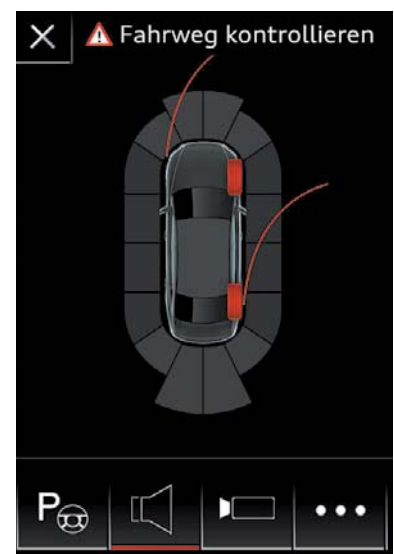


Bild 12: Passt auf, dass der Bordstein nicht touchiert wird: Der Bordsteinassistent. Bild: Audi



Bild 13: Physische und Touch-Tasten an Lenkrad sind heute die Norm, um viele Systeme einfach bedienen zu können. Bild: Daimler

Drehknöpfen und vielleicht fünf Tasten. Die Fahrzeugausstattung wuchs, die Zahl von Tasten und Knöpfen nahm stetig zu, bis sie in den 1990er-Jahren zu wahren Tastengebirgen in Armaturentafel und Mittelkonsole wuchsen – einige Autos erinnerten an ein Flugzeugcockpit.

Mit dem Aufkommen der Navigationsgeräte fanden die Entwickler zunächst Gefallen an Softkeys. Dies ist hochwillkommen, wenn man ein Oszilloskop vor sich auf dem Labortisch hat, um die Vielfalt der Funktionen zu bändigen, im Auto aber erfordert dies die Konzentration auf kleine Tasten-Beschriftungen auf dem Bildschirm.

Dann zog der Touchscreen in das Cockpit ein – aus Sicht von Verkehrssicherheitsexperten in der Reinform fatal. Immerhin entwickelten die Programmierer mit der Zeit übersichtlichere Menüsysteme, mit wachsender Bildschirmgröße dann größere Bedienfelder („Kacheln“). Einige, wie bei Toyota Lexus geschehen, sperrten auch bestimmte Eingabemöglichkeiten während der Fahrt, beim Lexus 430 die Navigationseingabe.



Bild 14: 20 Jahre alt und kein Stück gealtert – im Gegenteil: Auch in der nächsten i-Generation wird das bewährte iDrive weiterleben. Bilder: BMW

ben. Das hat dort schon sehr frühzeitig ein Online-Sprachassistent übernommen.

Auf die Spitze getrieben hat sicherlich Tesla sein Bedienkonzept, das nahezu ausschließlich per Touchscreen erfolgt. Eigene Tests brachten zwar das Ergebnis, dass man sich an die grundlegende Bedienung schneller gewöhnt als befürchtet und man das Ganze bald beherrscht – auch den von Tesla als „Autopilot“ bezeichneten automatischen Fahrmodus. Aber schon urteilen Gerichte als Korrektiv über solcherart Bedienkonzepte und über entsprechende Werbeaussagen. Wie das Landgericht München, das im Juli 2020 urteilte, dass Tesla die Werbung mit dem Feature „Autopilot/Autonomes Fahren“ in Deutschland nicht mehr verwenden darf, da sie irreführend sei. Und konkret zur Touchscreen-Bedienung während der Fahrt verurteilte das Oberlandesgericht Karlsruhe einen Teslafahrer zu einer Geldbuße und einem Monat Fahrverbot. Er kam von der Straße ab und kollidierte mit mehreren Bäumen, während er bei Starkregen versuchte, in den Tiefen der Touchscreen-Menüs die Einstellung für das Scheibenwischerintervall zu finden und zu verändern. Der Hersteller ist hier zunächst aus der Verantwortung, da mindestens bei Fahrtbeginn darauf hingewiesen wird, dass der Fahrer voll verantwortlich für die Führung des Fahrzeugs ist. Hier machen es sich Gesetzgeber und Zulassungsbehörden zu einfach – indem sie nicht schon im Vorfeld den Hersteller besser in die Pflicht nehmen, dass so etwas nicht passieren kann, siehe das positive Toyota-Beispiel oben.

Unbenommen – die Vielfalt der Technikfunktionen an Bord ist bequem und komfortabel, es ist allerdings quasi ein gordischer Knoten, den Techniker zu zerschlagen haben, wollen sie das Ganze noch übersichtlich bedienbar gestalten.

Die Technik entwickelt sich derzeit besonders schnell, ebenso rasant sind Entwickler gezwungen, wieder zur einfachen Bedienbarkeit der Fahrzeuge zurückzukehren, obwohl dies manchen wohl bis heute schwerfällt. Immerhin blieben einige Hersteller essenziellen Bedienfunktionen per physischem Bedienelement bis heute treu, etwa BMW beim Lautstärkesteller oder frei belegbaren Funktionstasten. Oder man verlegte zahlreiche Funktionen auf leicht und intuitiv bedienbare Lenkradtasten (Bild 13), wobei auch hier der Trend zu Touch- oder Semi-Touch-Tasten (Mercedes-Benz/VW) mindestens gewöhnungsbedürftig ist.

Ein inzwischen in vielerlei Abwandlungen bewährtes Bediensystem ist das von BMW bereits 2001 kreierte iDrive-System für den Multifunktionsbildschirm und den dahinter sitzenden zentralen Systemrechner. Zuerst pur, später mit zusätzlichen, ebenfalls intuitiv bedienbaren Menütasten und Touch-Eingabefeld auf dem Controller ergänzt, ist es heute das Vorbild an Bedienbarkeit für diese komplexen Systeme (Bild 14). Umso unverständlicher, dass die BMW-Bildschirme nun seit einiger Zeit auch zusätzlich per Touch zu bedienen sind. Immerhin bleibt BMW parallel dazu beim iDrive, wie unlängst erst zur CES 2021 in Las Vegas bei der Präsentation des i4 angekündigt. Ähnliche Bedienkonzepte verfolgen etwa Audi mit dem MMI und Daimler mit dem MBUX-Touch-/Taster-Bedienfeld.

Dennoch sind Touchscreens die Normausstattung, bei manchen Herstellern noch in der Reinform ohne externe Bedienelemente.

Techniker wären aber keine Techniker, wenn sie sich nicht der Lösung des Problems widmen würden. Ein erster Ausweg, waren, wie erwähnt, die Lenkrad-Bedienfelder, die sich inzwischen sogar eines grundlegenden Layouts erfreuen, also links die Assistenten, rechts Multimedia. Die zweite Tendenz ist dank zunehmender Vernetzung der Sprachassistent. Der funktioniert bei einigen Herstellern schon wirklich hervorragend, und das „Hey...“ ist vielen Fahrern ein gern genutzter Helfer, vor allem bei der Navigationseingabe. Leider sind manche dieser Systeme noch zu unvollkommen, um von den Fahrern gänzlich akzeptiert zu werden. Aber im Zuge der KI-Entwicklung werden die Systeme immer besser, so haben auch Menschen mit undeutlicherer Aussprache oder die, die kein reines Hannoversches Hochdeutsch sprechen, eine Chance. Auch lassen sich zu viele dieser Systeme noch von Hintergrundgeräuschen beeinflussen.



Wenn ein solches System perfekt ist, wird es auch benutzt.

Einige Hersteller haben auch Gestensteuerungen für bestimmte Funktionen im Angebot, etwa zum Bedienen von Radiofunktionen oder zum Scrollen in Menüs. Diese funktionieren mit TOF-(Time of flight) Sensoren, meist in der Dachkonsole verbaut. Nutzer sind geteilter Meinung, ob diese Funktionen nützlich, gar hipp oder überflüssig sind. Immerhin muss man die Gesten auch erst erlernen, und die perfekt funktionierende Gestensteuerung gibt es wohl noch nicht – zu viele Störfaktoren irritieren die Sensoren noch.

Wenn schon Displays moderne Cockpits dominieren – was per se auch absolut akzeptabel ist, darauf kommen wir noch –, dann sollten Techniker sich Lösungen zu deren Bedienung einfallen lassen, ohne dass der Fahrer sich überhaupt oder zumindest nicht allzu lange dem Display per Hinsehen widmen muss. Und das tun sie, z. B. in der Form von Bildschirmen mit taktile Rückmeldung wie z. B. bei Audi – das war einer der spannendsten Tests im Vorfeld zu diesem Artikel.

Ab der oberen Mittelklasse dominieren große Bildschirme die Mittelkonsole, reale Tasten sucht man hier vergebens. Die verbergen sich als intelligente Lösung in den Touchscreens. Um bestimmte Funktionen grundlegend schneller zu finden, gibt es zunächst unterteilte Bildschirme, zum Beispiel bildet die Klimaanlage ein eigenes Bildschirmfeld, und einige substanzielle Funktionen wie der Warnblinker



Bild 15: Auf dem Weg zum wirklich ergonomischen Touch-Display – das Audi-Display-Arrangement reagiert auf Gesten ebenso wie auf die virtuelle Tastenbetätigung mit taktile Rückmeldung. Dazu sind Displays in Funktionsgruppen unterteilt. Bilder: Audi

oder die Scheibenheizungen sind ebenfalls auf ein abgeteiltes Bedienfeld gelegt (Bild 15 zeigt Audi-Cockpit-Details). Das nächste Highlight ist die taktile-optische Reaktion der Displays. Nähert sich der Finger einem Bedienfeld und berührt es, tritt dieses zunächst deutlich farblich hervor, das kann man sehr gut aus dem Augenwinkel registrieren, und nach einiger Fahrpraxis findet man sich genauso blind zurecht wie bei realen Tasten. Drückt man nun auf das Bedienfeld, erhält man eine deutliche mechanische Rückmeldung – ein Aktor bewegt das Displayfeld leicht, und es ertönt gleichzeitig ein Klickgeräusch wie bei einer echten Tastenbedienung. Damit hat man eine akustisch-taktile Rückmeldung über die Ausführung, ohne den Blick länger als unbedingt nötig von der Straße abwenden zu müssen.

So arbeiten auch die großen Bildschirmfelder der neueren Mercedes-Benz-Fahrzeuge (Bild 16). Nähert sich der Fahrer (und bei manchen Systemen wie Klimaregelung auch der Beifahrer) mit dem Finger der Bedienkonsole, wird dies erkannt. Die Bedienfelder, die sich in Fingernähe befinden, treten optisch hervor und „drehen“ sich dem Bediener zu. Auch solch eine Bedienung ist akzeptabel, da man auch hier alle wichtigen Funktionen, die meist in der obersten Menüebene liegen, nahezu blind bedienen kann.

Wohin die Reise bei den Cockpit-Displays gegen dürfte, demonstrierte Daimler bei der CES 2021 in Las Vegas mit dem MBUX-Hyperscreen für die Elektroauto-Generation Mercedes-EQ (Bild 17). Ein einziges OLED-Glasmodul in voller Innenraumbreite fasst alle Anzeige- und Bedien-Screens zu einer Einheit zusammen. Nun, das tun andere Hersteller auch, vor



Bild 16: Deutlich ergonomischer als winzige Such-Touch-Bildschirme – das große Mercedes-Benz-Display mit zahlreichen ergonomischen Verbesserungen für die einfache Bedienung. Bild: Daimler

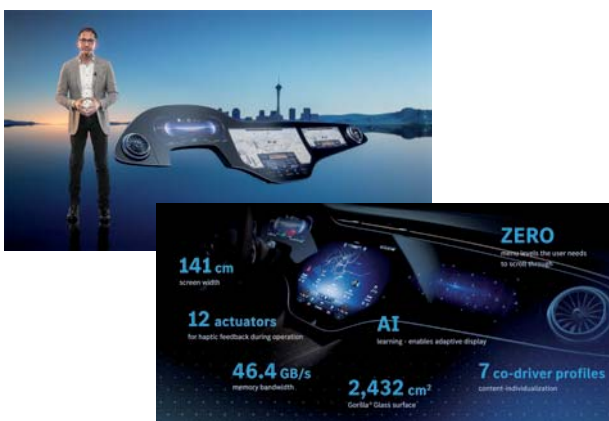


Bild 17: Könnte die Bedienbarkeit moderner Dashboards revolutionieren – der MBUX-Hyperscreen, den Daimler-CEO Ola Källenius zur CES 2021 vorstellte. Bilder: Daimler



Bild 18: Im virtuellen Cockpit sind Zusatzinformationen und andere Instrumentenlayouts fast nach Belieben darstellbar. Bilder: Audi

allein in Studien. Aber der Hyperscreen ist besonders. Er fügt sich zunächst nahtlos in das Mercedes-MBUX-System ein, so findet der Mercedes-Fahrer sich mit den gewohnten Bedienelementen sofort zurecht. Auch die mögliche volle Personalisierung auf den jeweiligen Fahrer ist nichts grundlegend Neues. Neu ist aber hier, neben der imposanten Optik und faszinierenden OLED-Darstellungstechnik, das Prinzip des „First Layers“. Das System bietet dem Fahrer (und Beifahrer) stets die durch die dahinter stehende Künstliche Intelligenz kalkulierte und z. B. durch Sprachanweisungen ausgelöste Bedienebene an, die er gerade benötigt. Er muss also nie irgendwelche Untermenüs erforschen. Zudem werden einzelne Funktionsmodule deutlich und mit großen Bedienflächen, die mit taktiler Rückmeldung agieren, abgegrenzt angeboten. Auch so kann der Fahrer, wiederum geleitet durch animierte und vergrößerte Symbole bei Annäherung, alle Funktionen blind, höchstens von einem Blick aus dem Augenwinkel begleitet, bedienen.

Ziel all dieser Bemühungen ist es also, den Fahrer trotz hochmoderner Anzeigekonzepte und tief gestaffelter Funktionsvielfalt so weit zu unterstützen, dass er den Blick möglichst selten von der Fahrbahn abwenden muss. Dazu trägt auch eine weitere Innovation bei: das virtuelle Cockpit (Bild 18). Displays prägen inzwischen auch mehrheitlich das direkte Fahrer-Cockpit – die herkömmliche Instrumentenkombination verschwindet zum Leidwesen des Traditionalisten immer mehr. Das ist auch dem Trend weg von der aufwendigen, teuren und manchmal auch wartungsintensiven Mechanik geschuldet. Vor allem aber rückt hier der erweiterte Nutzwert von frei programmierbaren Displays in den Vordergrund. Nicht nur, dass man sich hier oft seine schicke Instrumentenoptik selbst wählen kann (Bild 19), auch können nun viele Informationen, die sonst den Blick zum Zusatzbildschirm erfordern würden, zusätzlich oder alternativ eingeblendet werden, von den Navigationsinformationen über die Schilderererkennung bis hin zu Entertainment-

Infos wie Titellisten, Radiosender oder Infos bei Telefongesprächen, z. B. das Bild des Anrufers. Über die Menüfunktion des Lenkstockhebels oder der Lenkradtasten sind die Anzeigen einfach bedien- und wechselbar. Das Konzept ist schon ein riesiger Schritt in puncto Fahrsicherheit und weniger Ablenkung.

Es wird derzeit nur noch getoppt vom Head-up-Display (Bild 20). Das gibt es in unterschiedlichen konstruktiven Ausführungen, als ausfahrbare Projektionsscheibe vor der Windschutzscheibe, kontrastierendes Abbildungsfeld in der Windschutzscheibe oder völlig unsichtbar mit einem großen, an die Fahrergröße und -Sitzposition anpassbaren virtuellen Abbildungsfeld weit vorn im direkten Sichtfeld des Fahrers auf die Straße. Auch hier sind, wie im virtuellen Cockpit, in den meisten Fällen die gewünschten Informationen einblendbar. Dies erfolgt heute vielfach vollfarbig und in Kontrast und Hauptdarstellungsfarbe an die äußere Beleuchtungssituation angepasst. Diese Abbildungen sind äußerst kontraststark auch bei hellster Sonneneinstrahlung, im Dunkeln werden sie angenehm abgeblendet, und bei Gefahrensituationen wie bei Kollision warnen sie durch deutliches Blinken. Das Head-up-Display ist bestimmt eines der wertvollsten Zusatzausstattungen und sollte zukünftig zur Standardausrüstung gehören.

Es wird noch einmal getoppt von der aktuellen Entwicklung von Augmented-Reality-Systemen (AR, Bild 21). Diese zogen vor einiger Zeit zunächst in die Navigationsbildschirme bei Mercedes-Benz ein und erobern nun das Head-up-Display. Dabei werden Navigationsinformationen, z. B. Abbiege- oder Spurwechselanweisungen, direkt in das reale Kamerabild der Frontkamera auf dem Navigationsgerät, oder – noch besser – direkt als Animation in das Sichtfeld des Fahrers im Head-up-Display eingeblendet. Das erweitert die normale Richtungsanweisung des Navigationssystems erheblich, insbesondere, wenn man sich auf mehrspurigen Straßen mit unübersichtlichen Abzweigen, in komplexen Autobahnkreuzen etc. befindet. Wohl jeder kennt die Situation, in einem unbekanntem Autobahnkreuz mit mehreren Abzweigungen kurz, z. B. durch einscherende Autos, abgelenkt worden zu sein, und dann fährt man halt am Spurschild vorbei und darf bei der nächsten Abfahrt umdrehen. Das kann mit AR nicht passieren, der blau laufende Pfeil sagt beständig im Blickfeld an, wohin es gehen muss.



Bild 19: Cockpit nach Gusto – moderne Displaytechnik erlaubt es dem Fahrer, seine Cockpitgrafik aus vielen Mustern auszuwählen – von traditionell bis spacig. Bilder: Daimler



Bild 20: Da muss der Fahrer kaum noch den Blick von der Fahrbahn wenden – Head-up-Displays sind ein äußerst nützliches Ausstattungsdetail. Bilder: BMW/VW/Audi

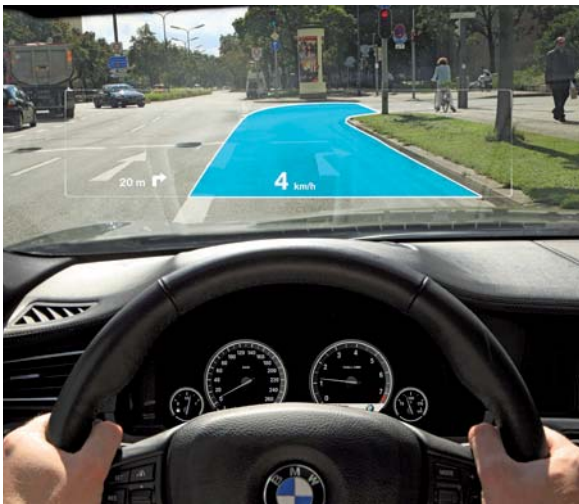


Bild 21: Fahren mit Augmented Reality – die Richtungsanzeige liegt exakt auf der Abbiegespur – sich zu verfahren ist somit kaum möglich. Hier eine frühere Studie von BMW. Bild: BMW



Dieser vorerst technologische Höhepunkt führt uns zum Schluss unseres Streifzugs durch moderne Fahrer-Assistenzsysteme und Bedienkonzepte – hier dürfen wir in den nächsten Jahren, auch im Zuge der Hinwendung zum wirklich autonomen Fahren, auf die weitere Entwicklung sehr gespannt sein. Denn schon geben die Hersteller Ausblicke auf kommende Technologien, wie 3D-Darstellung oder an beliebige Formen anpassbare Displays (Bild 22). **ELV**



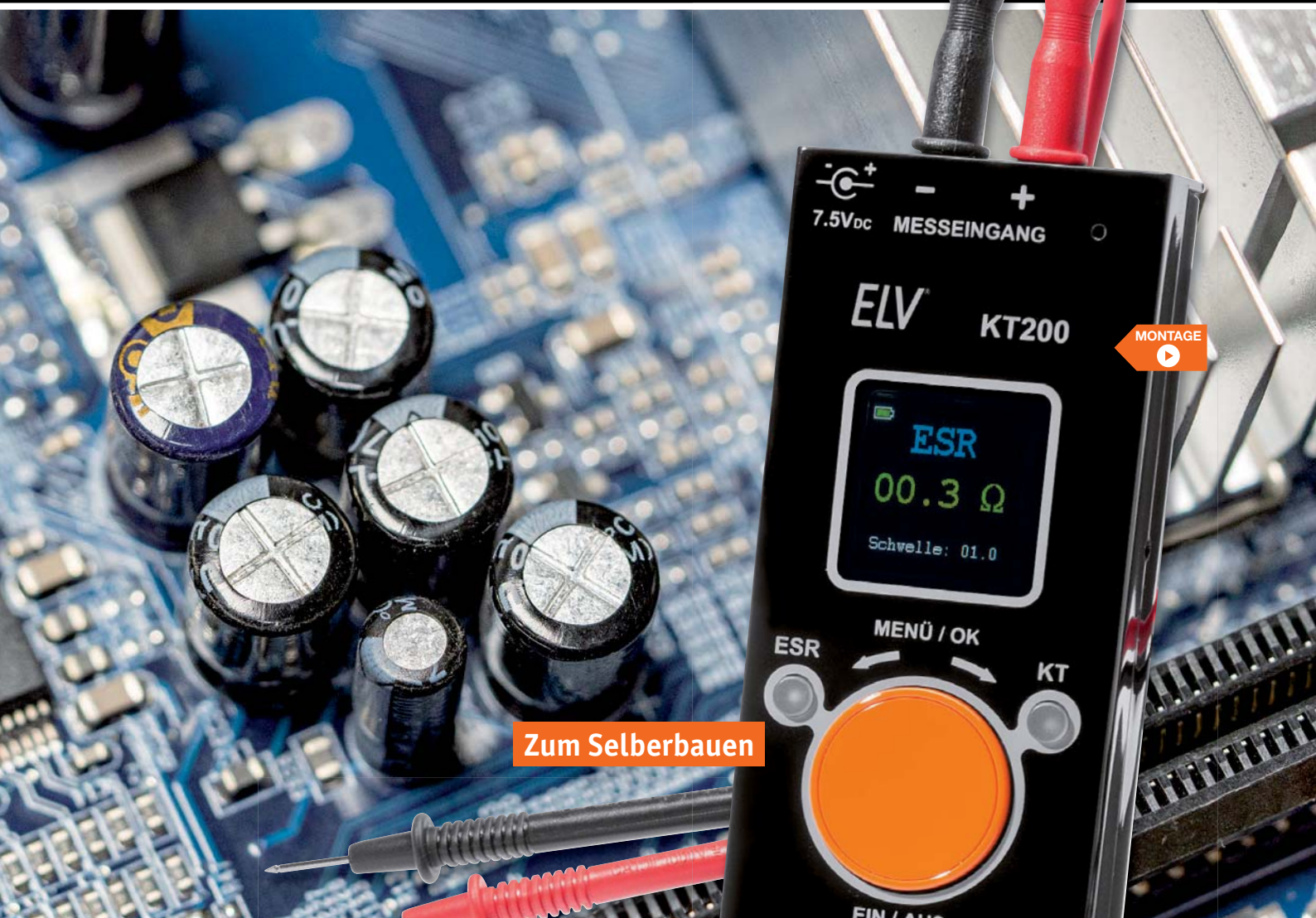
Bild 22: Blick in die Zukunft – 3D-Bildschirmtechniken mit 3D-Gestenbedienung und beliebig formbare Displays. Bilder: Continental



## Weitere Infos:

[1] Das Licht aus dem Chip – Moderne Fahrzeuglichtsysteme, ELVjournal 2/2020: Artikel-Nr. 251237

# Der Mess-Spezialist



Zum Selberbauen

Bausatz

79,95 €

Artikel-Nr. 132237

Abm. (B x H x T):  
58 x 143 x 23 mm

Bauelemente in der Schaltung testen

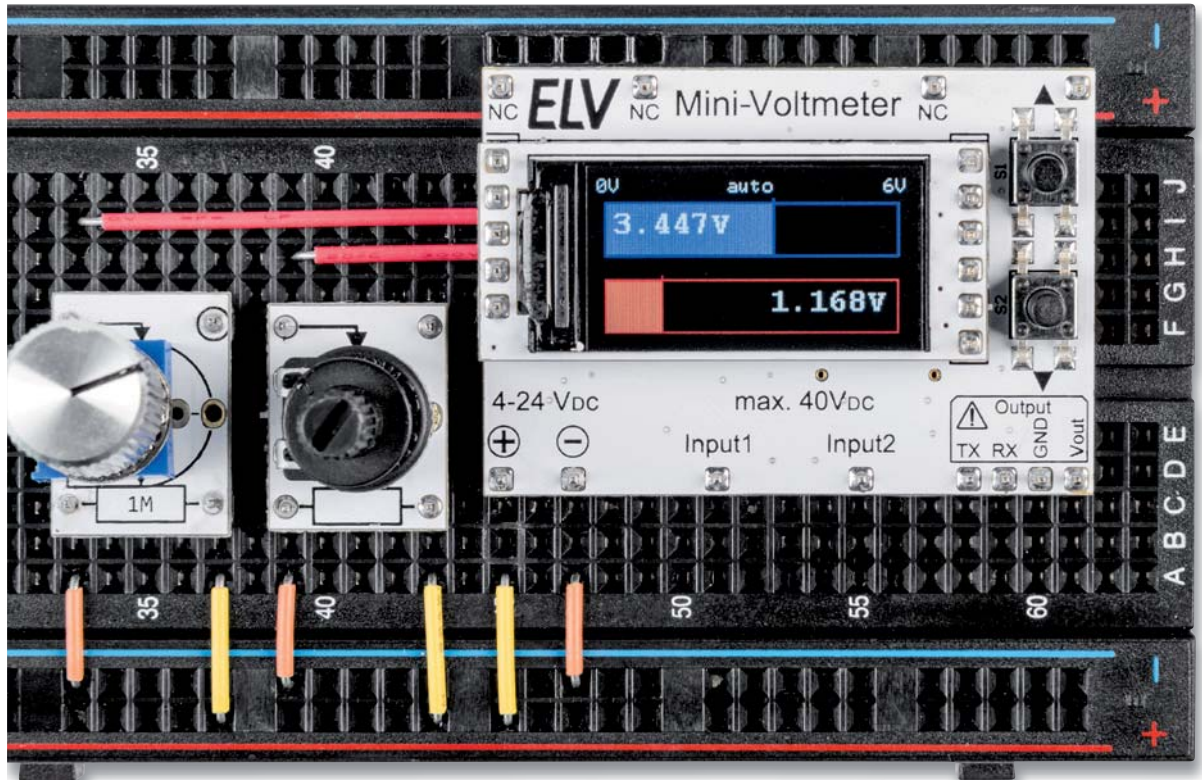
## Komponententester/ESR-Messgerät KT200

ELV

- Farbiges OLED-Display zur menügeführten Bedienung, Ergebnisausgabe und Kennliniendarstellung
- Speicherung einer parallel zur aktuellen Messung anzeigbaren Referenzkennlinie möglich
- Im ESR-Betrieb Nutzung eines akustischen Signalgebers mit einstellbarer Schaltschwelle für die schnelle Beurteilung gut/schlecht
- Zusätzlich als Durchgangsprüfer und genaues R-Messgerät bis 20 Ω nutzbar
- Akku-/Netzbetrieb möglich (3x AAA, nicht inkl. – z. B. Artikel-Nr. 107295)

Alle Infos  
zum Bausatz  
unter  
QR-Code:





# Genau, praktisch, schick

## 2-fach-Mini-Voltmeter mit TFT-Display MVM1

Klein, aber oho – das beschreibt unseren neuen Bausatz Mini-Voltmeter MVM1 auf treffende Weise. Das Modul mit den Abmessungen 40 x 30 mm kann an zwei Eingängen Spannungen bis 40 Volt messen und besitzt zur Anzeige ein hochwertiges TFT-Display mit 80 x 160 Pixeln (0,96"). Dabei können über zwei Tasten verschiedene Anzeigemodi (Digital, Analog, Bargraph, Plotter) ausgewählt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Messwerte über die UART-Schnittstelle auszulesen. Die Auflösung der Messwerterfassung liegt im Millivoltbereich, die Genauigkeit wird über eine sehr präzise Spannungsreferenz und einen 12-Bit-ADC im Mikrocontroller ermöglicht. Das Modul kann als Stand-alone oder auf einem Breadboard eingesetzt werden.

MVM1

Artikel-Nr.  
156596Bausatz-  
beschreibung  
und Preis:[www.elv.com](http://www.elv.com)

### **i** Infos zum Bausatz MVM1

**Schwierigkeitsgrad:**  
leicht**Ungefähre Bauzeit:**  
0,5 h**Besondere Werkzeuge:**  
Lötstation, Elektroniker-  
seitenschneider**Löterfahrung:**  
ja**Programmierkenntnisse:**  
nein**Elektrische Fachkraft:**  
nein

### Breadboard oder Stand-alone

Fast jeder kennt es – man hat eine Schaltung auf dem Breadboard aufgebaut und möchte die Spannung der Schaltung kontrollieren und anzeigen lassen. Natürlich kann man dazu auch ein Multimeter benutzen, doch die Anwendung in Experimentierschaltungen ist dabei eher umständlich. Will man zudem zwei Spannungen gleichzeitig an verschiedenen Stellen im Aufbau kontrollieren oder sogar addieren bzw. subtrahieren, wird dieser Vorgang mit dem Multimeter zur nervenaufreibenden Fummelei.

Nicht nur auf dem Breadboard bietet sich unser neuer Bausatz Mini-Voltmeter MVM1 zur Nutzung an. Er kann auch als Stand-alone genutzt werden, ist mit seinen Abmessungen von 40 x 30 mm flexibel einsetzbar und nimmt in der Elektronik-Werkzeugkiste nur wenig Platz ein. Ein Feature, das meist nur teureren Multimetern vorbehalten ist, ist die Ausgabe der Messdaten über den UART des Mikrocontrollers (s. Abschnitt UART-Schnittstelle).

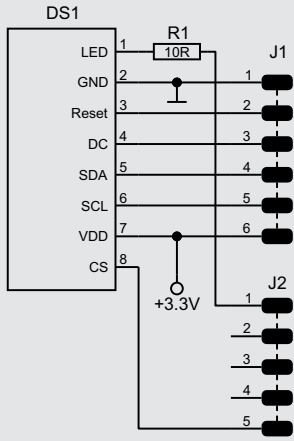
### Schicke Anzeige

Für die Anzeige haben wir ein hochwertiges TFT-Display mit 80 x 160 Pixel (0,96") gewählt. Wir haben uns für diese Technologie entschieden, da die Lebenserwartung gegenüber OLED-Displays höher und die Auflösung

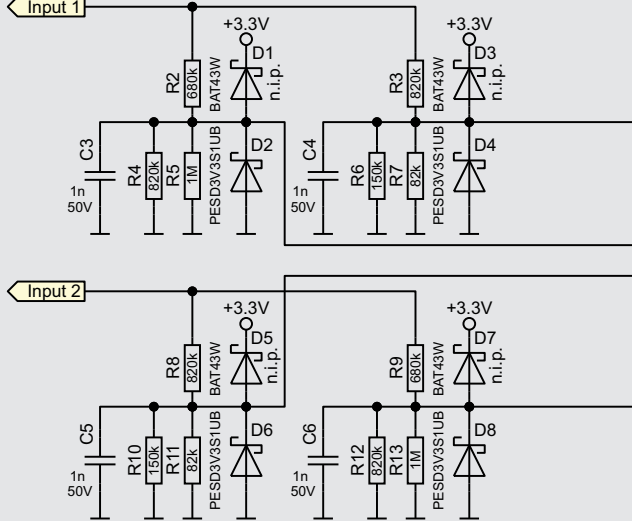


Mikrocontroller

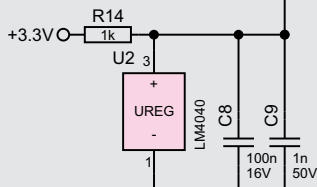
TFT-Display



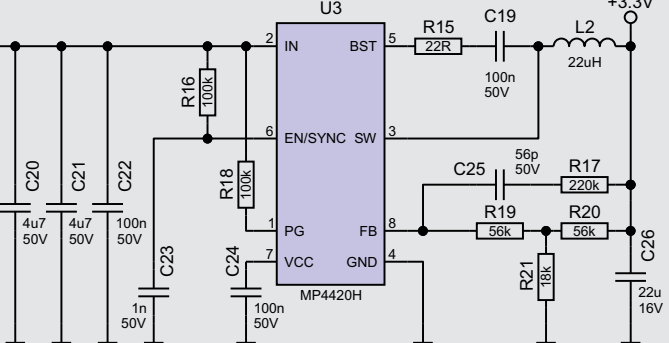
Messaufbereitung



Referenzspannung



Spannungswandler

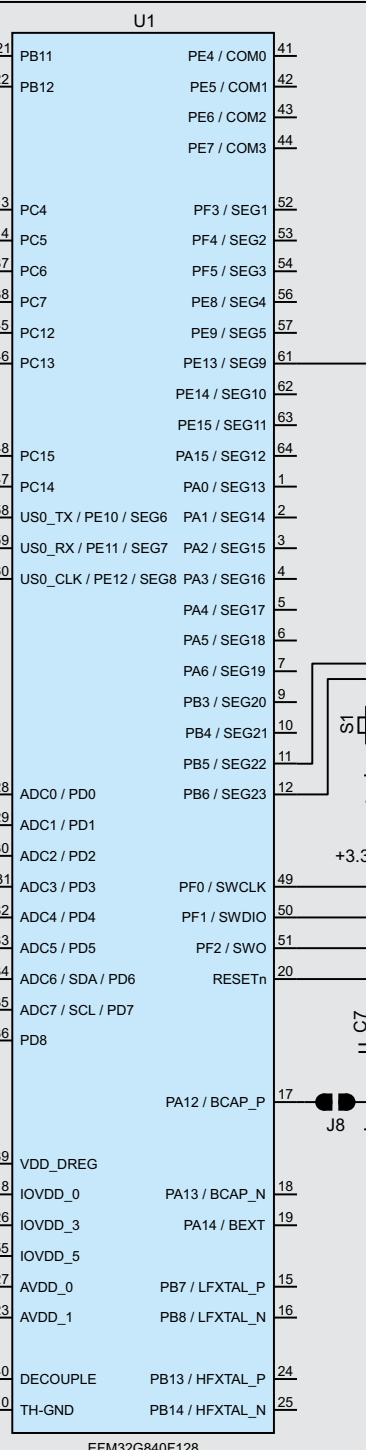
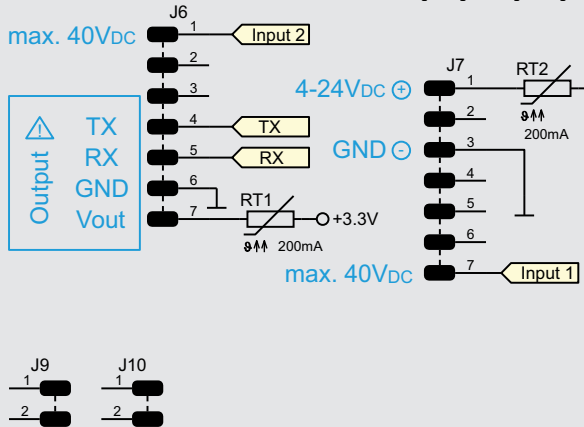


max. 40Vbc

4-24Vbc ⊕

GND ⊖

max. 40Vbc



Tasten

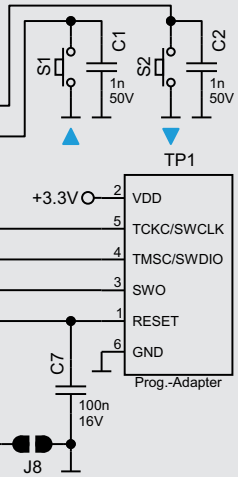


Bild 1: Schaltbild des Mini-Voltmeters mit Display





etwas besser ist. Der etwas höhere Strombedarf sollte bei einer dauerversorgten Schaltung nicht ins Gewicht fallen.

Auf dem TFT-Display können verschiedene Anzeigemodi (Digital, Analog, Bargraph, Plotter) dargestellt werden (s. Abschnitt Bedienung). Wenn man das TFT-Display gesockelt einsetzt, kann man es auch in anderen Schaltungen auf dem Breadboard separat benutzen.

## Messung und Versorgung

Die Spannungsmessung von 0–40 V findet in zwei Bereichen statt: 0–6 V und 0–40 V. Die Auflösung liegt im Millivoltbereich, dabei wird die Genauigkeit durch die 12-Bit-ADC-Wandler des Mikrocontrollers hergestellt. Per Oversampling [1] wird die Auflösung auf 16 Bit hochgerechnet. Die Bereiche können sowohl per Autorange aktiviert oder manuell angewählt werden. Die Spannungen werden in unterschiedlichen Farben dargestellt.

## Schaltung

Die verschiedenen Baugruppen des Mini-Voltmeters sind im Schaltbild (Bild 1) dargestellt.

### Spannungseingang

Die Eingangsspannung von 4–24 V wird der Schaltung über J7 zugeführt. Dabei spricht als Schutz für die Schaltung die reversible Sicherung, bestehend aus dem PTC RT2, bei einem Strom von mehr als 200 mA an. Der P-Channel-MOSFET Q1 schützt vor einer Verpolung am Eingang J7.

### Spannungswandler

Am Step-down-Schaltregler U3 dienen C20–C22 sowie C26 der Spannungsstabilisierung und Filterung an den Ein- und Ausgängen.

Für die bestimmungsgemäße Funktion wird U3 mit der Speicherdrossel L2, den Widerständen R15–R21 sowie den Kondensatoren C19 und C23–C25 beschaltet. Über den Spannungsteiler aus R20 und R21 wird die Ausgangsspannung auf 3,3 V eingestellt.

### Referenzspannung

U2 fungiert als Spannungsreferenz mit 2,5 V für den Analog-Digital-Wandler (ADC) des Mikrocontrollers, C8 und C9 dienen dabei zur Stabilisierung bzw. Filterung. Der

Chip-Ferrit L1 mit den Kondensatoren C10–C12 filtert die Versorgungsspannung für den AD-Wandler.

### TFT-Display

Das TFT-Display DS1 wird über den SPI-Bus vom Mikrocontroller U1 angesteuert.

### Tasten

Die Bedienung des Mini-Voltmeters erfolgt über die beiden Tasten S1 und S2. Die Kondensatoren C1 und C2 dienen hier als Filter für Störspitzen, eine Entprellung der Tasten wird in der Firmware umgesetzt.

### Messaufbereitung

Als Messkanäle dienen die beiden Eingänge Input 1 und Input 2, die an J6 und J7 herausgeführt sind. Um eine möglichst hohe Auflösung zu erreichen, wird die Eingangsspannung in zwei unterschiedlichen Messbereichen ausgewertet. Zusätzlich wird die 12-Bit-Auflösung des Analog-Digital-Wandlers (ADC) durch Oversampling auf bis zu 16 Bit hochgerechnet.

Die Spannungsteiler mit R2, R4–R5 bzw. R9, R12–R13 bilden den 6-V-Messbereich, dabei wird die Messspannung auf max. 2,5 V heruntergeteilt, um im Messbereich des AD-Wandlers zu bleiben. C3 und C6 dienen als Stabilisierung, D2 und D8 fungieren als Überspannungsschutz der Controllereingänge. Über die Spannungsteiler R3, R6–R7 bzw. R8, R10–R11 wird der 40-V-Messbereich realisiert.

### UART

Die serielle Schnittstelle des Mikrocontrollers U1 (RX, TX) dient zur Ausgabe von Daten, die z. B. per Terminalprogramm ausgewertet werden können (s. UART-Schnittstelle). Die Daten werden über J6 ausgegeben.

## Lieferumfang

Dank der schon vorbestückten SMD-Bauteile ist der Aufwand für den Zusammenbau relativ gering. Wie aus dem Lieferumfang (Bild 2) schon ersichtlich, müssen neben dem Display nur noch die Stiftleisten bestückt werden.

Die Platinenfotos und die Bestückungspläne in Bild 3 zeigen die fertig aufgebauten Platinen.

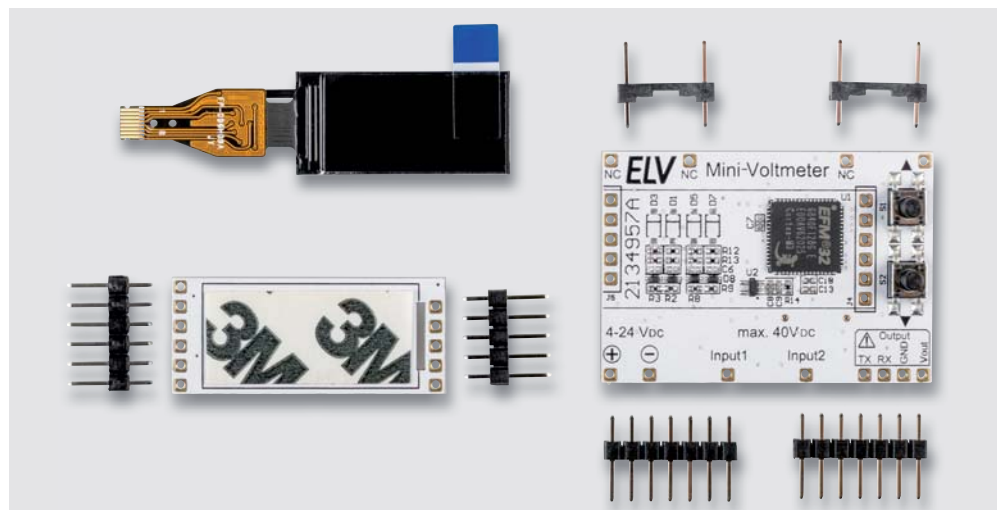


Bild 2: Lieferumfang des Mini-Voltmeters

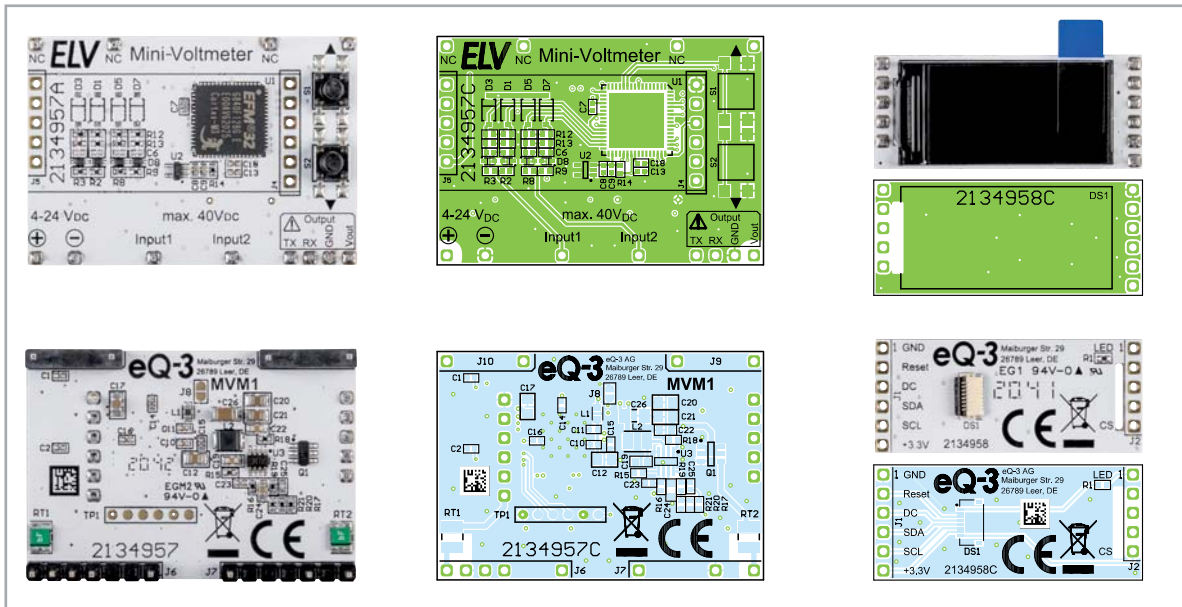
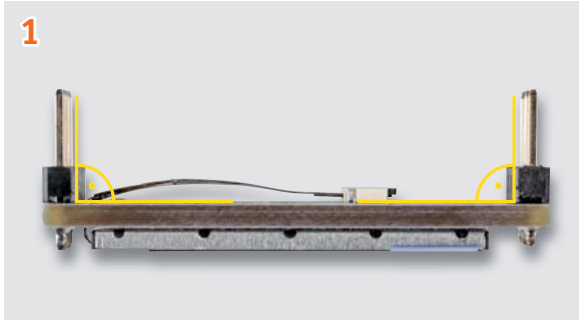


Bild 3: Die Platinenfotos der bestückten MVM1-Platine und der separaten Display-Platine sowie die entsprechenden Bestückungsdrucke

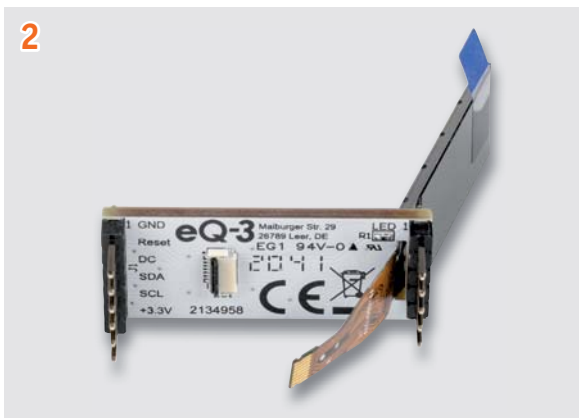
## Nachbau

1



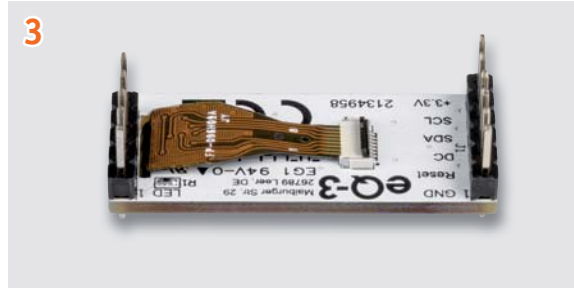
Als Erstes werden die Stiftleisten von der Unterseite bestückt und auf der Oberseite angelötet. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Pins gerade ausgerichtet sind.

2



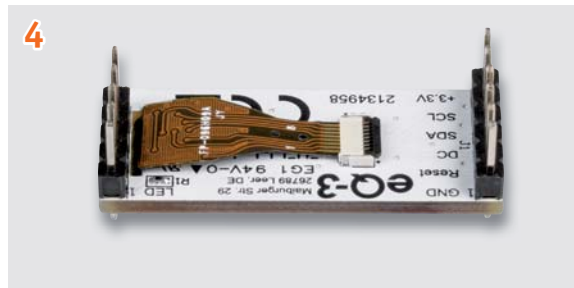
Danach wird das Kabel des Displays durch den Schlitz in der Platine geführt.

3



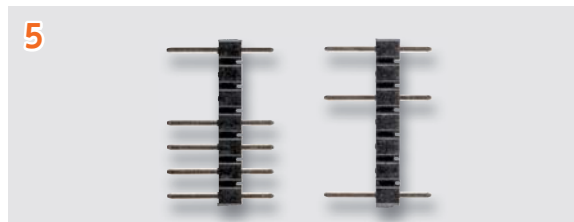
Dann muss der Hebel des Steckverbinders DS1 nach oben geklappt werden.

4



Anschließend wird das Kabel in den Steckverbinder geführt und der Hebel zum Fixieren nach unten geklappt. Das Display wird mittels des bereits auf der Platine aufgebrachtten doppelseitigen Klebbands fixiert.

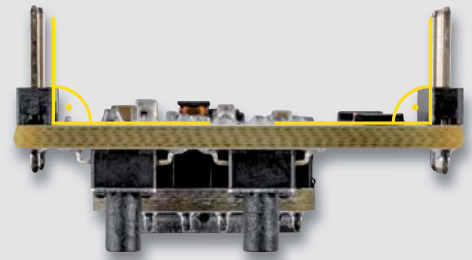
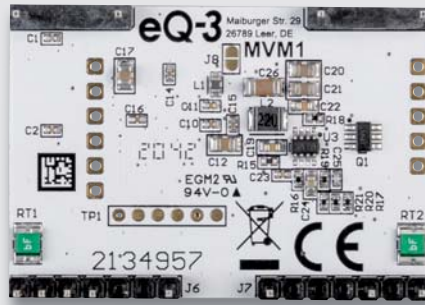
5



Bei den 7-poligen Stiftleisten werden die nicht benötigten Pins mit einer Zange herausgezogen und entfernt.



6



Dann werden die Stiftleisten in J6–J9 auf der Basisplatine bestückt, dabei muss auf die Ausrichtung geachtet werden.

#### Widerstände:

22 $\Omega$ /SMD/0402	R15
1 k $\Omega$ /SMD/0402	R14
18 k $\Omega$ /SMD/0402	R21
56 k $\Omega$ /SMD/0402	R19, R20
82 k $\Omega$ /SMD/0402	R7, R11
100 k $\Omega$ /SMD/0402	R16, R18
150 k $\Omega$ /SMD/0402	R6, R10
220 k $\Omega$ /SMD/0402	R17
680 k $\Omega$ /SMD/0402	R2, R9
820 k $\Omega$ /SMD/0402	R3, R4, R8, R12
1 M $\Omega$ /SMD/0402	R5, R13
PTC/0,2 A/30 V/SMD/1210	RT1, RT2

#### Kondensatoren:

56 pF/50 V/SMD/0402	C25
1 nF/50 V/SMD/0402	C3–C6, C9, C23
10 nF/50 V/SMD/0402	C10, C11
100 nF/16 V/SMD/0402	C7, C8, C13–C16
100 nF/50 V/SMD/0603	C19, C22, C24
1 $\mu$ F/16 V/SMD/0402	C18
4,7 $\mu$ F/50 V/SMD/0805	C20, C21
10 $\mu$ F/16 V/SMD/0805	C12, C17
22 $\mu$ F/16 V/SMD/1206	C26

#### Halbleiter:

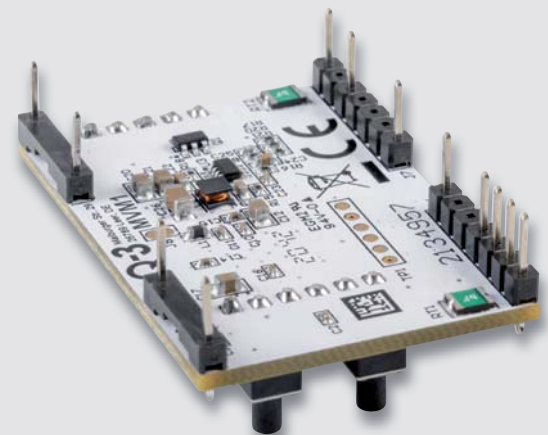
ELV211743/SMD	U1
LM4040BIM7-2.5/NOPB/ SC-70	U2
MP4420H/SMD	U3
$\mu$ PA1918TE/SMD	Q1
PESD3V3S1UB/SMD	D2, D4, D6, D8

#### Sonstiges:

Chip-Ferrit, 600 $\Omega$ bei 100 MHz, 0603	L1
Speicherdrossel, SMD, 22 $\mu$ H/450 mA	L2
Taster, 1x ein, 4,1-mm-Tastknopflänge,	
1x ein, SMD, Höhe 7 mm	S1, S2
Stiftleisten, 1x 7-polig, gerade	J6, J7
Stiftleisten, 1x 2-polig, gerade	J9, J10

Stückliste Basis-Einheit

7



Schließlich wird die Display-Platine auf die Basisplatine gesteckt. Auf der Unterseite werden die Pins zunächst verlötet und dann auf ca. 1 mm gekürzt.

#### Widerstände:

10 $\Omega$ /SMD/0402	R1
-----------------------	----

#### Sonstiges:

TFT-Display-Modul, 80 x 160 Pixel, RGB mit FFC/FPC-Verbinder, 8-polig	DS1
Stiftleiste, 1x 6-polig, gerade, THT	J1
Stiftleiste, 1x 5-polig, gerade	J2
Klebeband, doppelseitig, 12 x 0,1 mm, transparent	

Stückliste Display-Einheit



## Bedienung

Das Mini-Voltmeter hat insgesamt vier verschiedene Anzeigemodi:

### Digital



### Bargraph



### Analog



### Plotter



Die Anzeigemodi lassen sich über die beiden Tasten ▲▼ auswählen.

## Addition/Subtraktion der Spannungen

Die Addition/Subtraktion der anliegenden Spannung erfolgt durch einen langen Tastendruck (▲ > 2 s).

Damit wird die Addition/Subtraktion aktiviert (Bild 4).



Bild 4: Anzeige von Addition (oben) und von Subtraktion (unten) der Spannungen

Dabei gibt es folgende Modi:

- Keine Berechnung
- ADD 1+2
- SUB 1-2
- SUB 2-1

Bei Addition wird der Messwert in Cyan, bei Subtraktion in Orange und im Normalmodus an Input 1 in Blau und an Input 2 in Rot angezeigt.

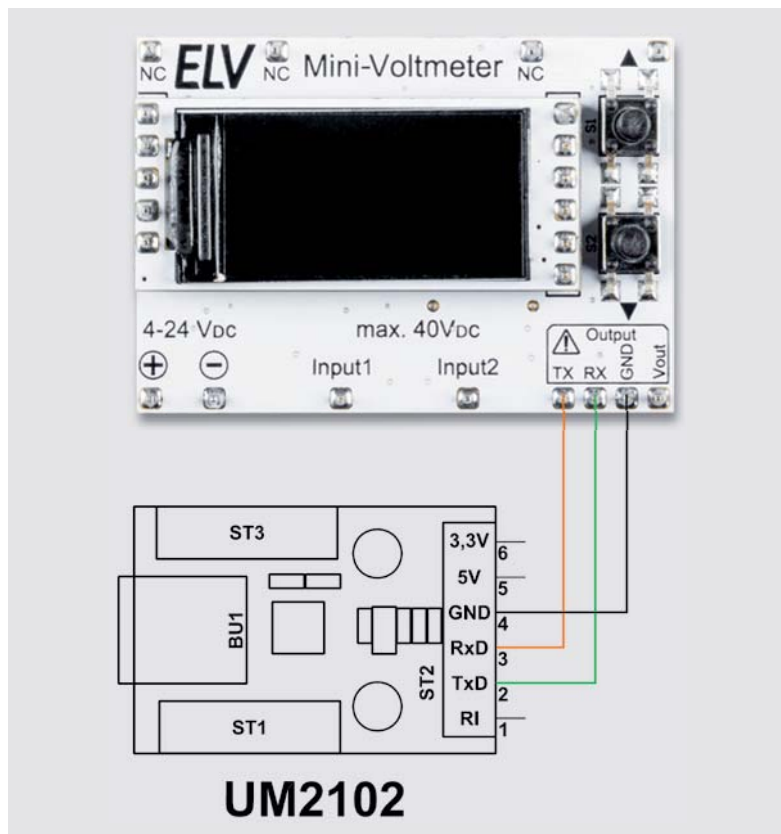


Bild 5: Verbindungsschema MVM1 und USB-UART-Wandler

Bei den berechneten Werten wird jeweils nur das Ergebnis angezeigt, wobei der Messbereich dann vergrößert bzw. um den negativen Anteil -6 V bis 6 V und -40 V bis 40 V (siehe Bild 4) erweitert wird.

## Umstellen des Messbereichs

Die Umstellung des Messbereichs kann durch einen langen Tastendruck der Down-Taste (▼ > 2 s) aktiviert und eingestellt werden. Dabei gibt es folgende Modi: Auto / 6 V fest / 40 V fest

Im Modus Autorange wird der Messwertebereich bei Überschreiten der Messwerte von 6 V automatisch auf den 40-V-Bereich umgeschaltet.

Der Messbereich lässt sich aber auch fest auf 6 V oder auf 40 V einstellen, sodass keine automatische Umschaltung erfolgt. Im 6-V-Messbereich werden Messwerte größer 6 V nicht mehr korrekt dargestellt.

## UART-Schnittstelle

Die Verbindung zwischen MVM1 und USB-UART-Wandler [3] ist so auszuführen, dass TX vom USB-UART-Wandler mit RX vom MVM1 und TX vom MVM1 mit RX vom USB-UART-Wandler verbunden werden – siehe Beispiel mit UM2102 (Bild 5).

UART-Einstellungen:

115200 Baud / 8 Datenbits / 1 Stopbit / Keine Parität

Über die serielle Schnittstelle werden die Messwerte als einfache ASCII-Zeichenfolge übertragen. Die Daten werden durch ein Leerzeichen getrennt gesendet, so lassen sie sich mit einfachen Mitteln wie dem Terminalprogramm HTerm (Bild 6, [2]) oder dem Arduino Serial Plotter, der in der Arduino IDE integriert ist, aufzeichnen (Bild 7).

## Abgleich

Es lässt sich ein Abgleich zur Erhöhung der Genauigkeit durchführen. Für den Abgleich wird eine möglichst präzise Spannung mit 5 Vdc für die beiden Eingänge benötigt.

Der Abgleich wird durch langen Tastendruck beider Tasten gleichzeitig (▲ und ▼ > 2 s) aufgerufen. Auf dem Display erscheinen Anweisungen zur Durchführung des Abgleichs.



Bild 6: Darstellung der Werte im Terminalprogramm HTerm

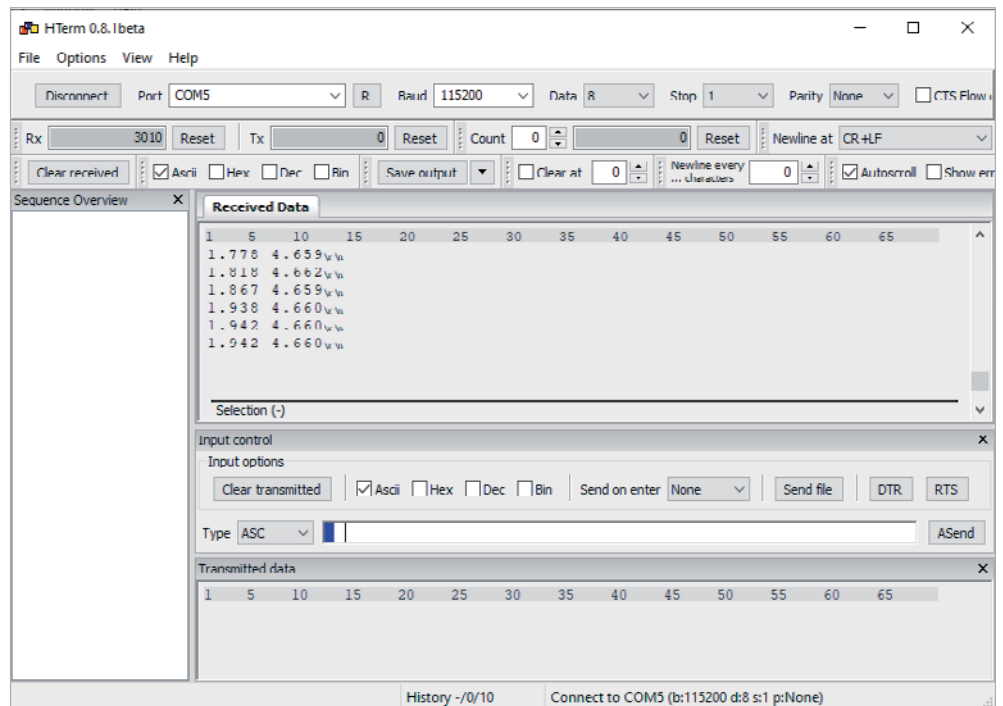
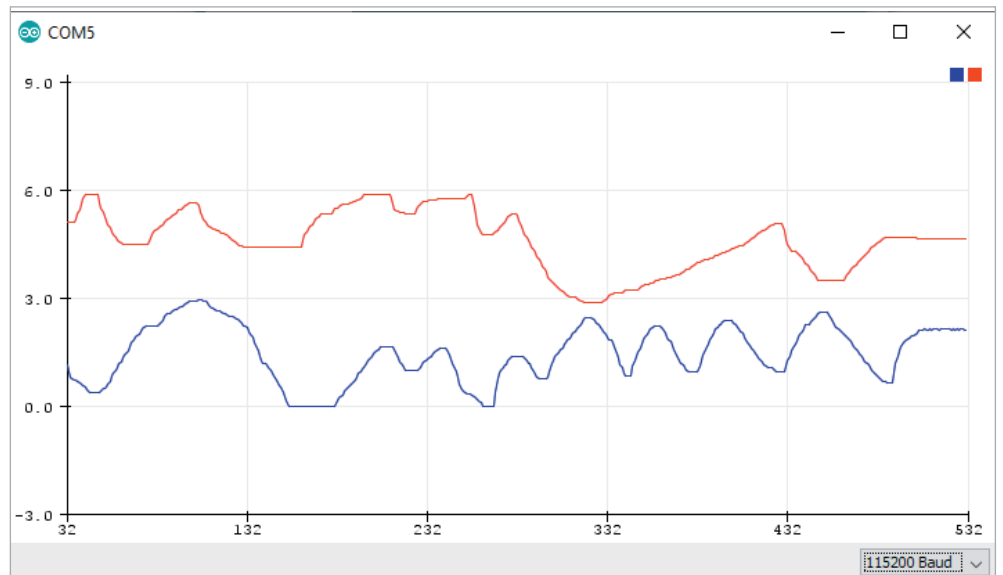


Bild 7: Darstellung der Werte im Serial Plotter der Arduino IDE



Als erster Schritt müssen beide Eingänge mit GND verbunden werden. Dies lässt sich über kurzen Druck einer der beiden Tasten ▲ oder ▼ bestätigen.

Danach muss eine präzise Spannung mit 5 V<sub>dc</sub> auf die beiden Eingänge gelegt werden. Dies lässt sich ebenfalls über kurzen Druck einer der beiden Tasten ▲ oder ▼ bestätigen.

Damit ist der Abgleich auch schon abgeschlossen, und das Mini-Voltmeter sollte die Spannungen nun genau messen.

## Werkseinstellungen

Die Werkseinstellungen lassen sich aufrufen, während sich das Gerät im Abgleichmodus befindet.

Langer Tastendruck beider Tasten gleichzeitig (▲ und ▼ > 2 s), um den Abgleichmodus zu starten.

Erneut langer Tastendruck beider Tasten gleichzeitig (▲ und ▼ > 2 s), um die Werkseinstellungen anzurufen.

Zum Abbrechen eine der beiden Tasten kurz betätigen.

Zum Bestätigen eine der beiden Tasten lange gedrückt halten (▲ und ▼ > 2 s), danach startet das Gerät mit den Werkseinstellungen neu. **ELV**

Geräte-Kurzbezeichnung:	MVM1
Spannungsversorgung:	4–24 V <sub>dc</sub>
Stromaufnahme:	20 mA max.
Eingangsspannung je Messkanal:	40 V <sub>dc</sub> max.
Autorange:	6/40 V
Leitungslängen:	3 m max.
Abm. (B x H x T):	40,3 x 30,3 x 17 mm
Gewicht:	12 g



## Weitere Infos:

- [1] Oversampling – <https://de.wikipedia.org/wiki/Überabtastung>
  - [2] Terminalprogramm HTerm: <https://www.der-hammer.info/pages/terminal.html>
  - [3] ELV Bausatz USB-Modul UM2102N: Artikel-Nr. 150952
- Alle Links finden Sie auch online unter: [de.elv.com/elvjournals-links](https://de.elv.com/elvjournals-links)

# Zeit



Bausatz (ohne Gehäuse)

**49,95 €**

Artikel-Nr. 154778

Abm. (B x H x T) ohne Gehäuse: 206 x 125 x 18 mm,  
mit Gehäuse: 206 x 136 x 80 mm

## Zeigt die Uhrzeit anhand der Fibonacci-Folge an **Design-Uhr Fibonacci Clock FC1**

- RGB-Uhr (10 RGB-LEDs) mit Darstellung der ersten 5 Ziffern der Fibonacci-Zahlenfolge
- RTC für hochgenaue Uhrzeitausgabe
- Integrierter Umgebungslichtsensor für automatische Helligkeitsnachführung
- Bei USB-PC-Verbindung sind Steuerbefehle über ein Terminal an die Uhr ausgabbar
- Gehäuse optional im ELVshop erhältlich (Artikel-Nr. 155279)

**ELV**

Alle Infos  
zum Bausatz  
unter  
QR-Code:



# zum Löten

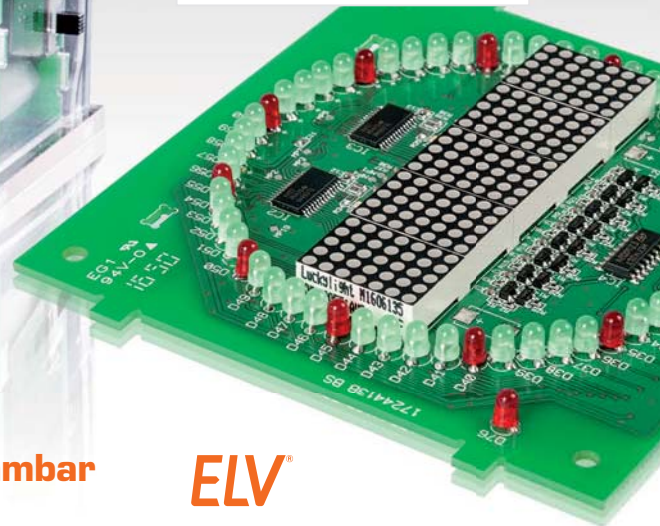


Abm. mit Gehäuse (B x H x T):  
106 x 110 x 58 mm,  
Gewicht (mit Gehäuse): 128 g (264 g)

Bausatz (ohne Gehäuse)

59,95 €

Artikel-Nr. 150261



## Anzeige automatisch nach Raumhelligkeit dimmbar Kreis-LED-Wecker K LW1

ELV®

- Grundhelligkeit dimmbar in 256 Stufen, dynamische Regulierung durch OPT3001-Lichtsensor
- Anzeige des Datums, der Temperatur und des DCF-Status
- Aufrüstoption für DCF77-Funkempfänger (Angebot im ELVshop)
- Quarzuhr mit batteriegepuffertes Echtzeituhr zur Stromausfallüberbrückung
- Gehäuse optional im ELVshop erhältlich (Artikel-Nr. 151395)

Alle Infos  
zum Bausatz  
unter  
QR-Code:





# Low Power – Long Range

## Die Technologie hinter LoRa und LoRaWAN

Das Internet der Dinge (engl. Internet of Things, IoT) besteht aus Objekten in drahtgebundenen und drahtlosen Netzwerken, die eingebettete Technologien zur Kommunikation nutzen. Zu den bekannten Funktechniken gehören Wi-Fi und Bluetooth. Sie werden mittlerweile fast überall in unseren Smartphones, Tablets, Fernsehern, Internetradios, Küchenmaschinen, Smartwatches und Sportgeräten verwendet. In diesem Beitrag stellen wir mit LoRa bzw. LoRaWAN eine sehr stromsparende Funk-Technologie vor, die bei niedrigem Datendurchsatz sehr stromsparend Daten über weite Strecken übermitteln kann.

The screenshot shows a web interface for managing LoRaWAN data. At the top, there are navigation tabs: Overview, Devices, Payload Formats, Integrations, Data (selected), and Settings. Below the tabs is the 'APPLICATION DATA' section, which includes a 'pause' button and a 'clear' button. A 'Filters' section contains buttons for 'uplink', 'downlink', 'activation', 'ack', and 'error'. The main content is a table with columns for 'time', 'counter', 'port', 'dev id', and 'payload'. The table shows several data points, with the most recent one at 16:57:58. Below the table, there is a detailed view of an 'Uplink' payload. The 'Payload' field shows the hexadecimal string '00 27 10 12 01 f4 f4 3e 09 00 85 83 a6 00 08'. The 'Fields' section is empty, and the 'Metadata' section shows a JSON object with the following structure:

```
{
  "time": "2021-03-27T15:57:48.125178047Z",
  "frequency": 868.1,
  "modulation": "LORA",
  "data_rate": "SF8BW125",
  "coding_rate": "4/5",
  "gateways": [
    {
      "gtw_id": "eui-80001001000001",
      "timestamp": 721137516,
      "time": "2021-03-27T15:57:48.022732973Z",
      "channel": 0,
      "rssi": -75,
      "snr": 11.75
    }
  ]
}
```

The 'Estimated Airtime' is 92.672 ms. Below the metadata, there is another table with columns for 'time', 'counter', 'port', 'dev id', and 'payload'. The table shows several data points, with the most recent one at 16:57:38. An inset diagram titled 'LoRa CSS modulation' shows a graph of frequency  $f(\text{Hz})$  versus Time (sec). The graph illustrates the Chirp Spread Spectrum (CSS) modulation, where the frequency increases linearly over time. The diagram shows several chirps, each represented by a colored line (blue, green, yellow, red) corresponding to different spreading factors (SF7, SF8, SF9, SF10, SF11). The chirps are shown as a series of parallel lines, indicating that the frequency change is consistent across different spreading factors.





## Endgeräte und Netze

Viele der zuvor erwähnten Geräte oder Gegenstände des täglichen Gebrauchs werden mit Wi-Fi und Bluetooth untereinander oder mit der Cloud verbunden. Die Verbindung vom Gerät zum Zugriffspunkt erfolgt sternförmig. „Vermaschte“ Funknetze („Mesh“-Netze) finden wir bei ZigBee, Thread, Z-Wave, Neocortec und vielen weiteren Funkprotokollen (Bild 1). Selbst bei Bluetooth und Wi-Fi gibt es inzwischen Ansätze für ein einfaches Meshnet.

Der Nachteil der genannten Protokolle liegt in der geringen lokalen Reichweite. Daher werden diese Funktechniken WLAN (Wireless Local Area Network) oder PAN (Private Area Network) genannt. Für größere Strecken benötigen wir Weitbereichsnetzwerke (engl. Wide Area Networks, WAN). Zu diesen gehören GSM, UMTS und LTE. Des Weiteren zählen sogenannte Niedrigenergie-Weitbereichs-Netzwerke (engl. Low Power Wide Area Network, LPWAN) dazu. LPWANs sollen große Reichweiten mit geringem Energieverbrauch überbrücken. Im ELVjournal 1/2021 haben wir uns bereits die Grundlagen verschiedener LPWANs in einer Übersicht angeschaut [1].

## Netzwerke und Frequenzen

Diese Funknetzwerke mit hohem Radius finden wir im lizenzierten (NB-IoT und LTE-M) und im unlizenzierten Frequenzbereich (LoRaWAN). Die nächste Unterteilung erfolgt in öffentliche und nichtöffentliche Netze (Bild 2). LoRaWAN kann als öffentliches oder privates Funknetz betrieben werden. Das Augenmerk in diesem Artikel liegt auf dem privaten LoRaWAN, weil wir damit preiswert ein eigenes Netz errichten können.

Öffentliches LoRaWAN hatte laut Abi Research im Jahr 2020 ca. 25 Millionen Teilnehmer. Bis 2026 soll es auf ca. 400 Millionen ansteigen. Das führt dazu, dass immer mehr Hersteller LoRaWAN-Gateways produzieren. Neue Produzenten für Gateways versuchen, den Markt über den Preis zu erobern. Renommiertere Firmen wiederum reagieren mit Preissenkungen. Im Bereich der privaten LPWANs wird LoRaWAN damit zur erfolgreichsten Technologie.

Die wichtigsten Charakteristika eines LPWAN sind:

- Große Reichweite der Kommunikation
- Niedriger Energieverbrauch
- Geringe Datenrate
- Geringe Kosten für die Geräte und Benutzung
- Vereinfachte Topologie des Netzwerks
- Großflächige Abdeckung
- Skalierbarkeit des Netzwerks und Kapazitätserweiterung

### Über den Autor

**Harald Naumann** ist im nordhessischen Kirchheim geboren und hat in Offenbach die Ausbildung zum staatlich geprüften Techniker mit dem Schwerpunkt Informationselektronik abgeschlossen. Seit über 25 Jahren ist er in der Funktechnik tätig. Er war Mitglied in vielen Teams zur Entwicklung von Funk-Produkten, die heute unter dem Begriff „Wireless-IoT“ zusammengefasst werden. 2014 hat Harald Naumann mit dem „IoT/M2M Cookbook“ sein erstes Buch im Eigenverlag veröffentlicht. Er schreibt regelmäßig Fachartikel und Studien. Das neue LPWAN Cookbook ist in Arbeit und erklärt, wie man ein Gerät mit LPWAN (NB-IoT, LTE-M, LoRaWAN) entwickelt und sein eigenes LPWAN auf Basis von LoRaWAN plant, simuliert und errichtet.

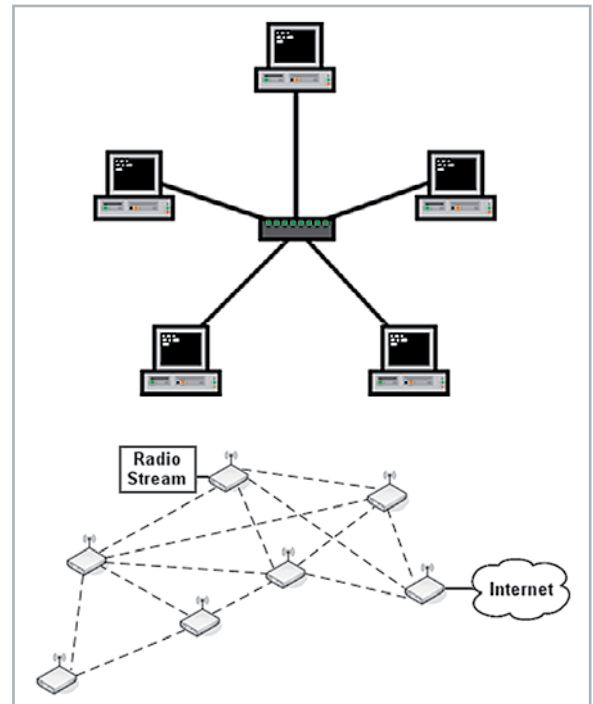
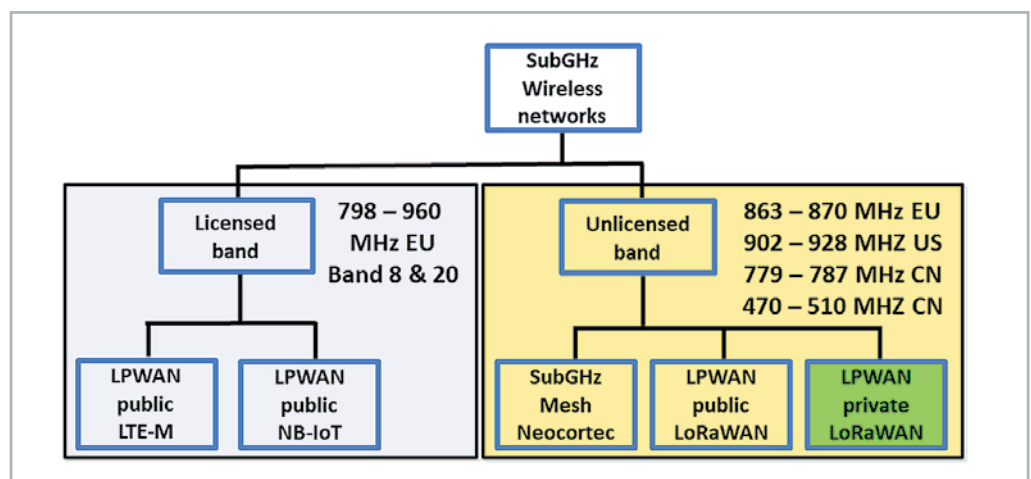


Bild 1: Sternförmige und Mesh-Netze

## LoRa vs. LoRaWAN

Wenn wir von „LoRa“ sprechen, ist oft nicht der physikalische Layer mit Namen LoRa gemeint, sondern das „LoRaWAN“-Protokoll. LoRa ist ein Kunstwort aus den beiden englischen Wörtern „Long“ und „Range“. Es wurde von Semtech als Marke registriert und steht somit symbolisch für „Große Reichweite“. LoRaWAN steht für „Long Range Wide Area Network“ und ist

Bild 2: Verwendete Funkbänder von NB-IoT, LTE-M und LoRaWAN.  
Quelle: Harald Naumann



eine bekannte, weit verbreitete LPWA-Technologie. Es ist eine preiswerte, alternative Kommunikationstechnik, die es Geräten ermöglicht, zu kommunizieren und Daten über große Strecken zu übertragen. Es wurde für die Technologie hinter LoRa und LoRaWAN von Geräten mit geringem Stromverbrauch konzipiert. LoRaWAN [2] ist nicht das einzige Protokoll auf der physikalischen Schicht (engl. Physical Layer, PHY) LoRa. Andere Beispiele auf Basis von LoRa sind zum Beispiel Symphony Link von Linklabs [3] oder das simple Peer-to-Peer-Protokoll von Acsip [4].

LoRa-Geräte finden wir zum Beispiel im IoT und in Smart Devices. In diesem Artikel bringen wir ein wenig Licht in das Dunkel der Begriffe, klären Gerüchte auf und erklären LPWAN mit LoRaWAN etwas detaillierter.

## Frequenzen

Das Funkprotokoll arbeitet auf den Schichten des OSI-Modells. Die Schichten und das benutzte Frequenzspektrum betrachten wir nun schrittweise etwas näher. LoRa nutzt weltweit lizenzfreie Frequenzen unterhalb 1 GHz (SubGHz genannt). In Europa ist der Bereich bei 868 MHz, in den USA bei 902 MHz und in China bei 779 MHz zu finden. In Europa ist die maximale Sendeleistung am Funkknoten 14 dBm, in den USA 26 dBm und in China 10 dBm. In der EU gibt es einen Duty-Cycle [5] von 0,1 %, 1 % und 10 % (360 ms bis 360 s maximale Sendezeit pro Stunde). In den USA gibt es keinen Duty-Cycle – im Gegenzug darf man den Kanal nur mit 400 ms belegen und muss über 15 Kanäle springen. Das europäische und das amerikanische Verfahren verfolgen das gleiche Ziel. Das lizenzfreie Frequenzspektrum soll von den Funkteilnehmern

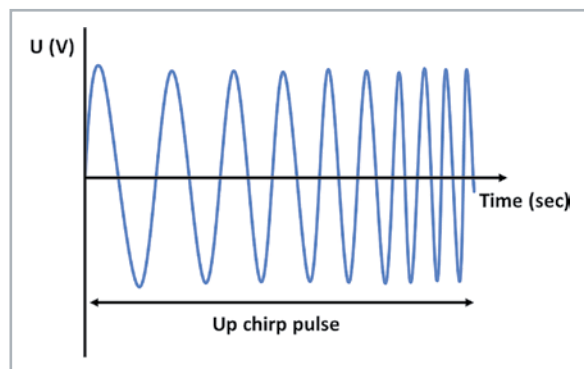


Bild 3: Up-Chirp – Impuls mit ansteigender Frequenz.  
Quelle: Harald Naumann

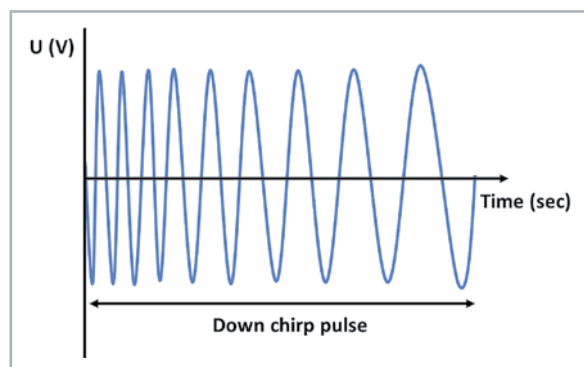


Bild 4: Down-Chirp – Impuls mit fallender Frequenz.  
Quelle: Harald Naumann

nicht konstant belegt werden. In diesem Artikel liegt der Fokus auf der europäischen Version von LoRaWAN.

## Meilensteine CSS, LoRa und LoRaWAN

Nachdem die Fledermäuse vor 52,5 Millionen Jahren das Fliegen erlernt haben, hat ihnen die Evolution 5,5 Millionen Jahre später die Innenohrschnecken zur Echoortung [6] beschert. Diese Besonderheit besitzen die fliegenden Säugetiere im Jahr 2021 weiterhin und im Entwicklungsverlauf wurde sie sogar verbessert. Die Tiere senden dabei einen emporsteigenden Ton aus und empfangen die Reflexion.

Diese Art der Ortung aus der Urzeit nutzte der deutsche Ingenieur Erich Hüttmann im Jahr 1940 in seiner Patentschrift. Seine Modulation hatte einen ansteigenden Frequenzpuls, um damit die Reichweite seines Radars zu vergrößern, ohne die Sendeleistung zu erhöhen. An der gleichen Stelle setzt das Patent der Firma Cycleo aus Frankreich an. Die Sendeleistung ist in Europa bei 868 MHz auf 14 dBm begrenzt. Den Wirkungsbereich mit mehr Leistung am Funkmodul zu erweitern oder die abgestrahlte Energie durch Antennengewinn zu steigern, ist nicht erlaubt. Der einzige Weg, größere Strecken zu überwinden, besteht darin, die Empfindlichkeit des Empfängers zu vergrößern. Cycleo ließ sich unter Umständen von den Fledermäusen oder Hüttmann inspirieren, um die LoRa-Modulation zu entwickeln. Nach der Übernahme durch Semtech wurde die Funktechnik verfeinert und 2013 zum Patent angemeldet.

## Meilensteine im Chirp-Spreizspektrum-Verfahren (CSS)

**1940:** Der deutsche Ingenieur Erich Hüttmann meldet ein Patent für Intrapulsmodulation mit nachfolgender Pulskompression an. Dieses wurde ihm mit Patentnummer DE768068C [7] erst 15 Jahre später zugesprochen. Die Erfindung wurde für Radaranwendungen entwickelt. Das Patent bildet die Basis für ein Chirp-Spreizspektrum-Verfahren.

**2008:** Das erste Patent zur Basis von LoRa wird von der französischen Firma Cycleo SAS eingereicht. Dieses verwendet eine Technologie namens Chirp-Modulation. Das US-Patent US7791415 [8] trägt den Titel „Fractional-N Synthesized Chirp Generator“.

**2012:** Semtech, ein Hersteller von analogen und Mixed-Signal-Halbleitern, erwirbt Cycleo SAS für 5 Millionen US-Dollar.

**2013:** Das zweite Patent für die Basis von LoRa wird von Semtech eingereicht. Das Patent EP2763321 [9] mit dem Titel „Low Power Long Range Transmitter“ beschreibt die Verwendung von Chirp-Modulation zur Übertragung von Signalen mit geringer Leistung über große Entfernungen.

**2015:** Semtech registriert das Warenzeichen LoRa [10]. Das Kunstwort wurde aus den beiden englischen Wörtern „Long“ und „Range“ abgeleitet.

**2015:** Die LoRa Alliance [11] kommuniziert die Version 1.0 der LoRaWAN-Spezifikation. Die Autoren sind von Semtech, IBM und Actility. Die Version 1.0.4 wurde im Oktober 2020 veröffentlicht.

## Chirp Spread Spectrum (CSS)

Spreizspektrum-Techniken ermöglichen es, das Signal-Rausch-Verhältnis (Signal Noise Ratio, SNR) eines Funkkanals zu kompensieren. Chirp-Spread Spectrum (CSS) basiert auf einem Chirp-Signal. CHIRP [12] ist die Abkürzung für „Compressed High Intensity Radar Pulse“ und wurde für Radaranwendungen entwickelt. Die Abkürzung CHIRP ergibt durch Zufall das englische Wort „chirp“, und dieses Wort bedeutet „tuscheln, zirpen, zwitschern“.

Bei CSS werden zur Codierung der Informationen breitbandige, linear frequenzmodulierte Chirp-Pulse verwendet, deren Frequenz über eine bestimmte Zeitspanne und mit konstanter Amplitude ansteigt (Up-Chirp, Bild 3) oder abfällt (Down-Chirp, Bild 4). Die proprietäre Funktechnik LoRa von Semtech nutzt CSS mit einer hohen Kanalbandbreite, um ein Signal zu übertragen. Diese Art der Modulation hat eine große Robustheit gegenüber dem Kanalrauschen und ist resistent gegen relative Frequenzfehler, Mehrwegeeffekte, Fading und Dopplereffekte. Der Nachteil ist eine



niedrige Datenrate zwischen 297 Bit/s bis 5140 Bit/s bei LoRaWAN EU mit 125 kHz Frequenzbandbreite. Die Ausbeute von belegter Bandbreite pro übertragenem Bit ist ungünstig.

### Die physikalische Schicht (PHY) namens LoRa

Eine der Stärken der LoRa-Modulation ist, dass mit diesem Verfahren trotz Einsatz eines preiswerten Quarzes eine hohe Empfindlichkeit erreicht wird. Günstige Quarze haben eine spürbare Drift in der Mittenfrequenz und würden bei einer Modulation mit FSK (Frequency Shift Keying) zu einer Fehlfunktion führen.

Eine Datenpräambel in einer seriellen drahtgebunden oder drahtlosen Kommunikation dient zur Erkennung der nachfolgenden Nutzdaten. Bei Ethernet besteht eine Präambel aus einer fest vereinbarten Sequenz von Bits. Bei LoRa wird der Beginn einer Nutzlast ebenfalls durch eine Präambel angekündigt (Bild 5).

Die Frequenzbandbreite und der Spreizfaktor sind für einen LoRa-Rahmen konstant. Eine neue Nachricht wird durch den Filter im IC mit dem Chirp-Signal mit konstanter Rampe (Up-Chirp) und nachfolgenden fallenden Rampen (Down-Chirp) detektiert. Um den Empfang einer Nachricht zu verriegeln, wird eine gleichbleibend lange Chirp-Präambel gesendet (Bild 5 und Bild 6).

Die Mittenfrequenz der Übertragungsfrequenz finden wir bei der LoRa-Modulation zwischen der tiefsten und höchsten Frequenz der Präambel. Sollte eine Temperaturänderung eine Drift in der Frequenz verursachen, dann wird der Filter im LoRa-IC die neue Mittenfrequenz selbstständig finden.

Die letzten beiden Up-Chirps codieren das Sync-Wort. Das Sync-Wort ist ein Ein-Byte-Wert, der verwendet wird, um LoRa-Netzwerke in gleichen Frequenzbändern zu unterscheiden. Ein Gerät hört auf, eine Übertragung zu lesen, wenn das decodierte Wort nicht mit seiner Konfiguration übereinstimmt. Auf das Sync-Wort folgen zweieinviertel Down-Chirps mit einer Dauer von 2,25 Symbolen. Die Gesamtdauer dieser Präambel kann zwischen 10,25 und 65.539,25 Symbolen variieren. Der Aufbau ist in Bild 5 zu sehen.

Nach der Präambel folgt ein optionaler Header. Dieser wird mit einer konstanten Codiertrate übertragen. Die Codiertrate dient der Sicherung der übertragenen Informationen und wird im nächsten Abschnitt näher erläutert. Der Header gibt die Größe der Nutzlast in

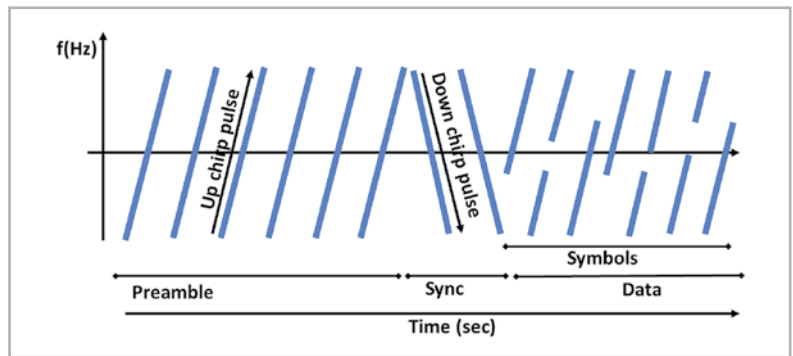


Bild 5: LoRa-Präambel, Synchronisation und Symbole. Quelle: Harald Naumann

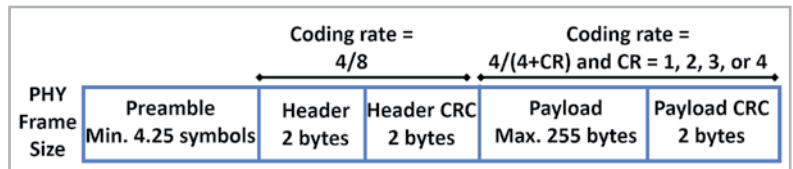


Bild 6: Präambel mit Synchronisation gefolgt von Header mit CRC und anschließenden Nutzdaten mit erneuter CRC. Quelle: Harald Naumann

Bytes an, die verwendete Codiertrate für die nachfolgende Nutzlast und ob ein optionales 16-Bit-CRC (Cyclic Redundancy Check) benutzt wird. Der Header wird ebenfalls durch CRC gesichert, damit der Empfänger Pakete mit ungültigen Headern erkennen kann. Die Größe der Nutzlast wird mit einem weiteren Byte gespeichert. Dadurch ergibt sich die Begrenzung der maximalen Nutzdaten auf 255 Byte. Wenn der Umfang der Nutzdaten immer gleich groß ist, die Codiertrate pro Paket gleich bleibt und CRC für die Nutzlast kontinuierlich benutzt wird, kann auf den optionalen Header verzichtet werden.

Alles in allem steckt in dem kleinen IC neben dem LoRa-Modulator/-Demodulator noch viel mehr, um die Datenübertragung sicherer zu machen. Wenn man das OSI-Schichtenmodell zum Vergleich nimmt, dann erkennen wir, dass neben dem physikalischen Layer (LoRa-Modulator) auch die Sicherungsschicht bereits im LoRa-IC enthalten ist.

### Spreizfaktor

Ein weiteres, leistungsstarkes Funktionsmerkmal von LoRa ist die Fähigkeit, mehrere „orthogonale“ (gleichzeitige) Signale auf der gleichen Frequenz zu demodulieren. Das setzt voraus, dass unterschiedliche Chirp-Raten (Spreizfaktoren, Bild 7) benutzt werden.

Dieses Leistungsmerkmal wird durch den SX1301-Chip von Semtech unterstützt. Alle LoRaWAN-Gateways haben die Fähigkeit, viele LoRa-Chirps simultan zu dekodieren. Jeder der schräg verlaufenden, farbigen Balken steht für einen Spreizfaktor von 7 (SF7) bis 11 (SF11). Mit der Änderung von SF7 auf SF8 verändert sich die Empfindlichkeit um ca. 3 dB. Mit der Änderung verdoppelt sich auch die Zeit der Kanalbelegung. Von

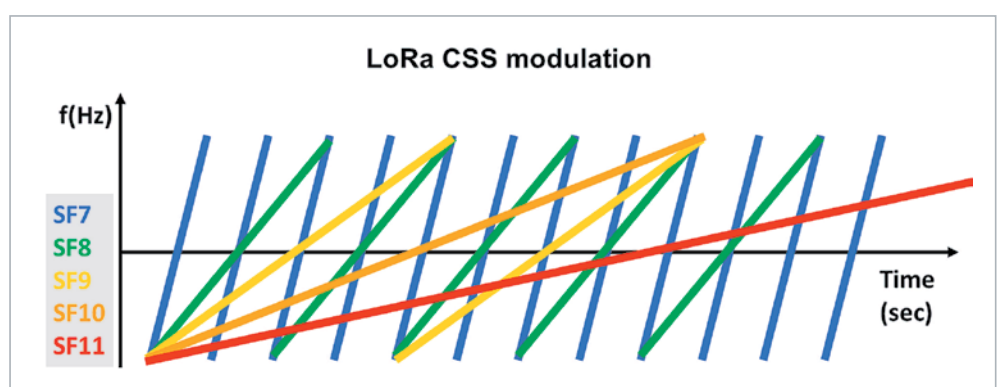


Bild 7: Spreizfaktor 7 bis 11 als Verlauf über die Zeit. Quelle: Harald Naumann

SF7 auf SF9 erhalten wir ca. 6 dB mehr Empfindlichkeit und eine Vervierfachung der Zeit für ein Symbol. Jeder der farbigen Balken steht für ein mögliches Symbol auf unterschiedlichen Spreizfaktoren.

Obwohl alle oben fünf gezeigten Chirp-Signale auf der gleichen Frequenz am LoRa-IC ankommen, kann das IC diese trotzdem unterscheiden und parallel demodulieren. Ein LoRa-Gateway unterstützt acht bis 16 Kanäle parallel. Im SX1301 stecken acht parallele Empfänger und eine Sendeeinheit. In einem 8-Kanal-Gateway finden wir daher ein SX1301, und in einem 16-Kanal-Gateway zwei SX1301. Gateways im unteren bis mittleren Preissegment unterstützen meist nur acht Kanäle.

## Blockschaltbild LoRa-IC

### Codierungsrate mit Hamming-Codierung

Aus der Patentschrift von Semtech für die LoRa-Modulation erkennen wir, dass bei jeder Datenübertragung eine Vorwärtsfehlerkorrektur (Forward Error Correction, FEC) eingesetzt wird. Es wird eine Art von Hamming-Codierung (s. Blockschaltbild, Bild 8) verwendet. Der Hamming-Code ist eine fehlerkorrigierende Codierung, die in der Lage ist, Fehler durch Hinzufügen von Redundanzen in jedem Codewort zu korrigieren. Diese Implementierung erfolgt durch Codierung von 4-Bit-Daten mit Redundanzen in 5 Bit, 6 Bit, 7 Bit oder sogar 8 Bit. Die Verwendung dieser Redundanz ermöglicht es dem LoRa-Signal, kurze Störungen zu überstehen. Der Wert der Codiertrate (Coding Rate, CR) muss je nach den Bedingungen des für die Datenübertragung verwendeten Kanals angepasst werden. Wenn es zu viele Interferenzen im Kanal gibt, wird empfohlen, den CR-Wert zu erhöhen. Dadurch verlängert sich allerdings auch die Dauer der Übertragung. Bei dem Funkprotokoll LoRaWAN wurde für den Payload die ungünstige Vorwärtsfehlerkorrektur CR 4/5 zu Gunsten der kürzeren Kanalbelegungszeit festgelegt.

### Whitening

Whitening der Daten wird angewandt, um Zufälligkeit in die Symbole zu bringen und um die Taktrückgewinnung zu optimieren. Es wird so genannt, weil es ein Pseudo-Zufallselement einführt, das die Ausgabe eher wie weißes Rauschen erscheinen lässt und dadurch den Datenstrom gleichmäßig verteilt. Whitening wird typischerweise durch die Verwendung eines maximalen Linear-Feedback-Shift-Registers (LFSR) implementiert, um ein sich wiederholendes, pseudozufälliges Muster von Bits zu erzeugen. Am Ende wird es XOR-verknüpft. Da XOR umkehrbar ist, kann das LoRa-Modul das „Rauschen“ aus den Daten entfernen und mit dem Sender synchronisieren. Das Whitening wurde per Reengineering [13, 14] offengelegt.

### Interleaving

Interleaving ist ein englisches Wort und bedeutet Verschränkung oder Verschachtelung. Es ist ein Verfahren zur Fehlerkorrektur bei der digitalen Datenübertragung. Interleaving wird bei der Kommunikation mit Funk oder Draht verwendet. Die Datenpakete werden so verschachtelt, dass kleine Störungen in der Leitung bei der Übertragung von Daten aufgeteilt werden und dadurch weniger auffallen. Interleaving wird oft mit einer Vorwärtsfehlerkorrektur kombiniert. Dies macht die Daten widerstandsfähiger gegen kurze Interferenzen. Auch dies wurde per Reengineering ermittelt.

### Gray-Indizierung

Gemäß der Patentanmeldung von Semtech werden codierte LoRa-Symbole „grau indiziert“, bevor sie über die Luft gesendet werden. Dieses Verfahren verhindert Off-Fehler bei der Auflösung der Symbole. Die Gray-Indizierung ist bei LoRa eine umgekehrte Gray-Codierung. Um die Gray-Indizierung rückgängig zu machen, muss der LoRa-Empfänger die empfangenen Symbole wieder grau codieren.

Der ursprüngliche Gray-Code [15] ist ein Binärcode, der mit 4 Bit die dezimalen Werte von 0 bis 15 darstellen kann. Zwei benachbarte Gray-Zahlen dürfen sich in nicht mehr als in einem Bit unterscheiden. Es gibt viele weitere einschränkende Binärcodes, die dem Gray-Code ähnlich sind (Glixon-Code, O'Brien-Code, Tompkins-Code, Petherick-Code). Der ursprüngliche Gray-Code wurde nach dem Physiker Frank Gray benannt. Das Patent wurde 1946 eingereicht, 1953 bestätigt und ist 1970 verfallen.

### Symbol

Die Halbworte (Nibbles) werden im LoRa-IC mit Hamming-Codierung, Whitening und Interleaving bearbeitet, bevor daraus ein Symbol wird. Die übertragenen Daten, die ein Symbol darstellen, werden durch ein LoRa-Chirp-Signal mit einem Frequenzbereich von  $f_{min}$  bis  $f_{max}$  gebildet. Bei der LoRa-Modulation wird das Symbol konfiguriert, indem wir die Parameter Spreizfaktor und Frequenzbandbreite ändern. Gemäß Semtech dauert die Übertragung eines Symbols  $T_s$  Sekunden, was eine Funktion der Bandbreite und des Spreizfaktors ist und mit der folgenden Gleichung dargestellt werden kann:

$$T_s = \frac{2^{2F}}{BW} \quad \text{Berechnung der Zeit für ein Chirp-Signal}$$

Zusammenfassend stellt man fest, dass in einem LoRa-IC sehr viel verarbeitet wird, bevor aus einem Byte mit Nutzdaten am Ende ein Symbol wird, das dann mit CSS-Modulation über die Antenne in die Luft abgestrahlt wird. Beim Empfänger müssen die

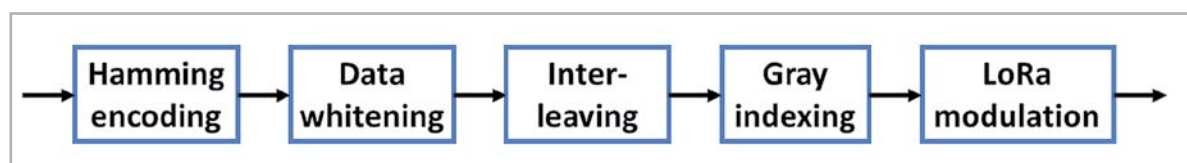


Bild 8: Blockschaltbild LoRa-IC

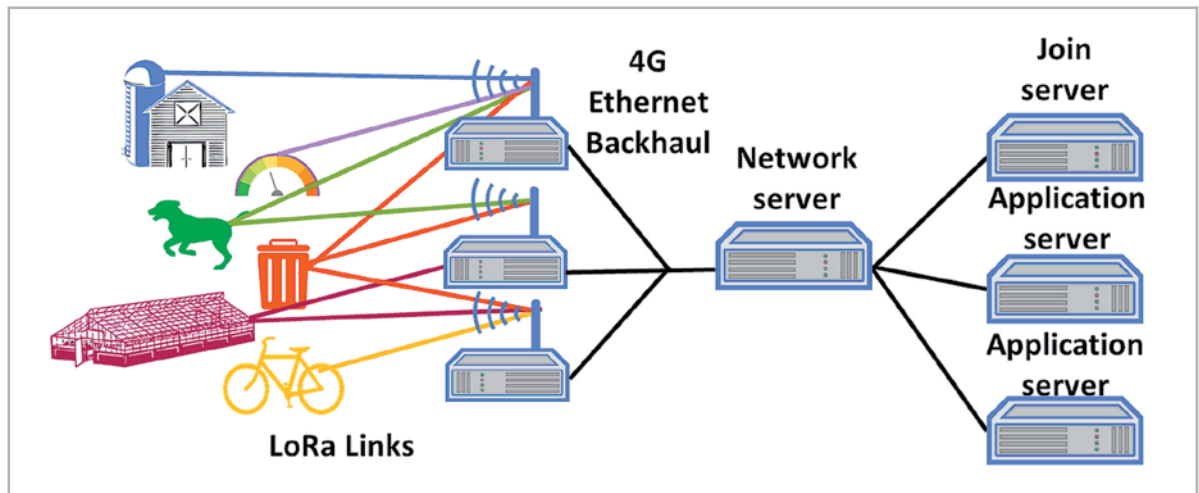


Bild 9: Netzwerktopologie von LoRaWAN an einem Beispiel: drei LoRaWAN-Gateways mit einem Network-Server, einem Join-Server und zwei Application-Servern. Ganz links entsprechende End-Knoten (Nodes). Quelle: Harald Naumann

sämtliche angewandte Verfahren zur Absicherung der Daten wieder rückgängig gemacht werden. Für alle oben beschriebenen Prozeduren sind im LoRa-IC keine Mikrocontroller notwendig. All dies wird mit digitalen Schaltkreisen im Chip für die Nutzer preiswert umgesetzt und senkt den Energieverbrauch.

### LoRaWAN-Netzwerk

Ein LoRaWAN-Netzwerk (Bild 9) nutzt die Sterntopologie. Eine Funkkommunikation von Knoten zu Knoten oder über Repeater ist nicht vorgesehen. Ein solches Netzwerk besteht im einfachsten Fall aus einem Gateway. Um großflächige, private LPWAN zu erreichen, werden eine Reihe von Gateways kombiniert.

Die LoRaWAN-Endgeräte kommunizieren über die Gateways mit einem LoRaWAN-Netzwerkserver (Network-Server). Die Endgeräte (Knoten) sammeln Daten und generieren LoRaWAN-Pakete. Das Gateway ist für den Empfang der LoRaWAN-Pakete verantwortlich und leitet diese zum Netzwerkserver weiter. Diese Weiterleitung erfolgt über ein IP-basiertes Netzwerk per Ethernet, Wi-Fi oder LTE. Der Inhalt der Pakete der Knoten ist verschlüsselt, und das LoRaWAN-Gateway kann diese nicht decodieren. Die LoRaWAN-Netzwerk-Infrastruktur besteht aus drei Komponenten. Dazu gehören neben dem Network-Server ein Application-Server und ein Join-Server.

#### Netzwerkserver

Er ist das zentrale Element eines LoRaWAN-Netzwerks, das für die Verwaltung der Media-Access-Control-Schicht (MAC) verantwortlich ist. Der Netzwerkserver ist für viele Verwaltungsfunktionen im Netzwerk zuständig. Beispiele:

- Auswahl des besten Gateways für Downlink bzw. Quittung. Basis zur Beurteilung ist der RSSI (Received Signal Strength Indication) und SNR (Signal to Noise Ratio)
- Entfernung doppelter Nachrichten, wenn von mehr als einem Gateway die gleiche Meldung empfangen wurde
- Entschlüsseln der Nachrichten von den Knoten
- Verschlüsseln der Nachrichten an die Knoten
- Änderung der adaptiven Datenrate

LoRaWAN-Endgeräte haben einen Mechanismus namens adaptive Datenrate (Adaptive Data Rate, ADR). Das dient zur Verbesserung der Netzwerkressourcen. Basierend auf den vom Endgerät gesammelten Daten kann der Netzwerkserver den Endknoten auffordern, seine Eigenschaften zu ändern. Dazu gehört der Spreizfaktor, die Bandbreite und die Sendeleistung. Das LoRaWAN-Protokoll versucht, den Knoten Spreizfaktoren mit kürzerer Kanalbelegungszeit zuzuweisen. Jeder Knoten entscheidet selbstständig, wer für die Verwaltung des ADR zuständig ist (Endgerät selbst oder Netzwerkserver).

Für bewegte Objekte (zum Beispiel Asset-Tracking) ist es während der Bewegung sinnlos, einen kleineren Spreizfaktor mit schlechterer Empfindlichkeit zu wählen. Bei der nächsten Aussendung könnte ein höherer Spreizfaktor nötig sein. Da der Spreizfaktor einmalig ausgehandelt wird, würde ein zu kleiner Faktor dazu führen, dass die Meldungen nicht mehr am Gateway ankommen. Sensoren, welche sich nicht bewegen, können dem ADR folgen und den Spreizfaktor herunterregeln.

Weiterhin leitet der Netzwerkserver die Nachrichten an den Application-Server und den Join-Server weiter. Hinzu kommt die Verwaltung der Nachrichtenwarteschlange für den Downlink.

#### Anwendungsserver

Der Anwendungsserver (Application-Server) ist für die Weiterleitung aller vom Netzwerkserver empfangenen Pakete an die zugehörige Anwendung verantwortlich. Umgekehrt reicht er Nachrichten an den Netzwerkserver weiter.

#### Join-Server

Der Join-Server kümmert sich um den Authentifizierungsprozess der Endgeräte, indem er die Authentifizierungsschlüssel generiert und dem Knoten zur Verfügung stellt. In einem LoRaWAN-Netzwerk sind zwei Authentifizierungsmethoden erlaubt: die Activation-by-Personalization (ABP) und die Over-The-Air-Activation (OTAA).

Bei der ABP-Aktivierung werden eine feste Geräte-Adresse und ein Session-Key für ein vorausgewähltes

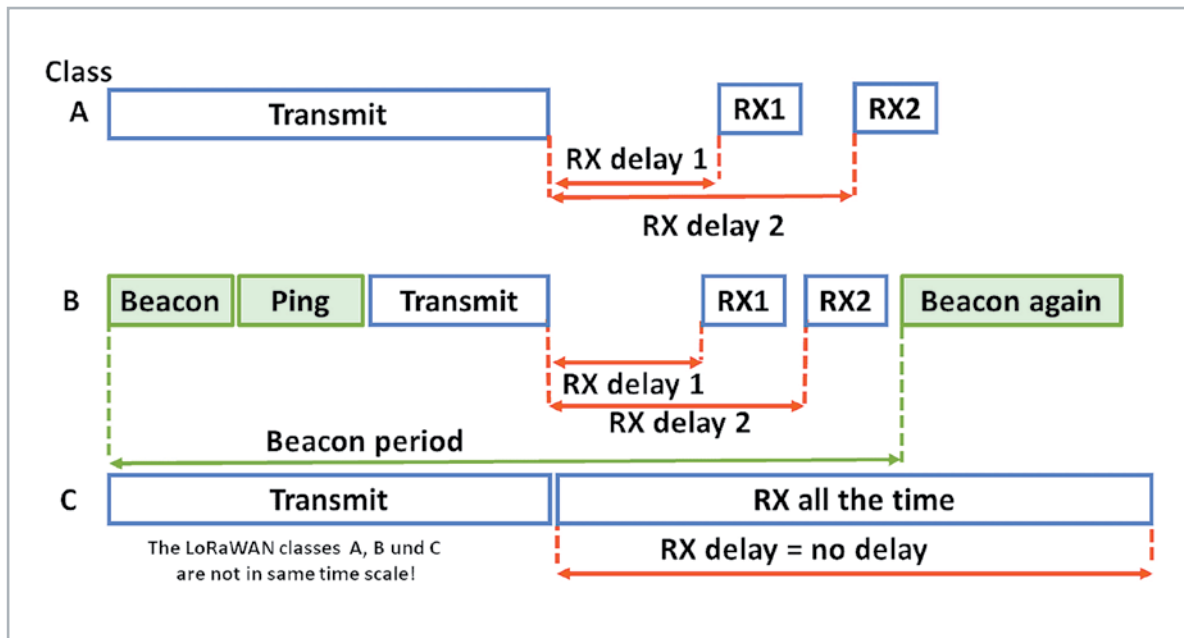


Bild 10: LoRaWAN-Endgeräte Klasse A, B, C. Quelle: Harald Naumann

Netzwerk in das Endgerät fest encodiert. Sie bleiben während der gesamten Lebensdauer eines ABP-Endgeräts gleich. Mit diesem Modus überspringt ein Endgerät die Join-Prozedur. Die Rahmencounter für ein Gerät mit ABP sollten während ihrer Lebensdauer nicht zurückgesetzt werden, ansonsten werden die Nachrichten von diesen Endgeräten verworfen. Wenn ein Endgerät keinen Rahmencounter mehr hat, kann es nicht mehr im LoRaWAN-Netzwerk Daten austauschen.

Die Sitzungsschlüssel sind in einem ABP-Gerät fest einprogrammiert. Das heißt, selbst wenn sie auslaufen, können sie nicht geändert werden. Das ist eine ernsthafte Bedrohung der Sicherheit.

Im Gegensatz zu ABP verhandeln Endgeräte im OTAA-Betrieb die Rahmencounter und Sitzungsschlüssel bei jedem neuen Sitzungsaufbau neu. Daher ist die Lebensdauer eines OTAA-Geräts nicht vom Rahmenzähler abhängig. Bei der OTAA führt ein Endgerät eine Join-Prozedur mit einem LoRaWAN-Netzwerk durch. Dem Endgerät wird eine dynamische Geräte-Adresse zugewiesen. Auch Session-Schlüssel werden dynamisch zugewiesen. Die Adresse und der Sitzungsschlüssel ändern sich bei jedem neuen Verbindungsaufbau. Wenn ein Gerät in mehreren Netzen arbeiten oder in öffentlichen Netzen Roaming nutzen soll, dann ist das unabdingbar.

### LoRaWAN-Nachrichten und -Endgerädetypen

Die Übertragung eines Pakets von einem Gateway zu einem Endgerät wird als Downlink bezeichnet. Diese Übertragungen können von einem Netzwerk- oder Anwendungsserver angefordert werden. Die Übertragung eines Pakets von einem Endgerät zu einem Gateway wird als Uplink bezeichnet. Die Endgeräte oder Knoten werden in drei Klassen unterteilt.

#### LoRaWAN-Gerätetyp mit Batterie – Klasse A

Jede Transaktion in einem Endgerät der Klasse A beginnt mit einer Uplink-Übertragung. Darauf folgen

zwei Downlink-Empfangsfenster (Bild 10). Der Netzwerksender sendet die Downlink-Nachricht nach dem Empfang des Uplinks. Am Ende der Downlink-Nachricht geht das Endgerät in den Ruhezustand über und spart dadurch Energie. Daher verbrauchen Geräte der Klasse A am wenigsten Strom und bieten eine lange Batterielebensdauer. Alle LoRaWAN-Endgeräte unterstützen standardmäßig die Klasse A.

#### LoRaWAN-Gerätetyp mit geringer Latenz – Klasse B

Das Gateway initiiert die Kommunikation durch Senden von Downlink-Nachrichten (Ping-Slots), sodass das Endgerät in festgelegten Zeitintervallen zusätzliche Rahmen empfangen kann. Zur Synchronisation ist das periodische Senden eines Beacon vom Gateway erforderlich.

In Klasse B reduziert das Endgerät die Downlink-Latenz, indem es zyklische Downlink-Empfangsfenster öffnet. Die wiederholten Fenster zum Download werden durch die Synchronisation der Uhren im Knoten und am Netzwerksender aufrechterhalten. Für die Synchronisation befiehlt der Netzwerksender den Gateways, in regelmäßigen Abständen ein Beacon zu senden.

Während des Uplinks verhält sich ein Endgerät der Klasse B ähnlich wie ein Klasse-A-Endgerät. Das Klasse-B-Endgerät schafft es, den Stromverbrauch zu reduzieren und gleichzeitig die Latenzzeit im Downlink zu verringern. Diesen Vorteil bezahlen wir mit erhöhten Kosten für die LoRaWAN-Module und den erhöhten Aufwand und somit mit Kosten im privaten LPWAN-Netzwerk.

#### LoRaWAN-Gerätetyp ohne Latenz – Klasse C

Mit Ausnahme der Uplink-Periode öffnet das Endgerät in Klasse C kontinuierlich die Empfangsfenster, was die Latenz verringert. Das erhöht aber seinen Stromverbrauch erheblich. Gemäß LoRaWAN-Spezifikation 1.0.4 lauscht ein Endgerät der Klasse C so oft wie möglich in den Kanal. Endgeräte dieser Klasse haben fast ständig geöffnete Empfangsfenster, welche beim



Senden geschlossen werden. Endgeräte der Klasse C verbrauchen mehr Strom für den Betrieb als Geräte der Klasse A oder B, bieten aber die geringste Latenz für die Kommunikation zwischen Server und Endgerät.

**LoRaWAN-Klassen: Fazit**

Resümierend stellen wir fest, dass nur die Betriebsklasse A sich preiswert und energiesparend umsetzen lässt. In der Klasse B ist eine teure Zeitsynchronisation in den Knoten und im Gateway notwendig. In der Klasse C befindet sich der Knoten dauerhaft in einem Empfangsbetrieb und wechselt nur bei Bedarf in den Sendebetrieb. Die meisten LoRaWAN-Netze wie zum Beispiel TTN (TheThingsNetwork, [16]) und die dazugehörigen Knoten werden in der preiswerten Betriebsart Klasse A betrieben.

**Maximales Payload im Upload und Download bei LoRaWAN**

Das maximale Payload im Upload und Download ist bei LoRaWAN für Europa und die USA verschieden. In Europa ist das Maximum nur durch die physikalische Größe von 255 Byte des LoRa-IC begrenzt. Der Header im LoRaWAN-Protokoll hat 13 Byte. Dadurch beträgt die theoretische Nutzlast für ein Telegramm mit dem LoRaWAN-Protokoll 242 Byte. Wenn man aber beim Spreizfaktor 12 dann 255 Byte versendet, wäre der Kanal für ca. 9 Sekunden belegt. Ein weiteres Telegramm kann dann auf diesem Kanal für 9 Sekunden nicht empfangen werden. Da LoRaWAN das synchronisierte ALOHA-Verfahren [17] nutzt, führt lange Kanalbelegung zu einem hohen Paketverlust.

Das LoRaWAN-Protokoll begrenzt bei SF11 und SF12 in Europa die physikalisch möglichen maximalen 242 Byte auf nur 51 Byte Nutzlast.

Planen wir ein globales IoT-Produkt, müssen die Randbedingungen für LoRaWAN in den USA berücksichtigt werden. In den USA dürfen wir im Upload oder Download den Kanal nur mit 400 ms belegen. Im Gegenzug gibt es in den USA keinen Duty-Cycle. Es dürfen beliebig viele 400-ms-Pakete versendet werden, wenn gleichzeitig die 15 Kanäle mit Frequenzsprungverfahren benutzt werden. Nimmt man dann den LoRa-Kalkulator (Bild 11) zur Hand, stellen wir fest, dass in den USA der Spreading-Faktor 10 die untere Grenze darstellt.

Obendrein ist man auf 11 Byte begrenzt. Die Änderung von Spreading-Faktor 12 auf 10 führt dazu, dass die Empfindlichkeit um 6 dB sinkt. Das wiederum kann man mit einer Erhöhung der Sendeleistung um 6 dB ausgleichen. Die typische maximale Leistung eines LoRa-Moduls liegt bei 20 dBm, die man ohne einen Verstärker erreichen kann. Wenn wir ein globales Produkt auf LoRaWAN entwickeln möchten, dann sind wir auf 11 Byte Payload begrenzt.

**Frequenzspektrum und Bandbreite LoRaWAN in Europa**

Laut LoRaWAN-Spezifikation für Europa müssen alle Endgeräte im Uplink mindestens die Standardkanäle (868,1, 868,3 und 868,5 MHz) für die Kommunikation unterstützen. LoRaWAN nutzt beim Access Control das alte, mit hoher Kollision behaftete Protokoll ALOHA. Es wird im Uplink pseudozufällig ein Kanal ausgewählt

The screenshot shows the 'LoRa Modem Calculator Tool' interface. It is divided into several sections:

- Calculator Inputs:**
  - LoRa Modem Settings:** Spreading Factor: 12, Bandwidth: 125 kHz, Coding Rate: 1 (4/CR+4), Low Datarate:  Optimiser On.
  - Packet Configuration:** Payload Length: 255 Bytes, Programmed Preamble: 8 Symbols, Total Preamble Length: 12.25 Symbols, Header Mode:  Explicit Header Enabled, CRC Enabled:  Enabled.
  - RF Settings:** Centre Frequency: 865000000 Hz, Transmit Power: 14 dBm, Hardware Implementation:  RFIO is Shared.
  - Compatible SX Products:** 1272, 1276
- Selected Configuration:** A block diagram showing the RFIO pin connections: VR\_PA, RFO, and RFI. Below the diagram is a packet structure diagram: Preamble | Header | Payload | CRC.
- Calculator Outputs:**
  - Timing Performance:** Equivalent Bitrate: 292.97 bps, Time on Air: 9019.39 ms, Preamble Duration: 401.41 ms, Symbol Time: 32.77 ms.
  - RF Performance:** Link Budget: 148 dB, Receiver Sensitivity: -134 dBm, Max Crystal Offset: 36.1 ppm.
  - Consumption:** Transmit: 44 mA, CAD/Rx: 10.8 mA, Sleep: 100 nA.

At the bottom, a summary bar reads: SF = 12, BW = 125 kHz, CR = 4/5, Header Enabled, Preamble = 12,25 syms, Payload = 255 bytes, Transmit Power = 14 dBm.

Bild 11: SX1272 LoRa Calculator SF12 in EU, 255 Bytes, Time on air 9019 ms. Quelle: Screenshot Semtech LoRa Modem Calculator Tool von Harald Naumann



und gesendet. Listen Before Talk (LBT) und Automatic Frequency Agility (AFA) werden nicht benutzt und eine Kollision bewusst in Kauf genommen. Ohne LBT & AFA müssen sich die Endgeräte an die 1%-Duty-Cycle-Grenze halten. Diese regelt, dass ein Knoten maximal 1 % einer Stunde und somit 36 Sekunden senden darf.

Nutzen wir acht Kanäle, sind wir schnell in einem Bereich mit 0,1 % Duty-Cycle. Die regionale Spezifikation für LoRaWAN Europa legt fest, dass Kanäle im gesamten Bereich von 863 bis 870 MHz verwendet werden sollen. Der erste Kontakt und die Anmeldung zum Gateway erfolgt über die drei Standardkanäle. Danach können den Knoten weitere Kanäle zugewiesen werden. LoRaWAN-Geräte müssen in der Lage sein, insgesamt acht verschiedene Kanäle mit 14 dBm im Upload einschließlich der Standardfrequenzen zu unterstützen.

Eine Quittung erfolgt doppelt. Die erste wird auf dem gleichen Kanal mit 14 dBm gesendet, dieser Betrieb wird RX1 genannt. Danach erfolgt die zweite Quittung auf 869,4 bis 869,5 MHz mit 14 dBm, das wird RX2 genannt. Für den Download können ebenfalls RX1 und RX2 genutzt werden.


## Beispiel: benutzte Frequenzen bei The Things Network in Europa

### Uplink

868,1 - SF7BW125 bis SF12BW125, 1 % Duty-Cycle  
 868,3 - SF7BW125 zu SF12BW125 und SF7BW250, 1 % Duty-cycle  
 868,5 - SF7BW125 zu SF12BW125 ,1 % Duty-cycle  
 867,1 - SF7BW125 bis SF12BW125, 0,1 % Duty-cycle  
 867,3 - SF7BW125 bis SF12BW125, 0,1 % Duty-cycle  
 867,5 - SF7BW125 bis SF12BW125, 0,1 % Duty-cycle  
 867,7 - SF7BW125 bis SF12BW125, 0,1 % Duty-cycle  
 867,9 - SF7BW125 bis SF12BW125, 0,1 % Duty-cycle  
 868,8 - FSK

### Downlink

Uplink-Kanäle 1–9 (RX1), 0,1 % bis 1 % Duty-Cycle  
 869,525 - SF9BW125 (RX2), 10 % Duty-Cycle

„The Things Network“ (TTN) benutzt in Europa die nicht standardisierte Datenrate SF9 mit Bandbreite 125 MHz für RX2. Wenn Geräte Over-The-Air-Activation (OTAA) verwenden, wird dies automatisch konfiguriert, wenn sie beitreten. Wenn die Geräte Activation-by-Personalization (ABP) verwenden, muss der Benutzer diese RX2-Datenrate in die Geräte programmieren, damit sie mit TTN funktionieren. 



## Weitere Infos:

- [1] ELVjournal 1/2021, Energiesparer – LPWAN – Low Power Wide Area Networks: Artikel-Nr. 251814
- [2] LoRa Alliance: LoRaWAN resource hub, in: LoRa Alliance, 03.03.2021, <https://lora-alliance.org/>
- [3] Link Labs: Symphony Link – Internet of Things Wireless LPWA, in: Link-labs.com, o. D., <https://www.link-labs.com/symphony>.
- [4] AcSiP Technology Corp.: AcSiP/Lora – pear to pear protocol, in: GitHub, 20.12.2017, <https://github.com/AcSiP/Lora>
- [5] Funkanlagen geringer Reichweite (SRD): in: Bundesnetzagentur, o. D., [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/Allgemeinzuteilungen/allgemeinzuteilungen-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Allgemeinzuteilungen/allgemeinzuteilungen-node.html)
- [6] MMCD NEW MEDIA GmbH: Fledermäuse: Erst Fliegen, dann Echoortung, in: scinexx | Das Wissensmagazin, 14.02.2008, <https://www.scinexx.de/news/technik/fledermaeuse-erst-fliegen-dann-echoortung/>
- [7] Huettmann, Erich: Verfahren zur Entfernungsmessung, in: Google Patents, 22.03.1940, <https://patents.google.com/patent/DE768068C/de>
- [8] Hornbuckle, Craig: Fractional-N synthesized chirp generator, in: Google Patents, 18.05.2007, <https://patents.google.com/patent/US7791415B2/en>
- [9] Seller, Olivier Bernard André: Low power long range transmitter, in: Google Patents, 05.02.2013, <https://patents.google.com/patent/EP2763321A1/en>
- [10] LORA Trademark of Semtech Corporation – Registration Number 4790600 – Serial Number 86513183: Justia Trademarks: in: Justia.com, o. D., <https://trademarks.justia.com/865/13/lora-86513183.html>
- [11] LoRa Alliance: LoRaWAN resource hub, in: LoRa Alliance, 03.03.2021, <https://lora-alliance.org/>
- [12] Wikipedia-Autoren: Chirp, in: Wikipedia, 29.04.2004, <https://de.wikipedia.org/wiki/Chirp>
- [13] Knight, Matthew/Balint Seeber: Decoding LoRa: Realizing a Modern LPWAN with SDR | Proceedings of the GNU Radio Conference, in: GNU Radio, 06.09.2016, <https://pubs.gnuradio.org/index.php/grcon/article/view/8>
- [14] Robyns, Pieter/Peter Quax/Wim Lamotte/William Thenaers: A Multi-Channel Software Decoder for the LoRa Modulation Scheme, in: ResearchGate, 01.01.2018, [https://www.researchgate.net/publication/324049995\\_A\\_Multi-Channel\\_Software\\_Decoder\\_for\\_the\\_LoRa\\_Modulation\\_Scheme](https://www.researchgate.net/publication/324049995_A_Multi-Channel_Software_Decoder_for_the_LoRa_Modulation_Scheme)
- [15] Frank, Gray: Pulse code communication, in: Google Patents, 22.03.1946, <https://patents.google.com/patent/US2632058A/en>
- [16] TheThingsNetwork (TTN) – <https://www.thethingsnetwork.org>
- [17] ALOHA-Zugriffsverfahren – <https://de.wikipedia.org/wiki/ALOHA>





# 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.

## 3x Heißluftlötstation HLS-1300, 1300 W ELV



Die professionelle Heißluftstation HLS-1300 ist schnell betriebsbereit, schützt Ihre Bauteile und Baugruppen vor elektrostatischen Entladungen, ermöglicht ein genau auf die jeweilige Aufgabe abgestimmtes und exakt eingehaltenes Temperaturpotential sowie einen variablen Luftstrom und unterstützt Sie durch automatische Abschalt- und Abkühlvorgänge.

Im Wert von  
**369,- €**

Artikel-Nr. 250520

## 5x Radio-Hi-Fi-Tuner DIT2105SBTX *hama*® DAB+/UKW/Internetradio, App (iOS & Android)

Rüsten Sie Ihre heimische Hi-Fi-Anlage multimedial auf: DAB+ Radio in rausch- und knisterfreier Qualität, Internetradio zum Empfang einer riesigen Auswahl an Radiostationen und Podcasts aus aller Welt sowie das klassische UKW-Radio für Ihre gewohnten Radiosender aus der Region.



Im Wert von  
**249,- € (UVP)**

Artikel-Nr. 251897

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

Verlost werden unter allen Bewerbern 3x Heißluftlötstation HLS-1300 von ELV und 5x Radio-Hi-Fi-Tuner DIT2105SBTX von hama. **Bewerben Sie sich jetzt!**

⇒ Online auf [www.lesertest.elvjournal.com](http://www.lesertest.elvjournal.com) – wählen Sie dort einfach Ihr Wunschprodukt aus. Einsendeschluss: 13.06.2021

Bitte geben Sie für Rückfragen Ihre Kontaktdaten an: Telefon, E-Mail-Adresse und (falls vorhanden) Ihre ELV Kundennummer. **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 2/2021:

#### Digitales Mikroskop UltraZoom PRO

Achim Stephansky, 34289 Zierenberg  
Gerd-Uwe Stettinisch, 02959 Schleife  
Nadine Teringl, A-4020 Linz  
Bernhard Weiskopf, 68309 Mannheim  
Helmut Zindel, 24568 Kaltenkirchen



#### Kfz-Starthilfegerät BATTERYstart 300

**OSRAM**

Theodor Bauer, 93309 Kelheim  
Horst Boenisch, 07407 Rudolstadt  
Michael Kleiber, 70176 Stuttgart  
Marcel Link, 24811 Owschlag  
Astrid Neumann, 44581 Castrop-Rauxel



\* ELV ist berechtigt, die Testergebnisse sowie die Gewinner unter der Nennung ihres Namens im ELVjournal und auf [www.elvjournal.com](http://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

## WLAN-Stromzählerausleser poweropti PA201901, inkl. Smartphone-App

Bedienungsanleitung/Installation



App



Verarbeitung/Qualität



Unsere Leser bewerteten

# 2,1

Durchschnitt

In die Gesamtnote sind weitere Kriterien unseres Fragebogens einbezogen

Robert Maibaum:

„Sehr gute All-in-one-Lösung“

Im Wert von

## 79,95 €

Artikel-Nr. 251535



Lieferung ohne Smartphone

**Der WLAN-Stromzählerausleser poweropti ermöglicht das einfache Auslesen des Stromzählers aus der Ferne. Ins eigene WLAN eingebunden, liefert der auf die optische Schnittstelle elektronischer Stromzähler aufgesetzte Ausleser die Verbrauchsdaten auf das Smartphone. Über eine API ist auch die Einbindung in Smart Home Plattformen möglich. Großer Vorteil vor vielen anderen Smartmetern: Es ist kein Eingriff in die Hausinstallation nötig.**

Selten hatten wir bisher bei den Lesertests so unterschiedliche Meinungen im Testerfeld – immerhin umfasst das Gesamtfazit und auch die Bewertung einzelner Fragebogenpunkte das gesamte Spektrum von „sehr gut“ bis „ungenügend“. Die Bewertung „Unge-nügend“, die zur Gesamtabwertung führte, war allerdings Folge davon, dass der Tester das Gerät generell nicht in seinem WLAN anmelden konnte. Diesem Problem begegnet man immer wieder. Die WLAN-Geräte, die heute vielfach auf ESP-Rechnerkernen basieren, bauen der Werkseinstellung folgend zunächst ein eigenes WLAN abseits der üblichen „Consumer“-Adressbereiche auf. Erst über das Anmelden des Endgeräts, auf dem die App laufen soll, wird das Gerät im eigenen WLAN adressiert. Dies stellt für manche Nutzer immer wieder ein Problem dar.

Kommen wir zu den konkreten Bewertungen des Testerfelds. Ein wichtiges Kriterium ist die Bedienungsanleitung, gerade in Bezug auf o. a. Problem. Für deren Verständlichkeit vergaben sieben Tester die Noten „sehr gut“ und „gut“, einmal gab es die Note „befriedigend“, einmal von o. a. Tester ein „ausrei-

chend“. Ähnlich wurde die Installation bewertet. Die Eigenschaften der App allerdings erhielten insgesamt über das Testfeld die Note 2,4, wobei ein Tester die App für eine Funktion abwertete, die sie nur rudimentär über die Vergleichsfunktion anbietet, nämlich einen getrennten Photovoltaik-Einspeisezähler komplett einzubinden. Richtig, die App bietet diese Funktion nur an einem saldierenden Kombizähler. Andere Tester bewerteten den Funktionsumfang der App als „sehr gut“.

Als positiv hoben die Tester die geringe Größe, die gute Verarbeitung und die einfache und stabile Anbringung am Zähler sowie die rückstandslose Entfernung hervor. Die einfache und übersichtliche Ergebnisdarstellung in der App fand ebenso Gefallen wie die Alarmfunktion der Schwellenwerte.

Ein Tester erwähnte explizit die API als positiv, damit ordnet er den Sensor in sein Smart Home System über FHEM ein. Pluspunkte erntete auch die Möglichkeit, die WLAN-Antenne extern zu montieren, sodass ein Zählerschrank aus Metall die WLAN-Verbindung nicht behindert.

Nicht gefallen hat vor allem, dass die App aus Sicht des Nutzers unnötige Freigaben erfordert. Hauptkritikpunkt war jedoch die Stromversorgung des Sensors. Das mitgelieferte Netzteil mit recht kurzem Anschlusskabel erfordert eine Steckdose in unmittelbarer Nähe – dies bieten viele Zählerschränke nicht, insbesondere in Mietwohnungen und vor allem in Mehrfamilienhäusern. Hierzu der Hinweis, dass es als Alternative eine Plus-Version von poweropti gibt, die bei eBZ- und EasyMeter-Zählern die Stromversorgung direkt aus dem Zähler ermöglicht.

Die weiteren Wünsche der Tester: eine Notizfunktion der App für die Dokumentation gezielter Stromsparmaßnahmen, Trennung der Anzeige für bestimmte Großverbraucher wie eine E-Auto-Wallbox oder die Kopplung mit anderen Smartmetern in der App.

**Fazit:** Ein praktisches, einfach ohne Eingriff in die Hausinstallation einsetzbares Gerät für die Kontrolle des Stromverbrauchs im Haus, das sich auch in das eigene Smart Home einbinden lässt. Die Verbesserungswünsche geben wir gern an den Hersteller weiter.

ELV



Unsere Leser testeten

# Funk-Raumklimastation RoomLogg PRO, inkl. 5 Thermo-/Hygrosensoren und PC-Auswertesoftware

Anleitung/Inbetriebnahme



Display



Funkreichweite



Zusatzfunktionen/Erweiterbarkeit



Genauigkeit



Unsere Leser bewerteten

# 1,7

Durchschnitt

In die Gesamtnote sind weitere Kriterien unseres Fragebogens einbezogen

**Ralf Jürges:**  
*„Die Reichweite auch in schwierigen Verhältnissen hat mich total überzeugt.“*

Im Wert von

# 129,99 €

Artikel-Nr. 250953



**Wichtige Raumklimawerte unter Kontrolle – vom Keller bis ins Dachgeschoss. Genau dies ist die Aufgabe der eleganten Funk-Raumklimastation RoomLogg PRO (868 MHz). Mit bis zu acht Funkensoren lassen sich das Klima in mehreren Räumen im Eigenheim/der Wohnung anzeigen, der Verlauf visualisieren und die Daten aufzeichnen. Über Tabellenkalkulationsprogramme oder die zur Raumklimastation gehörende Windows-PC-Software lassen sich die gesammelten Daten extern auswerten. Durch individuell einstellbare Alarmpunkte können Sie das Wohnraumklima überwachen, um so Schimmelbildung und Unwohlsein vorzubeugen. Wir baten fünf Leser, die Station auf Herz und Nieren zu testen.**

Die Gesamtnote 1,7 und Teilbenotungen bis hinauf auf 1,2 zeigen es bereits an – dnt ist es offensichtlich wieder gelungen, ein hochwertiges Elektronikprodukt zu entwickeln. Da ist sich das Testerfeld weitgehend einig, es gab am Ende nur wenige Kritikpunkte und Wünsche.

Gesamteindruck, Verarbeitung, Bedienungsanleitung und Inbetriebnahme erhielten Noten zwischen 1,6 und 1,8. Besonders gut wurden die Anzeigequalität des TFT-Displays und die Funkreichweite der Sensoren bewertet, hier wurde jeweils mit 1,2 benotet. Auch die Möglichkeit des Firmware-Updates per microSD-Karte, die Messgenauigkeit, die Min./Max.-Funktion und die optionale Erweiterung auf bis zu acht Sensoren erhielten eine gute bis sehr gute Bewertung. Dies trifft auch auf die Datenlogger-Funktion auf microSD-Speicherkarte und die Alarmfunktion zu.

Abwertungen erhielten die Windows-PC-Software und einige Details der Verlaufsgrafik im Display, wobei diese mit einer Bewertung von 2,4 trotzdem nicht schlecht dastehen. Herausgehoben wurden auch die integrierte DCF-Uhr sowie die Verlaufsgrafik an sich, die Tendenzen sehr gut und zeitnah abbildet.

Wo aber gab es noch Verbesserungswünsche? Die Verlaufsgrafik wurde größer, eventuell sogar formatfüllend auf einer zweiten Anzeigeseite gewünscht. Gleichzeitig wurde eine farbliche Anpassung der Kanalanzeigen an die Farben der Verlaufsgrafik vorgeschlagen, wodurch man Tendenzen besser zuordnen könnte. Auch eine individuelle Benennung der einzelnen Verlaufsgrafiken war unter den Ideen.

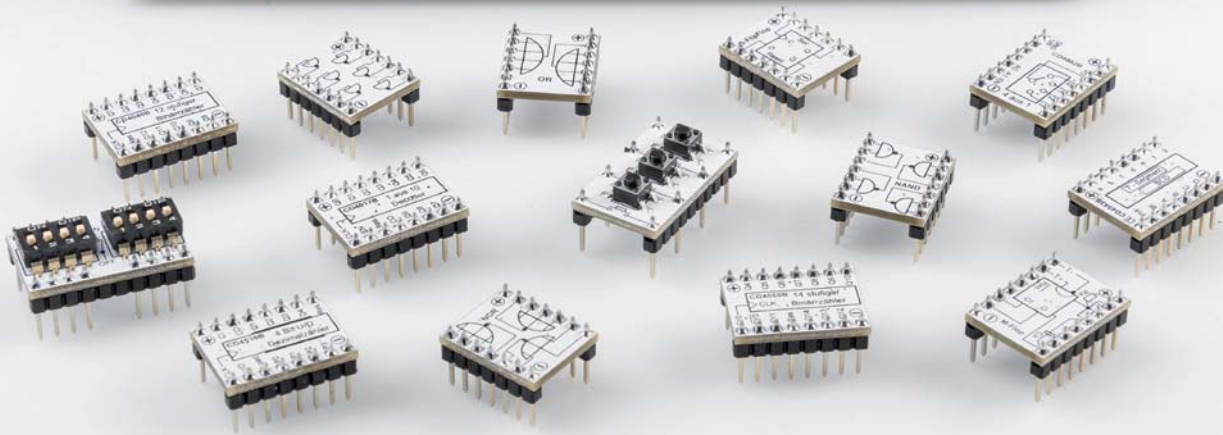
Ab einem bestimmten Firmware-Stand kann man den Kanälen Raumbezeichnungen zuordnen. Dies genügte aber einigen Testern nicht, etwa, wenn man mehrere Kinderzimmer bezeichnen und zuordnen will.

Der Wunsch nach einem noch größeren Display wurde mehrfach geäußert, man muss hier allerdings auch das Preis-Leistungs-Verhältnis des Angebots betrachten.

Schließlich standen noch WLAN-Funktionalität und eine Smartphone-Auswertung auf der Wunschliste. Diese Funktionalitäten können jedoch erst mit der dnt WiFi-Wetterstation WeatherScreen PRO (UVP: 249,- €) erworben werden.

**Fazit:** Eine Funk-Raumklimastation mit nahezu allen Features, die man sich in diesem Preissegment wünschen kann: schicke Optik, umfangreiche Sensorausstattung, hohe Funkreichweite, praktische Datenauswertungen, Alarmfunktionen u.v.m. Herausstechend vor allem das brillante Display – ein äußerst praktischer und leicht bedienbarer Hingucker! **ELV**

**Sie wollen es genau wissen?**  
 Die Testberichte unserer Leser finden Sie auch unter:  
[www.lesertest.elvjournal.com](http://www.lesertest.elvjournal.com)



# Einfach logisch

## Prototypenadapter PAD6 – CMOS-Logik

Teil 2

Unser neues 32-teiliges CMOS-Logiklevel-Modul- und Funktionsplatinen-Set PAD6 ermöglicht Logikschaltungen auf dem Breadboard. Das typische Prototypenadapter-Format gewährt die Steckbrett-Kompatibilität von Bauteilen, die nicht im üblichen 2,54-mm-Rasterformat vorliegen oder nicht mechanisch passen. Zudem sind durch die aufgedruckten Anschlussbeschriftungen alle Funktionen auf einen Blick ersichtlich. Im zweiten Teil der Vorstellung des neuen Bausatzes schauen wir uns die übrigen Module wie u. a. Dezimalzähler, Schieberegister, BCD-zu-7-Segment-Decoder, LED-7-Segment-Anzeige und Logiklevel-Anzeige (8-fach) an.

### Übersicht aller im PAD6 enthaltenen Bauteile

Menge	Typ	Funktion	Pin-Kompatibel ⇨ DIP	Seite	Datenblatt: <a href="https://www.ti.com/">https://www.ti.com/</a>
2	CD4081	4x UND-Gatter mit je 2 Eingängen	ja	Teil 1, ELVjournal 2/2021	lit/gpn/cd4081
2	CD4011	4x NAND-Gatter mit je 2 Eingängen	ja	Teil 1, ELVjournal 2/2021	lit/gpn/cd4011b
1	CD4025	3x NOR mit je 3 Eingängen	nein	Teil 1, ELVjournal 2/2021	lit/gpn/cd4025b
2	CD4072	2x ODER-Gatter mit je 4 Eingängen	ja	Teil 1, ELVjournal 2/2021	lit/gpn/cd4071b
2	CD4069	6x Inverter	ja	Teil 1, ELVjournal 2/2021	lit/gpn/cd4069ub
3	CD4013	1x D-Flip-Flop	nein	Teil 1, ELVjournal 2/2021	lit/gpn/cd4013b
2	CD4040	12-stufiger Binärzähler	nein	Teil 1, ELVjournal 2/2021	lit/gpn/cd4040b
2	CD4060	14-stufiger Binärzähler mit Oszillator	nein	Teil 1, ELVjournal 2/2021	lit/gpn/cd4060b
2	CD4510	Dezimalzähler (aufwärts/abwärts)	nein	53	lit/gpn/cd4510b
1	CD4017	Dezimalzähler mit 10 Ausgängen	nein	54	lit/gpn/cd4017b
2	CD4052	1x Multiplexer 1 aus 4	nein	56	lit/gpn/cd4052b
2	HEF4094	8-Bit Schieberegister mit parallelen Ausgängen	nein	57	lit/gpn/cd4094b
2	CD4098	1x Monoflop (Monostabiler Multivibrator)	nein	58	lit/gpn/cd4098b
2	CD4543	BCD zu 7-Segment-Decoder	nein	59	lit/gpn/cd4543b
1	CD4543 mit LED-7-Segment-Anzeige			61	
1	8-fach Logik-Level-Anzeige (High/Low)			62	
1	Sound-Transducer 2 kHz			62	
1	3-fach Taster			63	
1	8-fach DIP-Schalter			63	



## CD4510 – Dezimalzähler (aufwärts/abwärts)

### Funktion

Der CD4510 ist ein universeller Dezimalzähler (dekadisch) mit der Möglichkeit, Zählerzustände zu laden (Vorwahlmöglichkeit). Dieser 4-Bit-Dezimalzähler ist sowohl als Aufwärts- als auch als Abwärtszähler konfigurierbar. Zudem ist der Zähler kaskadierbar und der Zählerstand kann geladen werden.

Bei einer Low-High-Flanke am Clock-Eingang wird um eine Stelle weiter gezählt. Der Anschluss U/D (Up/Down) legt fest, in welche Richtung gezählt werden soll. Da der Zähler dezimal arbeitet, erfolgt nach dem Zählerstand von 9 ein Reset auf 0. Während dieses Vorgangs wird ein Carry-out-Signal erzeugt, das zur Kaskadierung für den nächsten Zähler genutzt werden kann. Die Kaskadierung kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Entweder man verbindet den Carry-out (CO) mit dem Clock-Eingang der nächsten Stufe oder man legt an alle in der Kaskade befindlichen Zähler den gleichen Takt an und verbindet jeweils den Carry-out mit dem Carry-in der nächsten Stufe.

In Bild 37 (Diagramm) sind die wesentlichen Signalverläufe dargestellt. Das parallele Laden von Daten an den Eingängen P1 bis P4 geschieht über ein High-Signal an Eingang „Load“.

In der Wahrheitstabelle (Bild 38) sind alle Eingänge und deren Funktion noch einmal dargestellt.

Daten

### CD4510 – Dezimalzähler (aufwärts/abwärts)

Bezeichnung:	CD4510, HEF4510, HCF4510, MC144510, MOS4510
Typ:	CMOS Dezimalzähler (aufwärts/abwärts)
Modulbezeichnung:	CM-IC-CD4510B
DIP-kompatibel:	nein
Betriebsspannung:	3–15 V
Frequenz:	1,5 MHz @ UB = 5 V 4 MHz @ UB = 10 V
Stromaufnahme:	0,4 mA

Der Reseteingang wird im Normalbetrieb auf Low-Pegel gehalten. Auf unserem Modul ist der Resetanschluss vom CD4510 mit einem Widerstand gegen Masse geschaltet. Wie man im Schaltbild (Bild 39) erkennt, sind die Eingänge mit Widerständen auf „Default“-Betrieb voreingestellt und man erspart sich die Konfiguration. Nach Anlegen der Versorgungsspannung ist der Zähler sofort betriebsbereit: nur noch das Clocksignal anlegen und der CD4510 zählt aufwärts. In Bild 40 ist das Prototypenadapter-Modul abgebildet.

Bild 37: Signalverläufe des CD4510

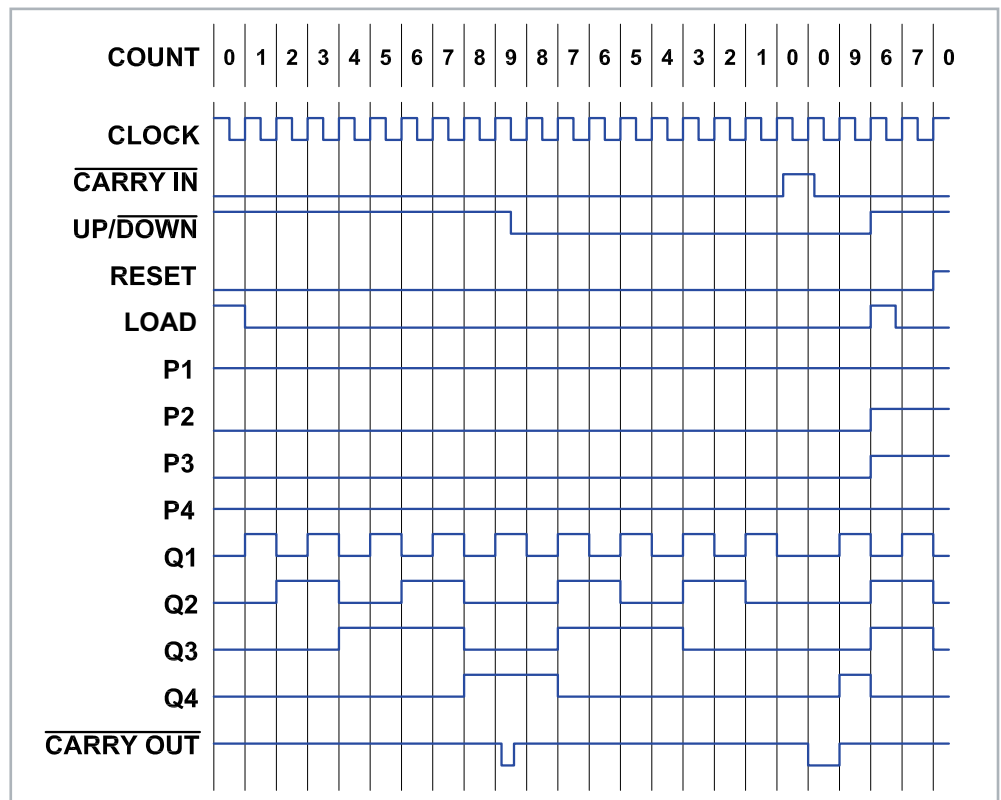


Bild 38: Wahrheitstabelle des CD4510

Clock	Reset	U/D	CI	Load	Funktion
	0	1	0	0	Clock: Low->High Zähler zählt um eins aufwärts
	0	0	0	0	Zähler zählt um eins abwärts
X	0	X	X	1	Daten an P1 bis P4 werden geladen
X	X	X	1	X	keine Änderung
X	1	X	X	X	Zähler wird zurückgesetzt

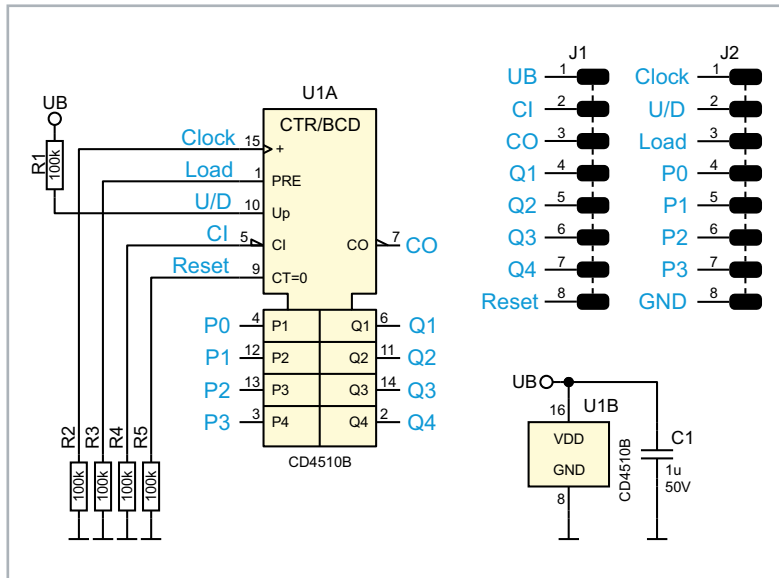


Bild 39: Schaltbild des Moduls CD4510

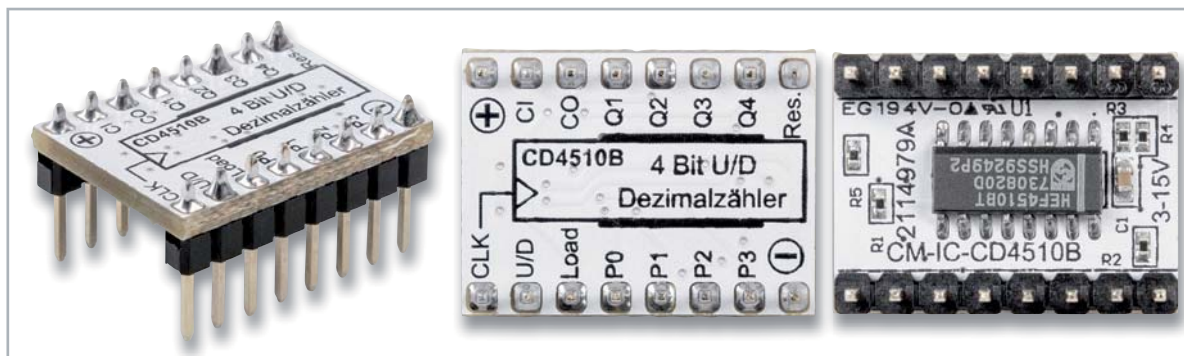


Bild 40: CD4510-Modul

## CD4017 – Dezimalzähler mit 10 Ausgängen

### Funktion

Der CD4017 ist ein synchroner Dezimalzähler mit zehn Ausgängen. Im Gegensatz zu einem Binärzähler ist immer nur einer der zehn Ausgänge aktiv, also ein 1-aus-10-Decoder. In Bild 41 ist das Schaltbild für den CD4017 dargestellt.

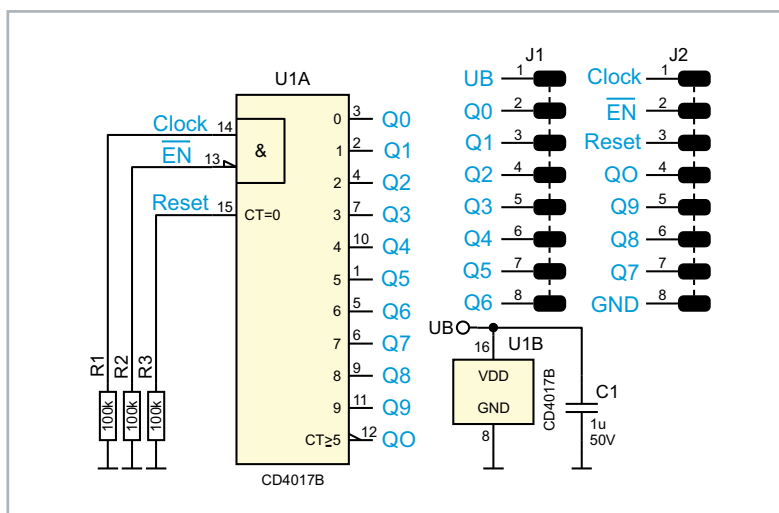


Bild 41: Schaltbild des Moduls CD4017

### Daten

#### CD4017 – Dezimalzähler mit 10 Ausgängen

Bezeichnung:	CD4017, HEF4017, HCF4017, MC144017, MOS4017
Typ:	CMOS Dezimalzähler mit 10 Ausgängen
Modulbezeichnung:	CM-IC-CD4017B
DIP-kompatibel:	nein
Betriebsspannung:	3–15 V
Frequenz:	1,5 MHz @ UB = 5 V 12 MHz @ UB = 10 V
Stromaufnahme:	0,4 mA

In Bild 42 sind die Ein- und Ausgangssignale grafisch dargestellt, um einen besseren Einblick in die Funktion zu bekommen.

Die drei Pull-down-Widerstände R1–R3 dienen dazu, die Eingänge auf einen definierten Pegel, hier auf Massepotential, zu legen. Wie bereits gesagt, müssen alle nicht benutzten Eingänge entweder auf High- oder auf Low-Pegel gehalten werden. Hierdurch wird die Verwendung dieses Bausteins vereinfacht, da die Beschaltung die Grundeinstellung darstellt. Der Reset und der /EN-Anschluss liegen somit auf Masse



(Low-Pegel) und müssen nicht noch extra beschaltet werden, es sei denn, man möchte diese Funktionen nutzen. Welche Auswirkung diese beiden Steuereingänge auf die Funktion haben ist in Bild 43 zu sehen.

Bei einem Low-High-Wechsel am Clock-Eingang schreitet der Zähler um eine Stelle weiter. Da der Enable-Eingang mit dem Takteingang über ein Gatter verknüpft ist, kann dieser Pin auch zum Takten verwendet werden, wenn der Clock-Eingang auf High liegt.

Mit diesem Baustein lässt sich auf einfache Weise ein Lauflicht realisieren (Knight-Rider). Hierzu wird ein Takt mit relativ niedriger Frequenz auf den Clock-Eingang gegeben. Die Ausgänge werden nun der Reihe nach eingeschaltet und man erhält ein 10-Kanal-Lauflicht.

Möchte man nur ein Lauflicht mit fünf Kanälen, verbindet man den Ausgang Q5 mit dem Reset-Eingang. Sobald der Ausgang Q5 auf High wechselt, wird ein Reset durchgeführt und der Zähler springt zurück auf Q0. Solche Schaltungen sind im Internet zahlreich zu finden.

In Bild 44 ist das Prototypenadapter-Modul vom CD4017 abgebildet.

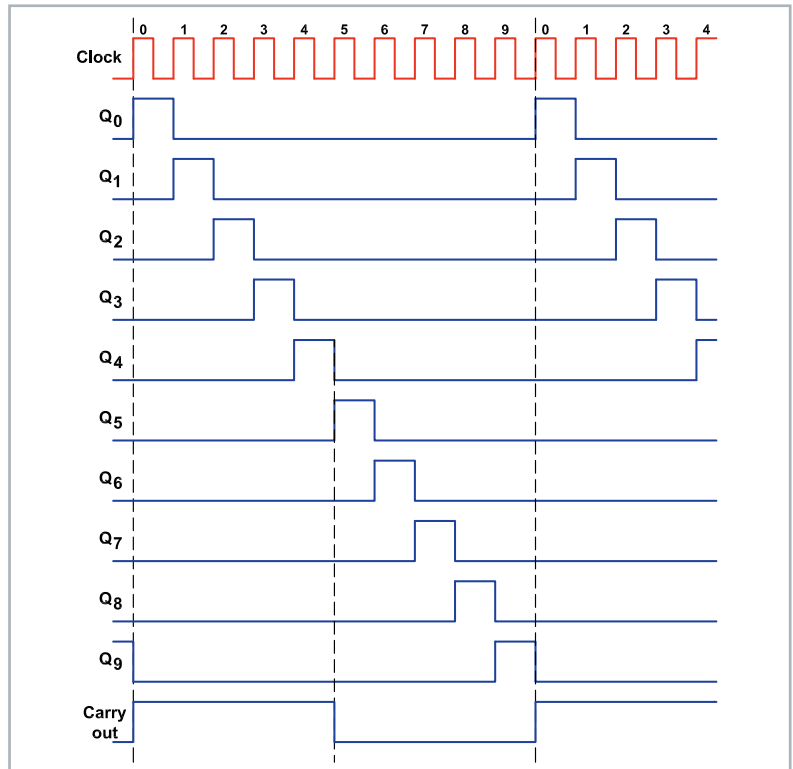
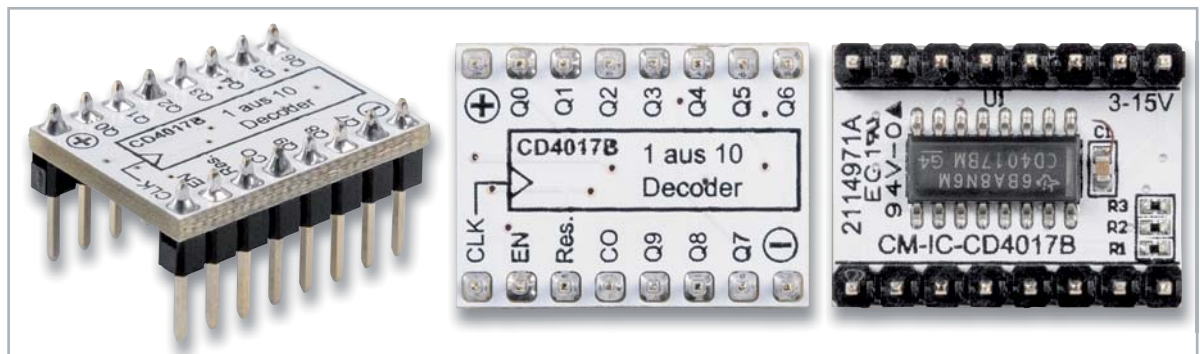


Bild 42: Der Signalverlauf am CD4017

Bild 43: Wahrheitstabelle des CD4017

Clock	EN	Reset	Funktion
	0	0	Zähler schreitet um eine Stelle weiter
1		1	Zähler schreitet um eine Stelle weiter
X	X	1	Zähler wird zurückgesetzt; Q0 aktiv

Bild 44: CD4017-Modul



## Abonnieren Sie den **ELV NEWSLETTER** und bleiben Sie stets informiert!

Neueste Technikrends, 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](https://de.elv.com/newsletter)  
[at.elv.com/newsletter](https://at.elv.com/newsletter) · [ch.elv.com/newsletter](https://ch.elv.com/newsletter)





## CD4052 – Multiplexer 1 aus 4 Kanälen

### Funktion

Der CD4052 beinhaltet zwei Multiplexer 1 aus 4. Die Funktion eines Multiplexers lässt sich am einfachsten erklären, wenn man sich einen Umschalter vorstellt. In unserem Fall wäre es ein Drehschalter mit vier Stellungen.

Mit diesem Schalter können sowohl analoge als auch digitale Signale ausgewählt werden. Der Signalverlauf kann in beide Richtungen erfolgen, somit sind alle Anschlüsse sowohl Ein- als auch Ausgänge. Die Auswahl, welcher Kanal ausgewählt werden soll, geschieht mit den beiden Steuereingängen A0 und A1. Die Zusammenhänge sind gut in der Wahrheitstabelle (Bild 45) zu sehen. Mit dem Anschluss Enable (EN) kann der Multiplexer deaktiviert werden (kein Kanal ist ausgewählt).

Wenn man analoge Signale, die massebezogen in den negativen Spannungsbereich reichen können, schalten will, muss der Anschluss (GND/-UB) zusätzlich mit einer negativen Spannung versorgt werden. Bewegt sich die Eingangsspannung im Bereich von Masse (-UB) und +UB, wird dieser Anschluss mit GND verbunden. Zu beachten ist, dass der „Schalter“ einen Durchlasswiderstand von ca. 120  $\Omega$  aufweist.

Daten

### CD4052 – Multiplexer 1 aus 4 Kanälen

Bezeichnung:	CD4052, HEF4052, HCF4052, MC144052, MOS4052
Typ:	Multiplexer 1 aus 4 Kanälen
Modulbezeichnung:	CM-IC-CD4052B
DIP-kompatibel:	nein
Schaltwiderstand:	120 $\Omega$
Betriebsspannung:	3–15 V
Stromaufnahme:	1 mA

Der CD4052 hat zwei identische und unabhängige Multiplexer. Übersichtshalber wurde der zweite Multiplexer deaktiviert. Somit bleibt auf der Platinoberseite mehr Platz für die Bedruckung (Silkscreen). In Bild 46 ist das Schaltbild und in Bild 47 sind die Platinenfotos zu sehen.

Funktion				Vereinfachtes Schaltsymbol
Multiplexer 1 aus 4				
A0	A1	Enable	I/O	
0	0	0	0 -> I/O	
1	0	0	1 -> I/O	
0	1	0	2 -> I/O	
1	1	0	3 -> I/O	
x	x	1	offen	

Bild 45: Wahrheitstabelle CD4052

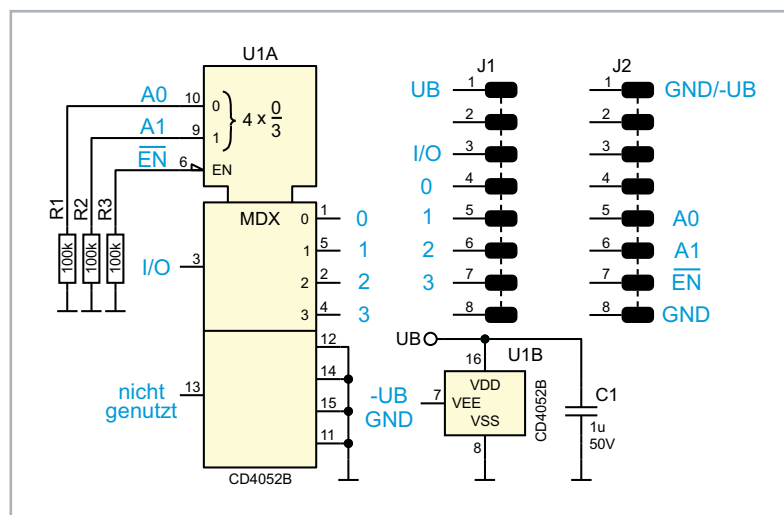


Bild 46: Schaltbild des Moduls CD4052

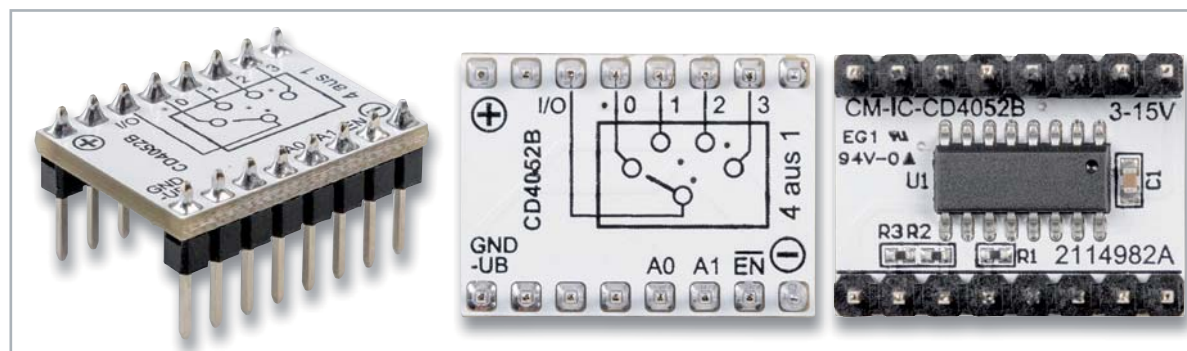


Bild 47: CD4052-Modul





## HEF4094 – Schieberegister 8-Bit

### Funktion

Der HEF4094 ist ein 8-Bit-Schieberegister mit seriellem Dateneingang und parallelen Datenausgängen. Die Daten können seriell über den Dateneingang (Din) zugeführt werden. Bei der positiven Flanke (Low->High) vom Clocksignal wird das Logiksignal am Dateneingang (Din) in das interne Register übernommen. Gleichzeitig werden alle Daten, die sich im 8-Bit-Register befinden, um eine Stelle weitergeschoben.

Voraussetzung hierfür ist, dass der Anschluss Strobe (Str.) auf High-Pegel liegt. Das 8-Bit breite Ausgangssignal liegt an den Ausgängen Q1 bis Q7 an. Mit dem Anschluss OE (Output-Enable) können die Ausgänge in einen hochohmigen Zustand versetzt werden (Tristate). Um mehrere Schieberegister kaskadieren zu können, sind zwei spezielle Ausgänge (Qs und Q's) vorhanden. Der Unterschied zwischen diesen beiden Ausgängen ist, dass die Daten an Qs bei der positiven Flanke des Clock-Signals ausgegeben werden und an Q's bei der negativen Flanke weitergegeben werden. Alle Zusammenhänge veranschaulichen die Wahrheitstabelle (Bild 48).

Das Schaltbild ist in Bild 49 und die Fotos der Platine sind in Bild 50 dargestellt.

Für weitere ausführliche Informationen lohnt sich ein Blick in das Datenblatt des Herstellers [1].

Bild 49: Schaltbild des Moduls CD4094

Schieberegister HEF4094							
Eingänge				Ausgänge			
Clock	D-Eingang	Strobe	OE	Q1	Qn	Qs	Q's
	0	1	1	0	Qn-1	Q7	x
	1	1	1	1	Qn-1	Q7	x
	x	0	1	x	x	Q7	x
	x	x	0	offen (Z)	x	Q7	x
	x	x	1	x	x	x	Qs
	x	x	0	offen (Z)	offen (Z)	x	Qs

Bild 48: Wahrheitstabelle CD4094

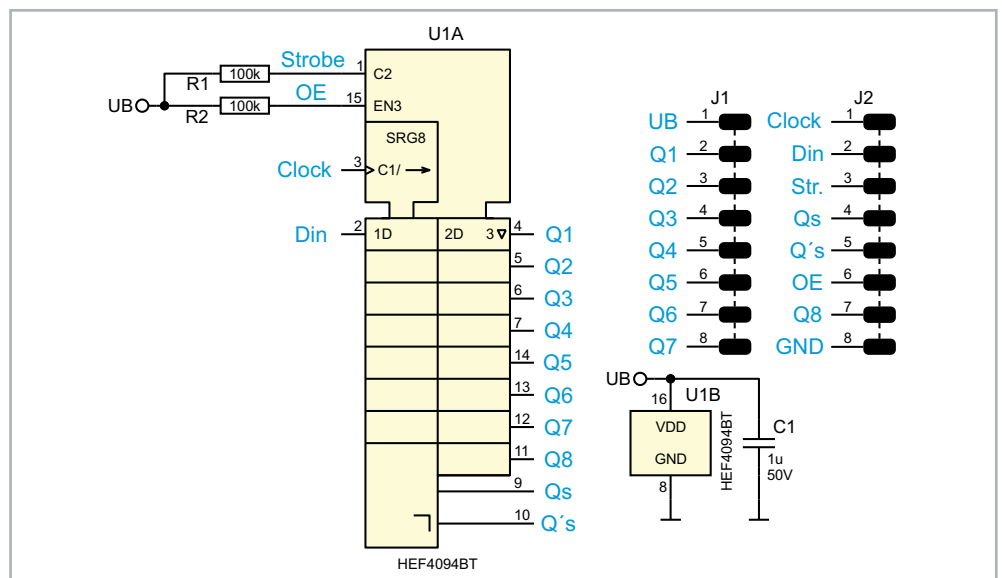
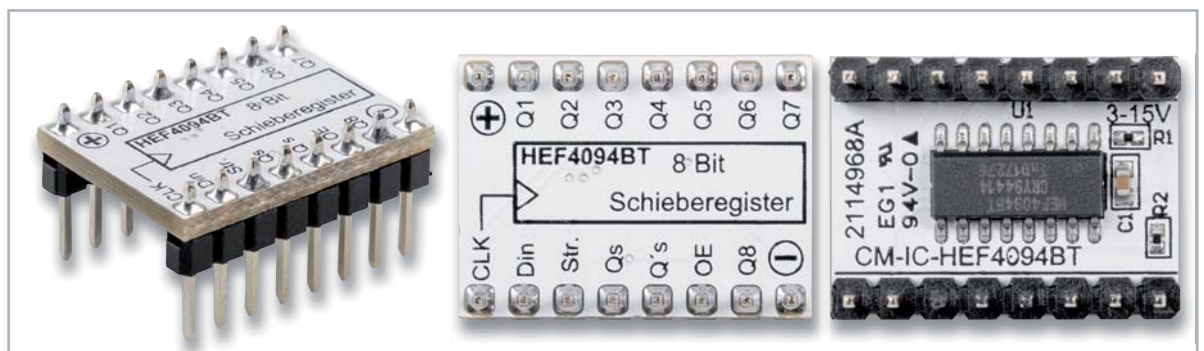


Bild 50: CD4094-Modul



## CD4098 – Monoflop

### Funktion

Ein Monoflop, auch monostabile Kippstufe, dient zur Erzeugung bestimmter Impulslängen. Über eine Zeitkonstante (Widerstand/Kondensator) wird die zeitliche Länge des Ausgangsimpulses festgelegt. Wie ein „normales Flip-Flop“ besitzt ein Monoflop einen Q- und einen /Q-Ausgang. Wir verwenden in unserem Monoflop den Baustein CD4098, der zwei separate Monoflops enthält. Einer davon ist deaktiviert, sodass auf der Platine mehr Platz für Symbole ist.

Getriggert wird wahlweise über eine positive oder negative Flanke an den beiden Triggereingängen T+ und T-. Soll der Eingang T+ zur Triggierung mit der positiven Flanke genutzt werden, ist der Eingang T- auf High-Pegel zu legen. Im umgekehrten Fall, wenn also mit einer negativen Flanke getriggert werden soll, ist der T+ auf Low zu legen. Dies ist auch in der Wahrheitstabelle (Bild 51) dargestellt.

Im Normalbetrieb ist der Reset-Eingang auf High-Pegel zu halten. Durch ein Low am Reset-Eingang wird das Monoflop zurückgesetzt und auch ein momentaner Ausgangsimpuls beendet. Das Monoflop ist retriggierbar, was bedeutet, dass der Ausgangsimpuls immer wieder verlängert wird, wenn während der Impulsdauer ein neues Triggersignal anliegt.

**Hinweis!** Dieses Modul bedarf einer externen Beschaltung mit einem Widerstand und einem Kondensator (siehe Bild 52), mit dem die Ausgangsimpulsdauer festgelegt wird.

CD4098 Monoflop				
Eingänge			Ausgänge	
T+	T-	/Reset	Q	/Q
	1	1	1	0
0		1	1	0
x	x	0	0	1

Bild 51: Wahrheitstabelle des CD4098

### Daten

#### CD4098 – Monoflop

Bezeichnung:	CD4098, HEF4098, HCF4098, MC144098, MOS4098
Typ:	CMOS Monoflop
Modulbezeichnung:	CM-IC-CD4098B
DIP-kompatibel:	nein
Triggerimpuls:	150 ns min.
Ausgangsimpuls:	500 ns min.
Betriebsspannung:	3–15 V

Wie dies auf einem Steckboard geschehen kann, zeigt das Bild 53. Der Formfaktor der Platine wurde so gewählt, dass auch die Bauteile aus dem PAD3 (Widerstände und Kondensatoren) genutzt werden können (rechtes Beispiel in Bild 53). Auf der linken Seite von Bild 53 ist zu sehen, wie man dies mit normalen bedrahteten Bauteilen macht.

Die Impulsdauer kann mit folgender Faustformel berechnet werden:  $T = 0,5 \cdot R_x \cdot C_x$ .

Der Widerstandwert kann in einem Bereich von 5 k $\Omega$  bis 10 M $\Omega$  liegen. Der Wertebereich für den Kondensator darf im Bereich 10 nF bis 100  $\mu$ F liegen.

In Bild 54 ist das Schaltbild und in Bild 55 das CD4098-Modul zu sehen.

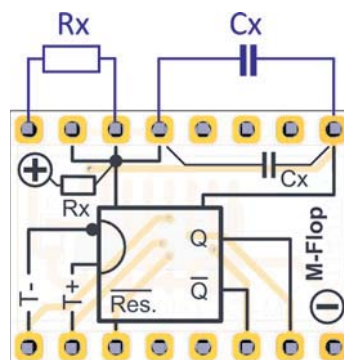


Bild 52: Die externen Komponenten Rx und Cx

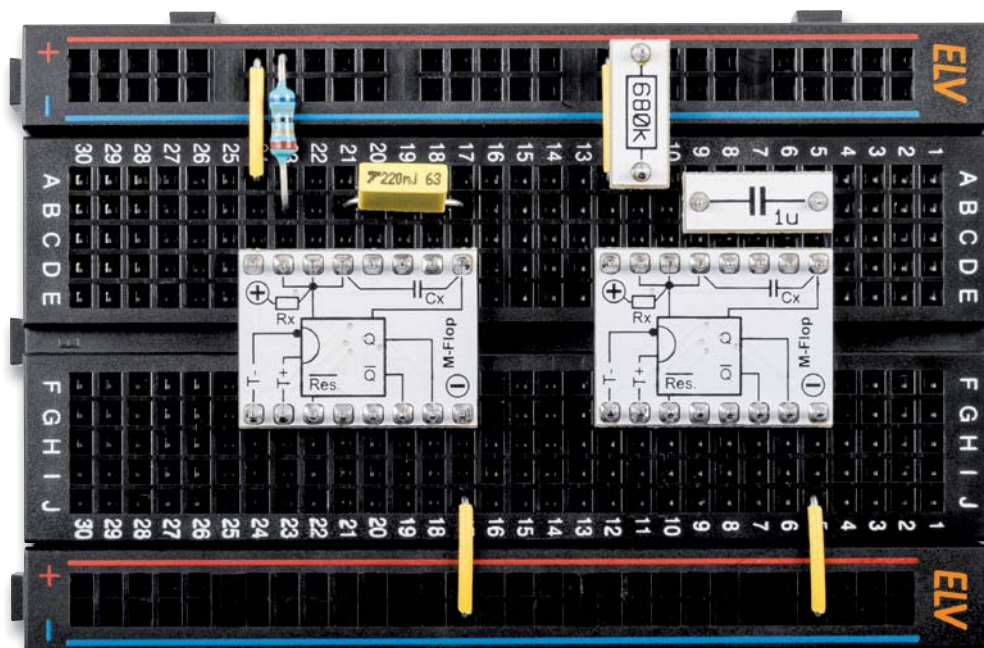


Bild 53: So werden die externen Komponenten Rx und Cx an das Modul „CMOS Monoflop CD4098“ angeschlossen: links mit bedrahteten Bauteilen, rechts mit Komponenten aus PAD3.



Bild 54: Schaltbild des Moduls CD4098

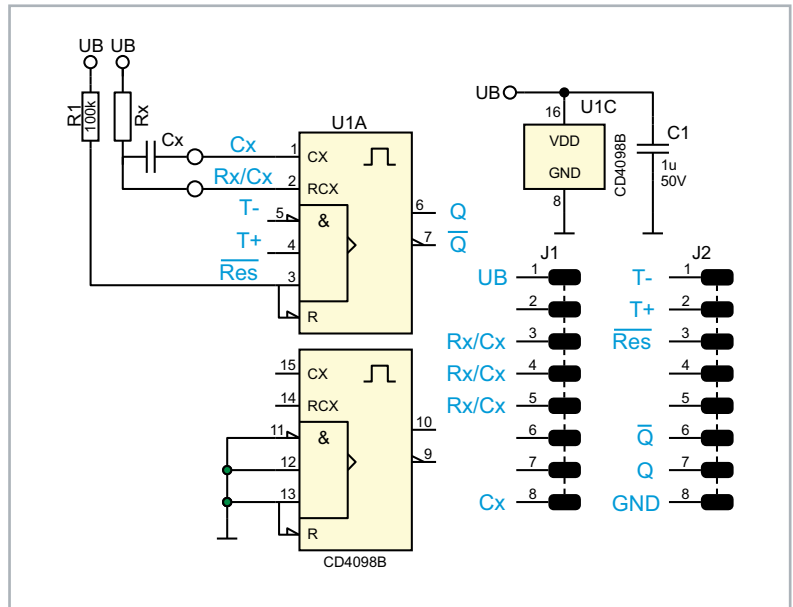
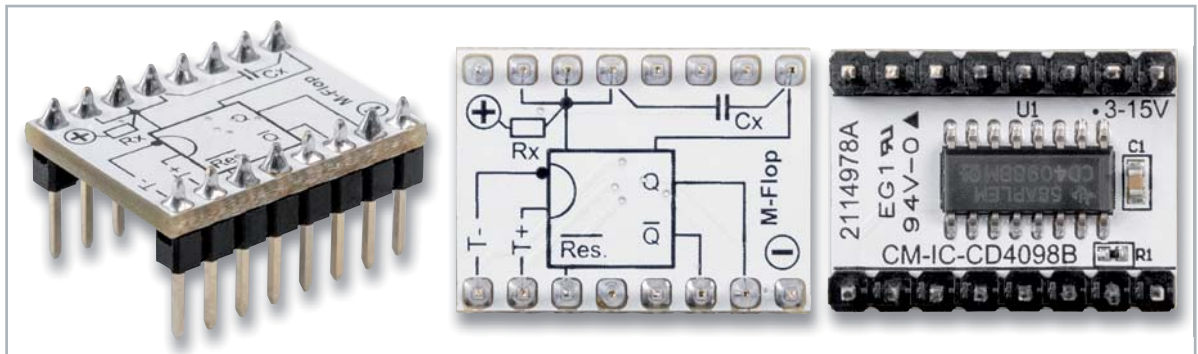


Bild 55: CD4098-Modul



## CD4543 – BCD-zu-7-Segment-Decoder

### Funktion

Dieser Decoder wandelt einen BCD-Code (Binary Coded Decimal) in eine 7-Segment-Ausgabe für LED- oder LC-Anzeigen um, zudem besitzt dieser Baustein noch einen Eingangsspeicher. In der Regel wird dieser Baustein für LED-7-Segment-Anzeigen verwendet. Der Anschluss PI legt fest, ob eine LED-Anzeige mit gemeinsamer Anode (PI = H) oder Katode (PI = L) verwendet werden soll. Bei LC-Displays wird an PI ein Rechtecksignal eingespeist.

Die Tabelle in Bild 56 zeigt anhand der Logikpegel, wie der Decoder funktioniert. Die Spalten A bis D sind die Eingänge, und in Spalte „Anzeige“ ist der Anzeigewert zu sehen. Ein High am Anschluss BI (Blanking Input) schaltet die LED-Ausgänge ab und die Anzeige bleibt dunkel.

Für den normalen Betrieb muss der Eingang LE (Latch Enable) auf High gehalten werden. Falls Eingangsdaten nicht dauerhaft an den Eingängen A bis D anliegen, können diese im Eingangsspeicher abgelegt werden. Hierzu wird der Anschluss LE kurzzeitig auf Low gebracht, wodurch die Daten im Speicher abgelegt werden.

Bild 57 zeigt, wie man eine externe 7-Segment-Anzeige an den CD4543 anschließt. Wichtig sind dabei die Vorwiderstände  $R_v$ , die den LED-Strom

Daten	<b>CD4543 – BCD-zu-7-Segment-Decoder</b>
	Bezeichnung: CD4543, HEF4543, HCF4543, MC144543, MOS4543
	Typ: CMOS BCD-zu-7-Segment-Decoder
	Modulbezeichnung: CM-IC-CD4543B
	DIP-kompatibel: nein
	Betriebsspannung: 3–15 V
	Stromausgang: 10 mA max./Segment

begrenzen. Diese müssen je nach Betriebsspannung und gewünschter Helligkeit angepasst werden. Folgende Widerstandsgrößen können als Richtwerte genommen werden:

- $R_v = 220 \Omega @ UB = 3 V$
- $R_v = 470 \Omega @ UB = 5 V$
- $R_v = 2200 \Omega @ UB = 12 V$

In Bild 58 ist das Schaltbild zu sehen, Bild 59 zeigt das Modul.



A	B	C	D	LE	BI	Anzeige
L	L	L	L	H	L	0
H	L	L	L	H	L	1
L	H	L	L	H	L	2
H	H	L	L	H	L	3
L	L	H	L	H	L	4
H	L	H	L	H	L	5
L	H	H	L	H	L	6
H	H	H	L	H	L	7
L	L	L	H	H	L	8
H	L	L	H	H	L	9
X	X	X	X	H	H	Aus

Bild 56: Wahrheitstabelle CD4543

H = High-Pegel  
L = Low-Pegel  
X = Zustand beliebig

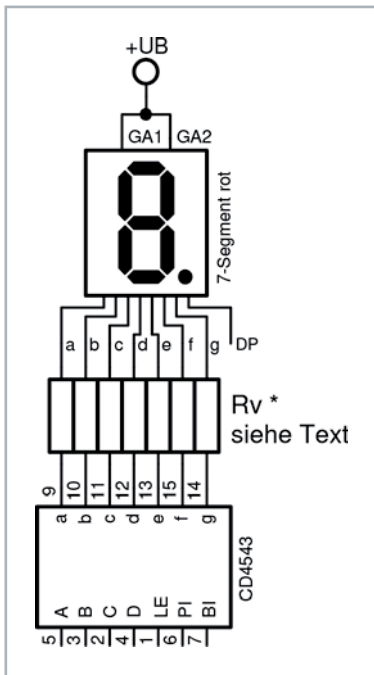


Bild 57: So wird eine 7-Segment-Anzeige mit gemeinsamer Anode an den CD4543 angeschlossen.

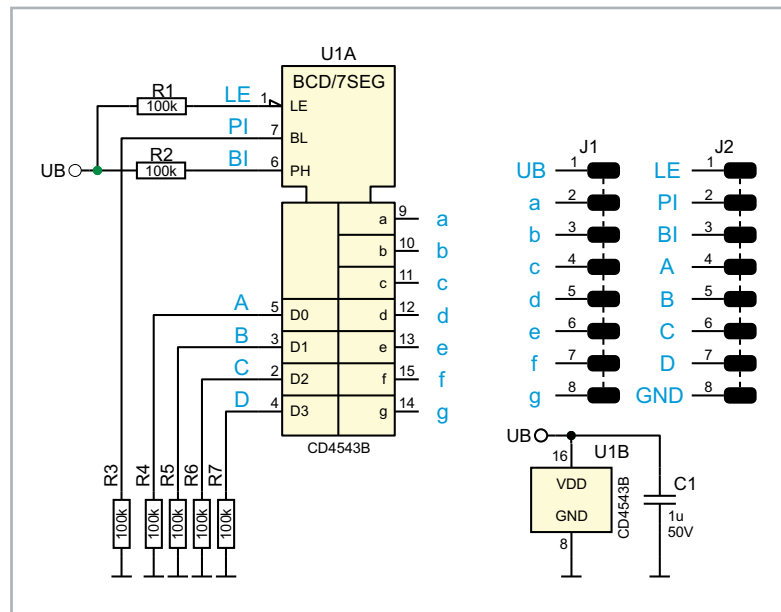


Bild 58: Schaltbild des Moduls CD4543

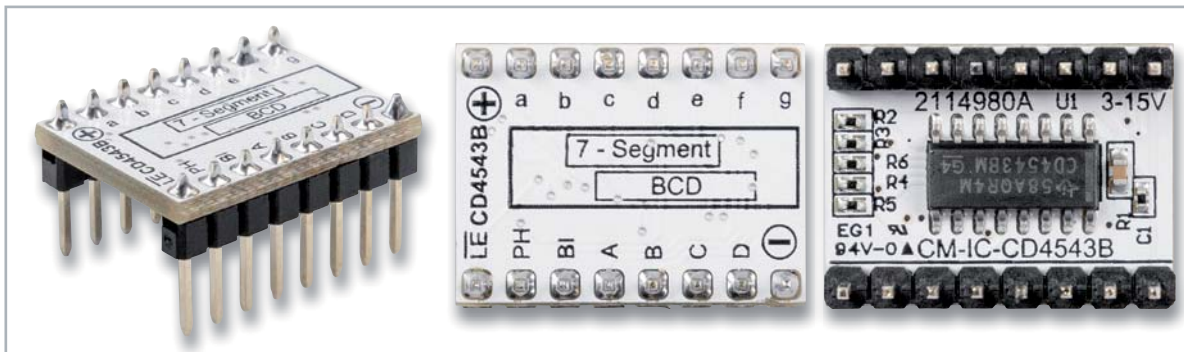


Bild 59: CD4543-Modul



## CD4543 – mit LED-7-Segment-Anzeige

### Funktion

Dieses Displaymodul CM-DL-M01 beinhaltet zwei der im vorherigen Abschnitt beschriebenen BCD-Decoder CD4543 und zusätzlich jeweils eine 7-Segment-Anzeige. Somit spart man nicht nur Platz auf dem Steckboard, sondern auch den nicht ganz unerheblichen Verdrahtungsaufwand mit einer diskreten 7-Segment-Anzeige.

Das Modul hat zwei BCD-Eingänge zur separaten Steuerung jeder Anzeige. Aus Platzgründen fehlt allerdings der Eingang „LE“ (Latch Enable), der zur Speicherung der Daten dient. Diese Funktion wird in der Praxis allerdings recht selten genutzt, weshalb dieser Anschluss hier entfällt. Der Eingang „BI“ (Blanking Input) ist hingegen recht sinnvoll, da hiermit die Anzeige deaktiviert (verdunkelt) werden kann.

Das 7-Segment ist mit einer LED-Matrix aus einzelnen kleinen LEDs realisiert. Da uns vom BCD-Decoder lediglich eine Datenleitung pro Segment zur Verfügung steht, ist die Ansteuerung etwas trickreich. Mittels der zahlenreichen Dioden (siehe Schaltbild Bild 60), die als „wired-or“ (verdrahtete ODER-Funktion) mit den LEDs verbunden sind, reagieren die

### Daten

## CD4543 – mit LED-7-Segment-Anzeige

Typ:	CMOS BCD-zu-7-Segment-Decoder
Modulbezeichnung:	CM-DL-M01
DIP-kompatibel:	nein
Betriebsspannung:	3–15 V
Anzeige:	7-Segment mittels Diodenmatrix
Stromaufnahme:	15 mA @ 3 V 160 mA @ 12 V

LEDs an den Schnitt- und Kreuzungspunkten der Segmente auf mehrere Segmentsteuerleitungen.

Die Displayplatine verfügt auch über zwei Dezimalpunkte. Diese können bei Bedarf mittels Lötbrücken aktiviert werden. Hierzu wird die Brücke J1 bzw. J2 mit einer Lötzinnbrücke (mit Lötcolben und Lötzinn auflöten) gebrückt. Bild 61 zeigt das Modul.

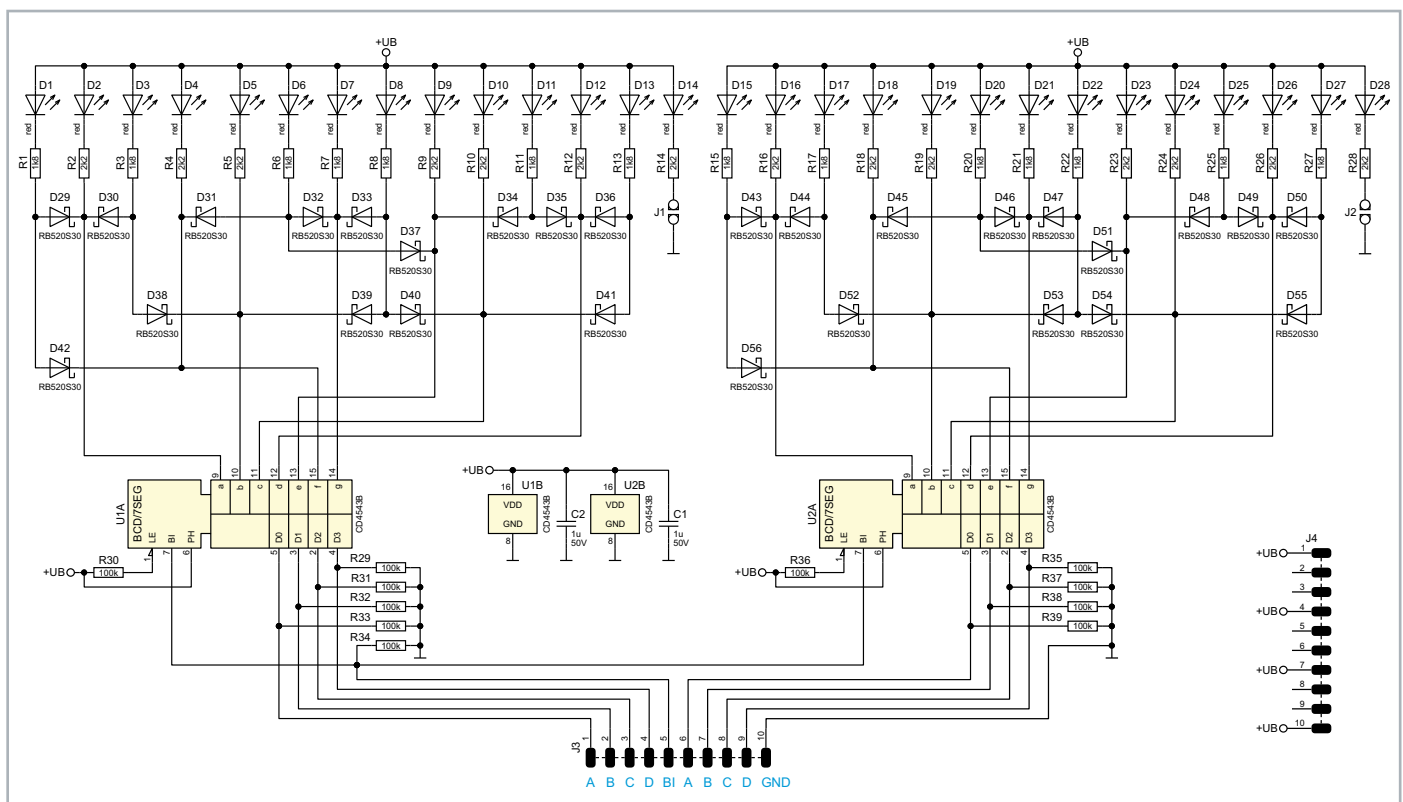


Bild 60: Schaltbild Displaymodul

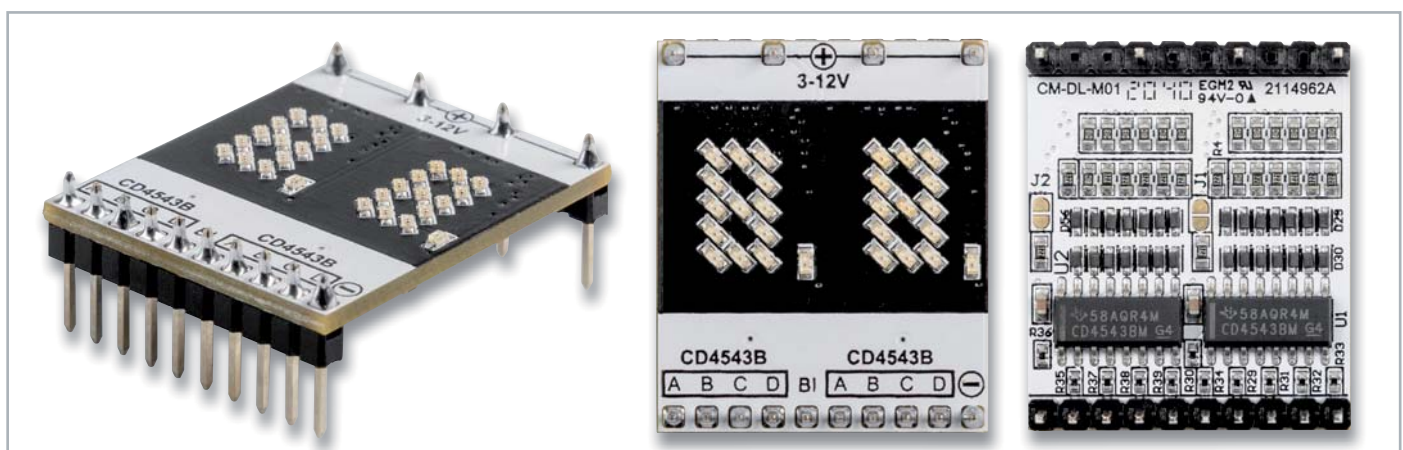


Bild 61: Displayplatine CM-DL-M01



## Logiklevel-Anzeige (8-fach)

### Funktion

Mit dieser Platine lassen sich Logikpegel, also die logischen Zustände in der Schaltung, einfach erkennen und darstellen. Mittels unterschiedlicher LEDs kann der Zustand High oder Low angezeigt werden. Es gibt drei unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten.

Die im Schaltbild (Bild 62) oben dargestellten roten LEDs haben einen gemeinsamen Anodenanschluss (+). Schließt man nur die Versorgungsspannung an „+UB“ an, und nicht den Masseanschluss (-), leuchten diese LEDs (L-Level), wenn man den Eingang (1–8) auf Masse legt. Dies wäre der Fall, wenn man den Ausgang eines Bausteines gegen Masse schaltet. Bei einem High-Pegel leuchten diese LEDs nicht.

Im umgekehrten Fall, wenn man also nur High-Pegel anzeigen möchte, verbindet man nur den Masseanschluss (-) an der -UB und lässt den „+“ Anschluss unbeschaltet. Bei einem High-Pegel leuchten jetzt nur die grünen LEDs (H).

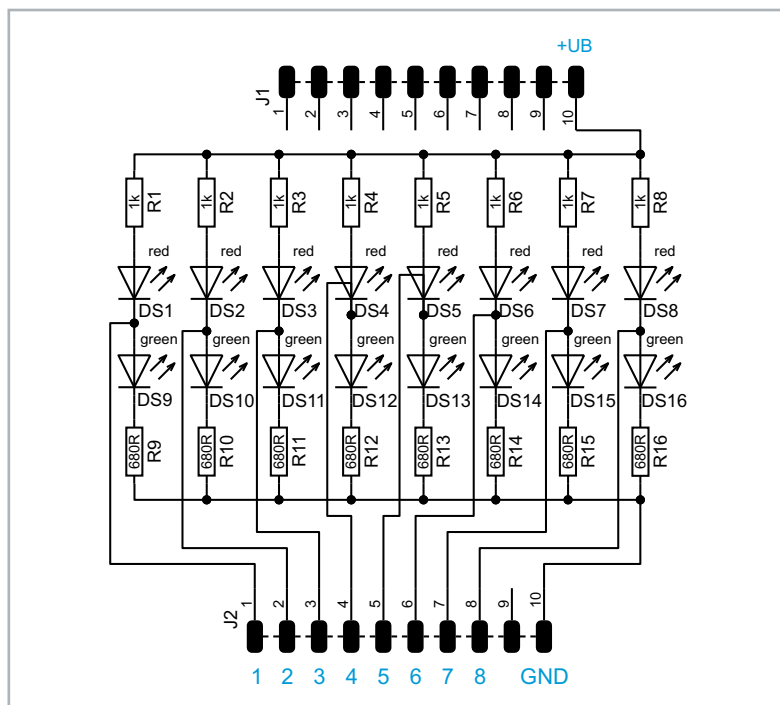


Bild 62: Schaltbild der Logiklevel-Anzeige

### Logikpegel (8-fach)

Daten	Typ:	8-fach Logiklevel
	Modulbezeichnung:	CM-DL-M02
	Betriebsspannung:	3–12 V
	Anzeige:	8x LED (grün), 8x LED (rot)
	Stromaufnahme:	8 mA @ 3 V
		50 mA @ 12 V

Bei der dritten Anzeigenvariante werden beide Anschlüsse „+“ und „-“ mit der Versorgungsspannung verbunden. Jetzt leuchtet je nach Eingangspegel die rote LED für Low und die grüne LED für High. Hierbei ist zu beachten, dass beide LEDs leicht aufleuchten, falls der Eingang unbeschaltet ist. Bild 63 zeigt das Logiklevel-Modul.

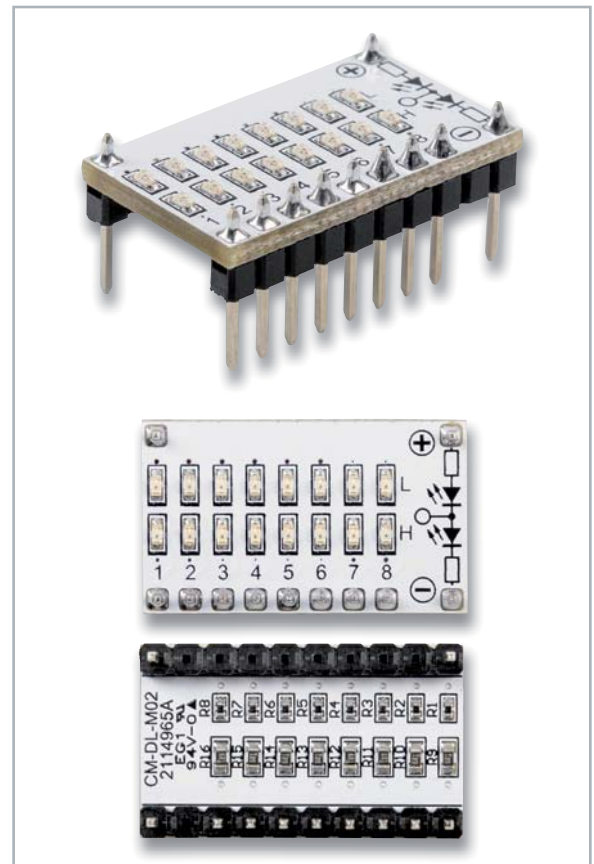


Bild 63: Logiklevel-Modul

## Sound-Transducer

### Funktion

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 Schwingspule 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.

Die Schaltung enthält noch einen kleinen Schalttransistor, der die Ansteuerung vereinfacht (siehe Schaltbild Bild 64). Ab einer Spannung von

### Sound-Transducer

Daten	Typ:	Sound-Transducer 2 kHz
	Modulbezeichnung:	CM-AS-01
	Betriebsspannung:	3–10 V
	Eingangspegel:	1,5–12 V
	Resonanzfrequenz:	ca. 2 kHz
	Stromaufnahme:	40 mA max. @ 10 V

1,5 V schaltet der Transistor durch und steuert (schaltet) somit den eigentlichen Transducer. Bild 65 zeigt das Sound-Transducer-Modul.

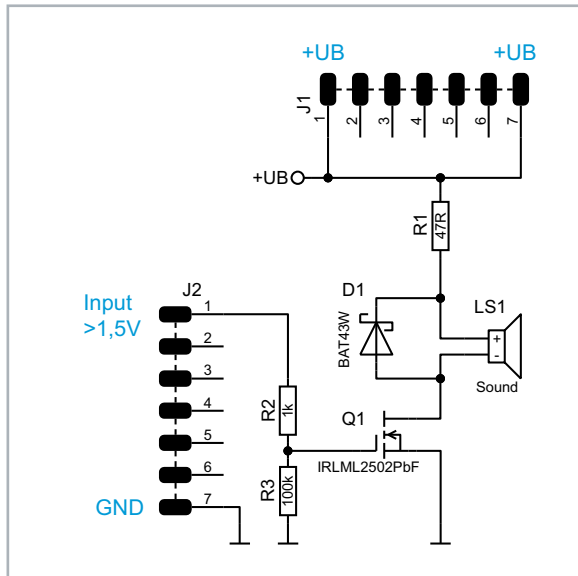


Bild 64: Schaltbild des Sound-Transducers



Bild 65: Sound-Transducer-Modul

## Taster- und Schalterplatine

### Funktion

Als Bedien- bzw. Eingabeelemente sind jeweils eine Tasterplatine mit drei Tastern (Bild 66) und eine Schalterplatine mit acht DIP-Schaltern (Bild 67) vorgesehen. Hiermit lassen sich bestimmte Vorgänge wie z. B. Start/Stopp usw. realisieren.

Die DIP-Schalter können z. B. zur Voreinstellung von Zählerständen genutzt werden. Hierbei sind die technischen Daten zu beachten, denn der max. Schaltstrom beträgt nur wenige Milliampere.

### Taster- und Schalterplatine

Typ:	Tasterplatine 3-fach
Modulbezeichnung:	CM-PB1102
Betriebsspannung:	12 V max.
Strom:	50 mA max.

Typ:	DIP-Schalterplatine 8-fach
Modulbezeichnung:	CM-PB2401
Betriebsspannung:	24 V max.
Strom:	25 mA max.

Daten

Bild 66:  
Tasterplatine 3-fach

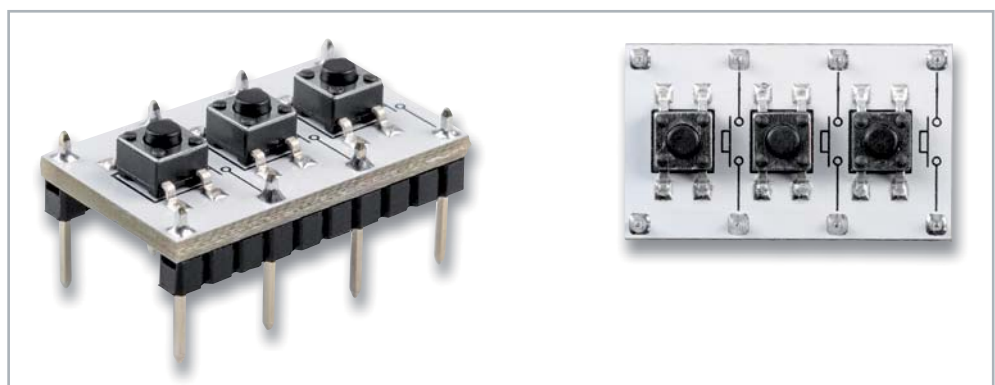


Bild 67:  
DIP-Schalterplatine  
8-fach



Bild 68: So werden nicht benutzte Stifte entfernt.

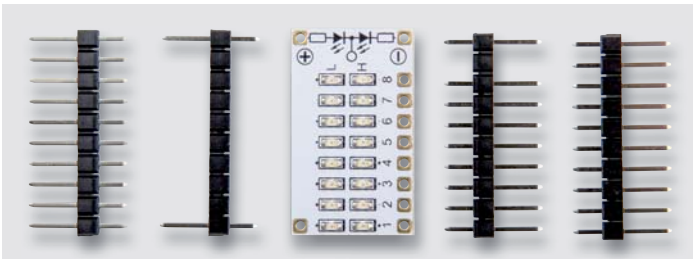
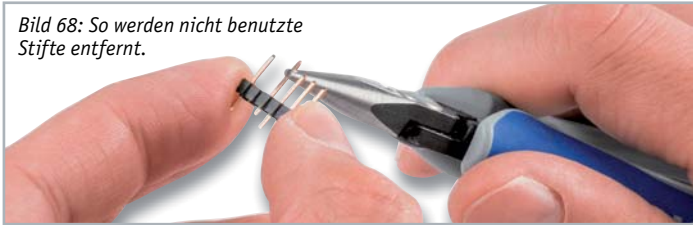


Bild 69: So sehen die vorbereiteten Stiftleisten vor dem Verlöten aus.

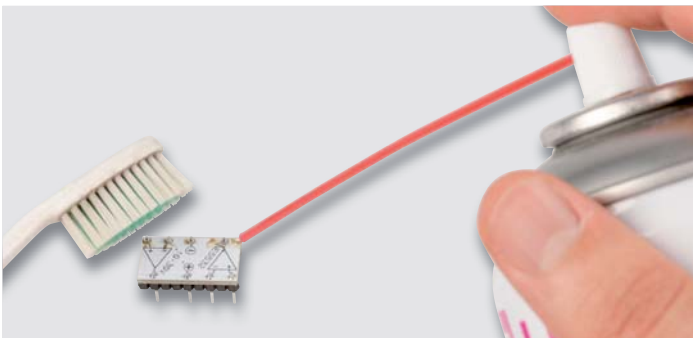


Bild 70: Mit einer Zahnbürste und einem Reiniger werden Rückstände vom Flussmittel entfernt (hier als Beispiel eine Platine vom PAD2).

## Nachbau

Die einzelnen Module sind aus produktionstechnischen Gründen schon mit SMD-Bauteilen vorbestückt. Die Bauteilhäuse 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 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 der Stiftleiste entfernt werden. Dies geschieht, wie in [Bild 68](#) zu sehen, mit einer kleinen Zange. Die so vorbereiteten Stiftleisten ([Bild 69](#)) 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 vom im Lötzinn enthaltenen Flussmittel auf der Platine zurück. Diese können mit Alkohol, oder noch besser, mit einem speziellen Reiniger (z. B. Fluxfrei) 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 70](#)).

## Testschaltung zum Bausatz PAD6

In [Bild 71](#) ist das Schaltbild der kleinen Testschaltung dargestellt, mit der einige Module des PAD6 getestet werden können. [Bild 72](#) zeigt die Testschaltung, aufgebaut auf zwei kombinierten Steckboards.

Im oberen linken Teil von [Bild 71](#) ist das Modul CD4060 dargestellt, ein Binärteiler mit integriertem Oszillator. Der Oszillator ist mit externen Bauteilen als RC-Oszillator aufgebaut. Hierfür werden zwei Widerstände und ein Kondensator benötigt. Die Werte für unser Beispiel sind im linken Schaltbild abgegeben. Natürlich können hier auch andere Werte verwendet werden, je nach gewünschter Taktfrequenz.

An den Ausgängen Q4 bis Q14 kann die heruntergeteilte Oszillatorfrequenz entnommen werden. Wir verwenden hier den Ausgang Q10. Hier kann das Wort „experimentieren“ wörtlich genommen werden, und man sollte auch mal einen der anderen Ausgänge nutzen und schauen, wie sich das auf die Schaltung auswirkt. Die Taktfrequenz führt zu einem Taster, und von dort auf den ersten Dezimalzähler vom CD4510 (Clock-Eingang). Die beiden Zähler (2x CD4510) sollen bis 99 zählen können. Hierzu liegt bei beiden Zählern der gleiche Takt an. Der Übertrag von Einer- zur Zehnerstelle erfolgt durch das Carry-Bit. Der CO-Ausgang (Carry-out) des Zählers für die Einerstelle ([Bild 71](#) ganz rechts) führt zum CI-Eingang (Carry-in) des zweiten Zählers. Hierdurch zählt der zweite Zähler um eins hoch, wenn beim ersten Zähler ein Übertrag stattfindet (9 → 10).

Mit unserem Displaymodul werden die Ausgänge der Zähler sichtbar gemacht. Hierzu verbindet man die Ausgänge der Zähler mit den Eingängen A–D vom Displaymodul, wie es in [Bild 72](#) zu sehen ist. Bei dem rechten Taster kann die Zählrichtung (Up/Down) geändert werden. Hierzu werden beide Steuereingänge U/D vom CD4510 miteinander verbunden und zum Taster geführt.

Der andere Anschluss des Tasters ist mit Masse (-UB) verbunden. Ein Betätigen dieses Tasters führt dazu, dass der Anschluss U/D (Up/Down) an Masse, also auf Low-Pegel gelegt wird, wodurch sich die Zählrichtung umkehrt. Beim CD4510 liegt dieser Widerstand defaultmäßig mit einem Widerstand an +UB (Zählrichtung aufwärts/Up).

Nach Anlegen einer Betriebsspannung, in unserem Beispiel sind dies 3 V (2x Batterie 1,5 V), sollte die Schaltung funktionieren. Mit dem zuerst genannten Taster wird das Taktsignal unterbrochen, was im Umkehrschluss bedeutet, dass ein Betätigen den Zählvorgang startet. Dies ist keine echte Anwendungsschaltung, sondern dient lediglich dazu, erste Erfolgserlebnisse zu erzielen. **ELV**

Materialliste	Artikel-Nr.
1x ELV Bausatz PAD6	155858
2x ELV Steckplatine/Breadboard mit 400 Kontakten	251467
1x Steckbrückensatz	058831
1x Batteriehalter für 2x Mignon-Batterie	080118
1x MKT-Folienkondensator 10 nF	001952
1x Widerstand 56 kΩ (10 Stück)	006418
1x Widerstand 4,7 kΩ (10 Stück)	006387





Bild 71: Testschaltung mit einigen Modulen aus PAD6

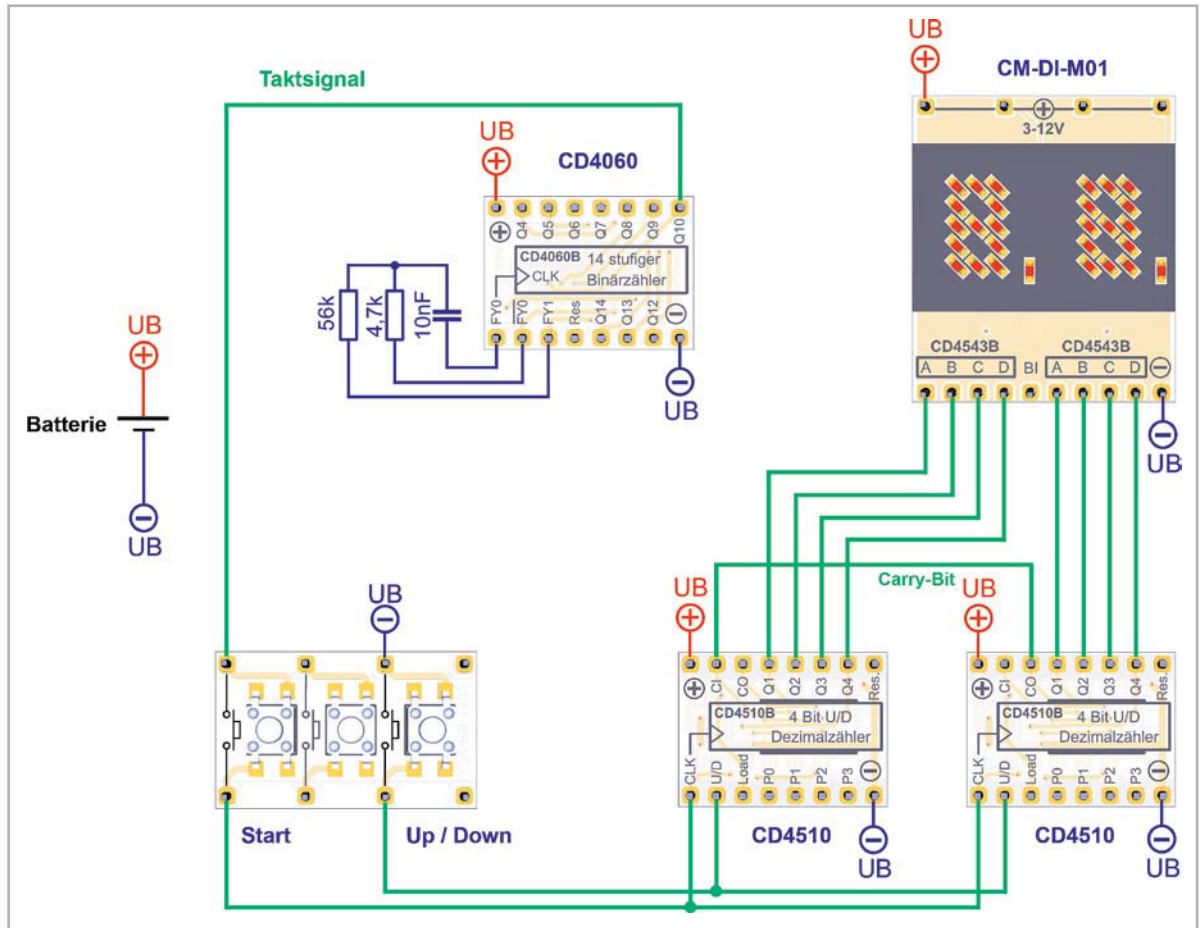
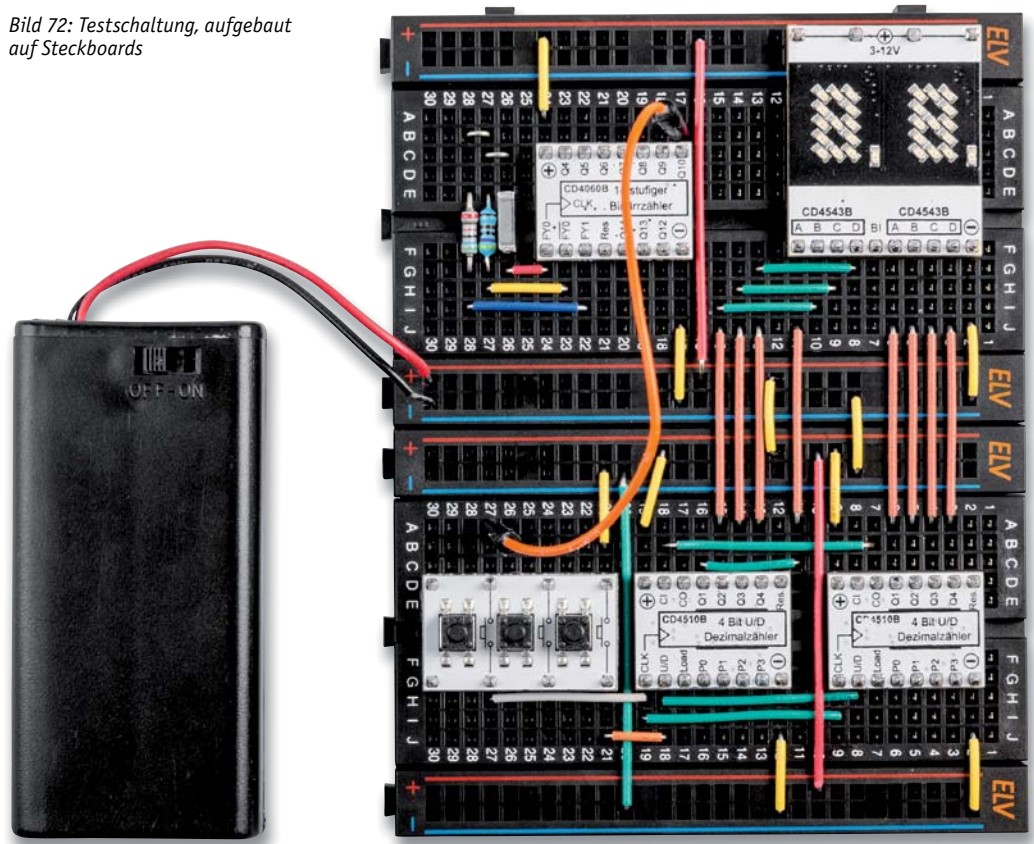


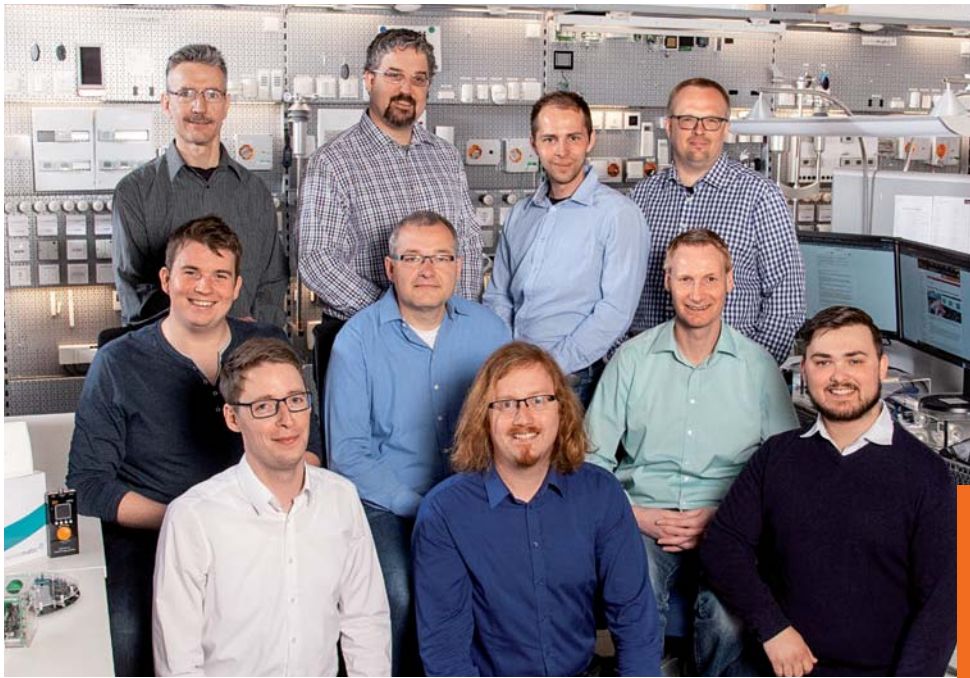
Bild 72: Testschaltung, aufgebaut auf Steckboards



**Weitere Infos:**

[1] Datenblätter aller verwendeten ICs: siehe Tabelle 1

Alle Links finden Sie auch online unter: [de.elv.com/elvjournals-links](http://de.elv.com/elvjournals-links)



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](mailto:technik@elv.com)**



**Frage** von Herrn Hartel zu der  
Aussperrschutzfunktion des  
Fenster-Drehgriffkontakts HmIP-SRH  
innerhalb der Homematic IP App  
(Artikel-Nr. 142800):

Ich habe im Wohnzimmer zwei Rollladenaktoren (Terrassentür und Fenster) und einen Fenstergriffsensor an der Terrassentür installiert. Dieser soll als Aussperrschutz fungieren. Der Sensor funktioniert, er zeigt an, wenn die Tür geöffnet ist. Allerdings fährt der Rollladen trotz geöffneter Tür herunter.

**Antwort** von ELV: Bitte beachten Sie, dass der Aussperrschutz lediglich für eingestellte Zeitprofile greift und nicht bei der manuellen Bedienung am Gerät bzw. über die App. Zudem können Sie im jeweiligen Zeitprofil beim Punkt „Automatikbetrieb“ anhand der Zahlen erkennen, ob das Zeitprofil durch den Aussperrschutz deaktiviert wurde. Haben Sie in Ihrem Fall zwei Aktoren in diesem Profil und für einen davon (Terrassentür) den Aussperrschutz eingestellt, wird aus 2/2 beim deaktivierten Zeitprofil 1/2.



Tür offen



Tür geschlossen

Beachten Sie außerdem, dass der Drehgriff nur in der Stellung „offen“ und nicht in der Stellung „gekippt“ das Wochenprogramm sperrt. **ELV**

**ELV** forum  
Das Technik-Netzwerk

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

[de.elv.com/forum](http://de.elv.com/forum)



**Frage** von Herrn Salzmann zum Homematic IP Wandthermostat mit Schaltausgang HmIP-BWTH – für Markenschalter, 230 V (Artikel-Nr. 150628):

Weil mich das „Klacken“ meiner Thermostate stört, überlege ich, meine Stellmotoren auf HmIP-FALMOT-C12 und HmIP-VDMOT umzustellen. Hierzu würde ich meine Wandthermostate HMIP-BWTH weiter benutzen. Kann ich den im Wandthermostat eingebauten Schaltaktor in der CCU3 irgendwie deaktivieren?



**Antwort** von ELV: Der Schaltkanal im Wandthermostat HmIP-BWTH lässt sich deaktivieren, indem die direkte Verknüpfung zwischen dem Kanal 8 des HmIP-BWTH (Steuerkanal für die Fußbodenheizungssteuerung) und dem Kanal 10 des HmIP-BWTH (Schaltkanal) gelöscht wird.

HmIP-BWTH 000C9709966913:8	000C9709966913:8	3014F711A0000C9709966913:08 3014F711A0000C9709966913:10	Verknüpfung der internen Gerätetaste HmIP-BWTH 000C9709966913:8	<input type="button" value="Löschen"/> <input type="button" value="Bearbeiten"/>	HmIP-BWTH 000C9709966913:10	Schaltaktor	000C9709966913:10
----------------------------	------------------	--	--	---	--------------------------------	-------------	-------------------

Diese direkte Verknüpfung finden Sie unter „Programme und Verknüpfungen – Direkte Verknüpfungen“.



**Frage** von Herrn Güthler zu der Diagrammfunktion der Homematic Zentrale CCU3 (Artikel-Nr. 151965):

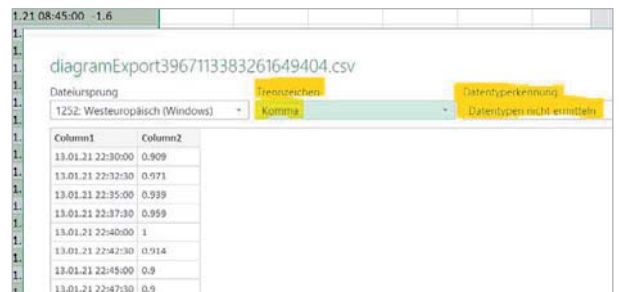
Ich habe eine CCU3-Zentrale und mit dieser Diagramme erstellt. Eines davon zeichnet mir die Temperatur von meiner Homematic Wetterstation auf. Nun tritt folgendes Problem auf: Wenn ich die Daten als CSV-Daten exportiere und anschließend in Excel öffnen will, sind viele Daten (Temperaturen) nicht korrekt geschrieben worden. Einige sind mit Punkt als Trennzeichen geschrieben (siehe Bild links). Somit sind die Daten wertlos.



	A	B
1	13.01.21 22:30:00,0,909	
2	13.01.21 22:32:30,0,971	
3	13.01.21 22:35:00,0,939	
4	13.01.21 22:37:30,0,959	
5	13.01.21 22:40:00,1	
6	13.01.21 22:42:30,0,914	
7	13.01.21 22:45:00,0,9	
8	13.01.21 22:47:30,0,9	
9	13.01.21 22:50:00,0,9	
10	13.01.21 22:52:30,0,9	
11	13.01.21 22:55:00,0,9	
12	13.01.21 22:57:30,0,9	
13	13.01.21 23:00:00,0,9	
14	13.01.21 23:02:30,0,9	
15	13.01.21 23:05:00,0,9	
16	13.01.21 23:07:30,0,9	
17	13.01.21 23:10:00,0,9	
18	13.01.21 23:12:30,0,9	
19	13.01.21 23:15:00,0,9	
20	13.01.21 23:17:30,0,971	
21	13.01.21 23:20:00,0,937	
22	13.01.21 23:22:30,0,9	

**Antwort** von ELV: Verwenden Sie bitte beim Import der CSV-Datei die Einstellungen des nebenstehenden Screenshots.

Durch die Wahl dieser Einstellungen wird die CSV-Datei korrekt importiert.



**Frage** von Herrn Reiche zum Akku-Ladegerät dnt Smart PRO (Artikel-Nr. 250920):

Ich habe bei Ihnen das oben genannte Ladegerät gekauft. Nun habe ich schon etwa 40 Akkus vom Typ 18650 geladen und festgestellt, dass der Innenwiderstand der Zellen in den Ladeschächten verschieden angezeigt wird. Ein Wechsel der Akkus innerhalb der Ladeschächte hat mir etwa 30–50 mΩ Unterschied angezeigt. Abgesehen von dieser Ungenauigkeit finde ich dieses kleine Gerät super.



**Antwort** von ELV: Die festgestellten Differenzen der Innenwiderstände sind wahrscheinlich auf unterschiedliche Kontaktwiderstände des jeweiligen Ladegeräteschachts und des Akkus zurückzuführen. Reinigen Sie die Kontakte des Ladegeräts und der Akkus und prüfen dann nochmals das Verhalten.

**Frage** von Herrn Bredt zum Funkmodul für Novoferm- und Tormatic-Antriebe (Artikel-Nr. 250205):

Die Bedienung des Tors ist in Verbindung mit der Homematic IP App möglich. Auch die Lampe des Garagentorantriebs lässt sich ein- und ausschalten. In der Sprachsteuerung (Google Home) wird das Modul allerdings nur als Lampe erkannt. Das Tor lässt sich nicht per Sprache bedienen. Gibt es eine Möglichkeit, dies zu ändern?



**Antwort** von ELV: Das beschriebene Verhalten ist so korrekt. Aus Sicherheitsgründen lässt sich das Garagentor nicht über einen Sprachbefehl öffnen. Es ist lediglich möglich, über einen Sprachbefehl die Lampe der Garagentorsteuerung ein- und auszuschalten.



**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

# Dream-Team

59,95 €

Artikel-Nr. 124168

## Löten wie ein Profi Digitale 100-W-Lötstation LS-100D+

ELV

- Hochgenaue, kalibrierbare Temperaturregelung:  
Sensor integriert, Regelgenauigkeit:  $\pm 3$  °C
- Schnelles Aufheizen (400 °C in 20 s), exakte Temperatureinstellung über den Touchscreen
- 3 vorprogrammierbare und per Taste abrufbare Löttemperaturen
- Leichter LötKolben, innenbeheizte Lötspitze, hochflexible LötKolbenzuleitung
- Potentialausgleichsbuchse für ESD-sicheres Arbeiten

Alle Infos  
zum Produkt  
unter  
QR-Code:



# für Techniker

## Kleine Gegenstände groß und klar sehen 8-W-LED-Lupenleuchte

ELV

- Kein Flackern – sofort gleichmäßig verteiltes, volles Licht
- Kaltweißes LED-Arbeitslicht (6500 K), 60 SMD-LEDs
- Nur 8-W-Leistungsaufnahme
- Langlebige LEDs, bis 28.000 h Betrieb
- Stabiler Gelenkarm, 90 cm lang, Tischplattenklemme bis 65 mm
- Klare Echtglaslupe, ø 152 mm, 2,25-fache Vergrößerung (5 Dioptrien)

Alle Infos  
zum Produkt  
unter  
QR-Code:



134,95 €

Artikel-Nr. 128510



(c) Trianel – Hero Lang

# Wasserschall (Hydroakustik)

## Schallausbreitung im Wasser, Hydrofone und Wasserschall-Messtanks

Akustik-Serie Teil 14

Wasserschall besteht seiner physikalischen Natur nach aus mechanischen Schwingungen, die sich, wie der Name schon sagt, im Wasser, aber auch in anderen Flüssigkeiten ausbreiten können. Genauso wie beim Luftschall werden diese Schwingungen durch zwei Feldgrößen vollständig beschrieben, nämlich durch den Schalldruck  $p$  und durch die Schallschnelle  $v$ . Letztere ist eine vektorielle Größe. Beim Wasserschall ist der Schalldruck ein Wechseldruck, der in Gewässern dem tiefenabhängigen hydrostatischen Druck  $p_0$  überlagert ist.

### Ausbreitungsgeschwindigkeit

Die Ausbreitung von Schall erfolgt in Flüssigkeiten generell nur in Form von Längs- oder Longitudinalwellen, und zwar mit einer Geschwindigkeit  $c = \sqrt{K/\rho}$ . Darin sind  $K$  der Kompressions- oder Volumenelastizitätsmodul und  $\rho$  die Dichte der jeweiligen Flüssigkeit. Genauso wie in anderen Medien ist die Schallgeschwindigkeit auch in Flüssigkeiten abhängig von der Temperatur. Bei 10 °C beträgt die Schallgeschwindigkeit in Wasser 1440 m/s. Das Bild 1 zeigt einige Zahlenwerte für die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schall in anderen Flüssigkeiten. Bei Meerwasser hat außerdem der Salzgehalt Einfluss auf die Höhe der Schallgeschwindigkeit.

Eine weitere, sehr wichtige Kenngröße ist die Schallkennimpedanz  $Z_0$  (früher: Wellenwiderstand), die für Wasser einen um etwa vier Größenordnungen höheren Wert hat als diejenige für Luft ( $Z_{0, \text{Luft}} = 408 \text{ Ns/m}^3$ ):

$$Z_{0, \text{Wasser}} = p/v = \rho \cdot c = 1,44 \cdot 10^6 \text{ Ns/m}^3$$

Dieser sehr hohe Wert hat entscheidenden Einfluss auf die Wahl des für Wasserschallsender optimal geeigneten Wandlerprinzips. Um im Wasser „brauchbare“ Werte für die Schwingungsschnelle zu erzeugen, müssen Wasserschallsender eine relativ große Schwingungskraft aufbringen und ins

Wasser einleiten. Das aber erreicht man vorzugsweise nur mit magnetostriktiven und piezoelektrischen Sendesystemen. Mehr darüber folgt im weiteren Verlauf dieses Beitrags.

Der um vier Größenordnungen verschiedene Wert zwischen den Schallkennimpedanzen von Wasser und Luft hat auch einen sehr wesentlichen Einfluss auf die

Flüssigkeit	Schallgeschwindigkeit in m/s
Azeton	1190
Äthylalkohol	1180
Benzol	1326
Methylalkohol	1123
Quecksilber	1451

Bild 1: Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$  von Schall in verschiedenen Flüssigkeiten bei einer Temperatur von 20 °C.



## 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 (ELVjournal 2/2019)
- Schallausbreitung – Reflexion, Beugung, Brechung und Absorption (ELVjournal 3/2019)
- Elektromechanische Analogien – Analogie erster und zweiter Art, Ersatzschaltbilder (ELVjournal 4/2019)
- Elektroakustische Wandler – Wandlerprinzipien und ihre Gesetze (ELVjournal 5/2019)
- Mikrofone – vom Studiomikrofon bis zum Subminiaturmikrofon (ELVjournal 6/2019)
- Kopfhörer – elektrodynamische und elektrostatische Kopfhörer (ELVjournal 1/2020)
- Lautsprecher – von den Anfängen bis zur Bassreflexbox (ELVjournal 2/2020)
- Beschallungstechnik – gerichtete Schallabstrahlung, Linienstrahler (ELVjournal 4/2020)
- Raum- und Bauakustik – Sabine'sches Gesetz, Nachhallzeit und äquivalente Absorptionsfläche (ELVjournal 4/2020)
- Gehör – Lautstärke, Lautheit, Hörverlust, Hörgeräte, Audiometrie (ELVjournal 5/2020)
- Persönlicher Schallschutz – von passiven Gehörschutzmitteln bis zum aktiven Schallschutz mittels „Antischall“ (ELVjournal 6/2020)
- Akustische Messräume – reflexionsarme Räume, Impedanz-Messrohre und Hallräume (ELVjournal 1/2021)
- Körperschall und Vibrationen – Accelerometer und Ladungsverstärker (ELVjournal 2/2021)
- **Wasserschall (Hydroakustik) – Schallausbreitung im Wasser, Hydrofone und Wasserschall-Messtanks**
- Infraschall und Ultraschall – natürliche und industrielle Quellen
- Akustische Messtechnik – Terz- und Oktavpegel, Intensitätsmessung, Korrelationsanalyse, Cepstrumanalyse und akustische Peilung

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.

Schallausbreitung im Wasser, das an Luft angrenzt. Die Luft stellt für den Schall, der aus dem Wasser kommt, eine schallweiche Grenzfläche dar, an der es zu einer Totalreflexion kommt. Die Schallschnelle  $v$  erreicht dort ein Maximum, während der Schalldruck  $p$  dort auf seinen Minimalwert absinkt, siehe Bild 2. Der Wasserschall wird an dieser Grenzfläche total reflektiert, sodass außerhalb des Wassers nichts davon zu hören ist (Bild 3). Der Wasserschall erfährt an dieser Trennfläche eine Vielzahl von Reflexionen, er kann das Wasser nicht verlassen. Man hört ihn außerhalb des Wassers nicht. Ein flacher See z. B. wirkt wie ein Hallraum. Unter diesem Effekt haben beispielsweise höher entwickelte Meeresbewohner zu leiden, wenn in ihrer Umgebung Fundamente für Windgeneratoren in den Meeresboden gerammt werden oder wenn sich in deren Umgebung Wasserfahrzeuge mit Höchstgeschwindigkeit fortbewegen. Meeresbewohner verlieren dadurch häufig die Orientierung.

Der für die Bildung des Schalldruckpegels wichtige Bezugsschalldruck hat für den Wasserschall ebenfalls einen anderen (!) Wert als für den Luftschall. Der Bezugsschalldruck für den Wasserschallpegel beträgt  $p_0 = 1 \mu\text{Pa}$ , im Gegensatz zum Bezugsschalldruck beim Luftschall mit einem Wert von  $20 \mu\text{Pa}$ , der von der menschlichen Hörschwelle herrührt.

Betrachtet man noch einmal die sehr unterschiedlichen Schallkennimpedanzen von Luft und Wasser, so hat das auch beachtliche Auswirkungen auf die Höhe der in beiden Medien abgestrahlten Schallintensität  $I$ , bzw. Schallleistung  $W_{ak}$ . Die gleiche Schallintensität, abgestrahlt in Luft und in Wasser, hat im Wasser einen um den Faktor

$$\sqrt{\frac{Z_{o,Wasser}}{Z_{o,Luft}}} = \sqrt{\frac{1,44 \cdot 10^6}{408}} = \sqrt{3529} = 59,4$$

höheren Schalldruck zur Folge als in Luft. Das ist ein Unterschied von etwa 35,5 dB. Berücksichtigt man dann auch noch die unterschiedlichen Werte für den Bezugsschalldruck für Luft- und Wasserschall, nämlich  $20 \mu\text{Pa}$  und  $1 \mu\text{Pa}$ , so sind das noch einmal zusätzlich 26,0 dB, d. h. somit insgesamt  $35,5 + 26,0 = 61,5 \text{ dB!}$

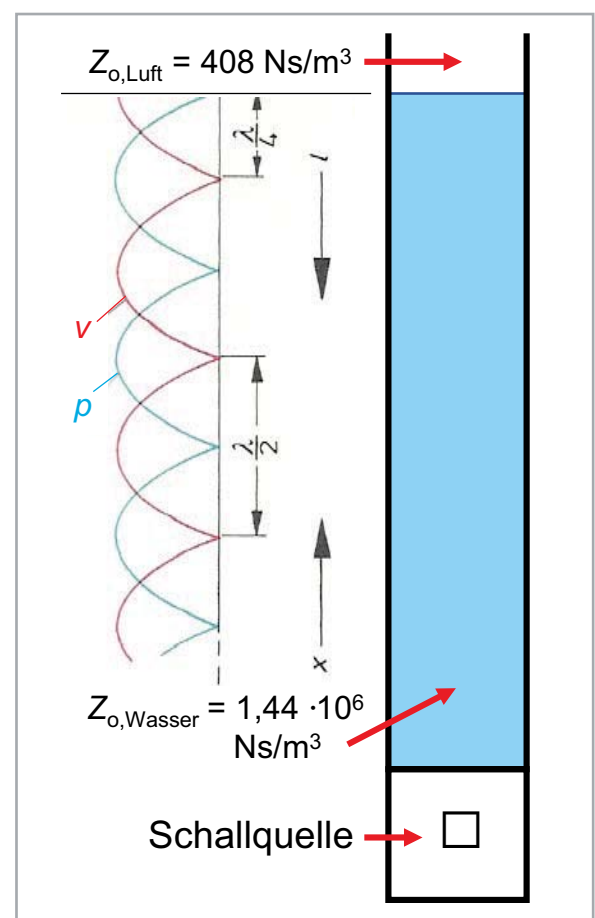


Bild 2 Räumliche Verteilung von Schalldruck  $p$  und Schallschnelle  $v$  in einer stehenden Welle bei totaler Schallreflexion an einer schallweichen Grenzfläche, hier zwischen Wasser (sehr große Schallkennimpedanz  $Z_{o,Wasser}$ ) und angrenzender Luft (sehr kleine Schallkennimpedanz  $Z_{o,Luft}$ ); schematische Darstellung

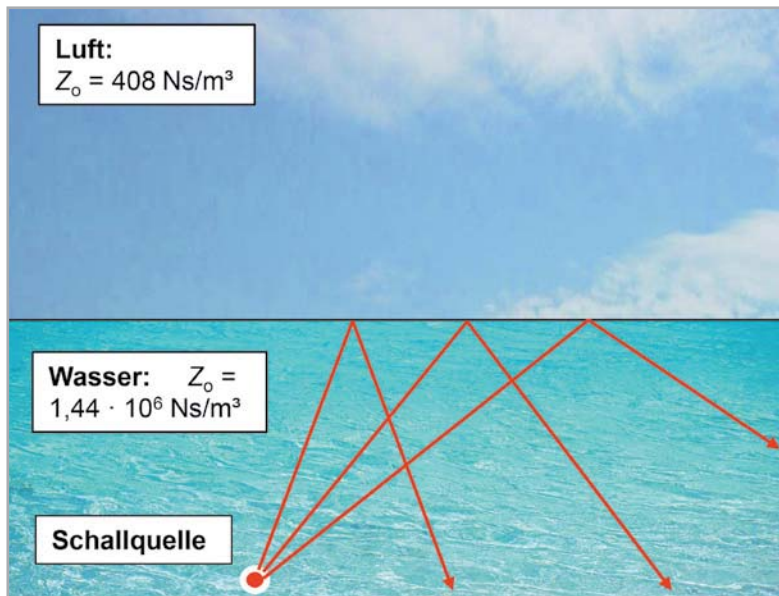


Bild 3: Schallquelle unter Wasser: Alle von ihr ausgehenden Schallstrahlen werden von der Grenzfläche zur Luft zurückreflektiert (Totalreflexion). Oberhalb der Wasseroberfläche hört man nichts!

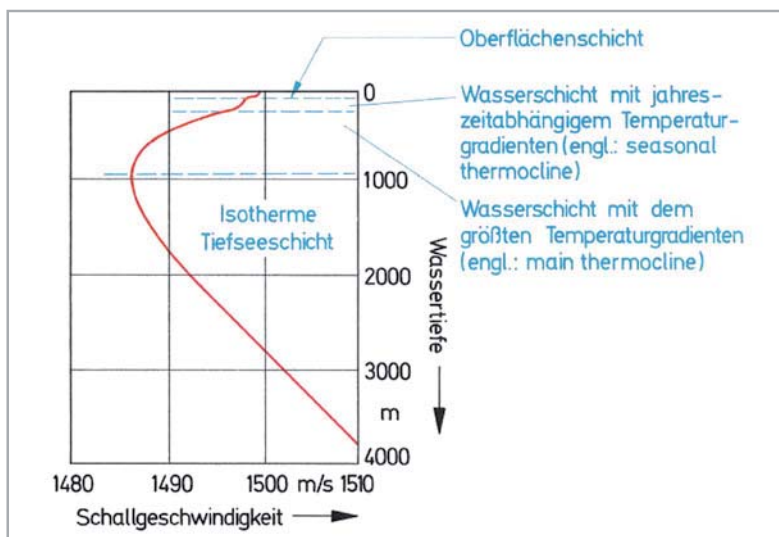


Bild 4: Typisches Tiefsee-Schallgeschwindigkeitsprofil: Abhängigkeit der Schallausbreitungsgeschwindigkeit  $c_{\text{Wasser}}$  von der Wassertiefe. Man erkennt darin ein charakteristisches Minimum bei einer bestimmten Wassertiefe.

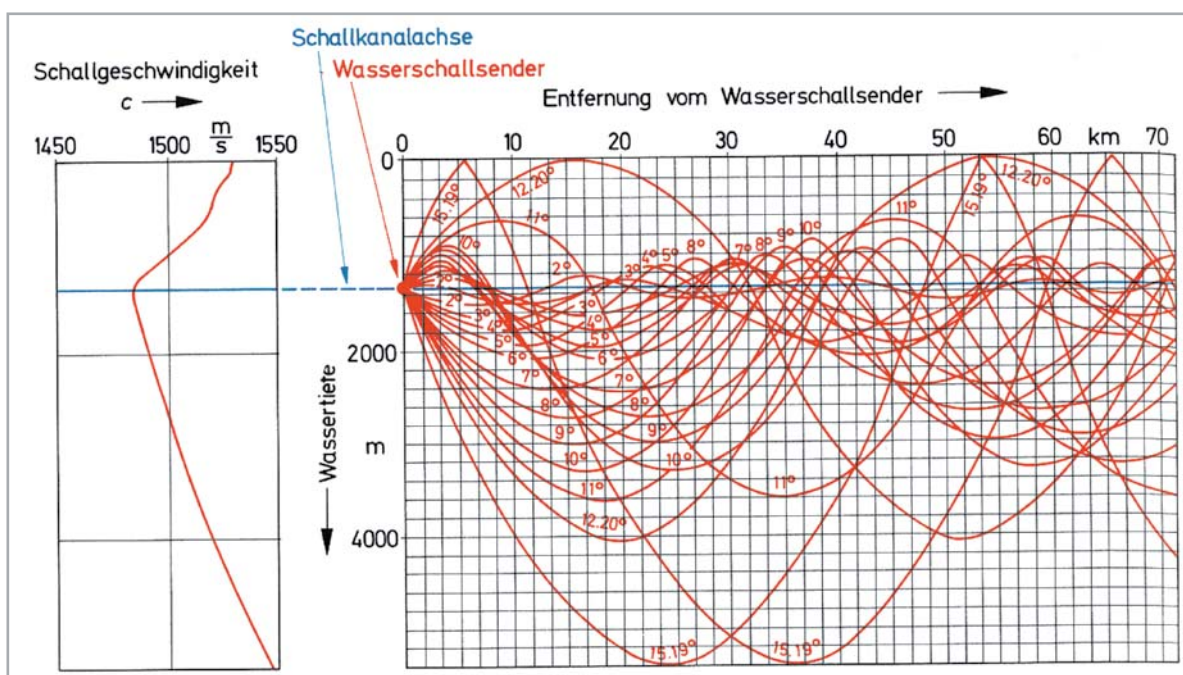


Bild 5: Tiefsee-Schallkanal: rechts: Schallstrahlendiagramm für ein horizontal in Richtung Tiefseekanal abgestrahltes Schall-Strahlenbündel. Das linke Bild zeigt das dazugehörige, tiefenabhängige Schallgeschwindigkeitsprofil. Der Wasserschallsender befindet sich in einer Wassertiefe, in der die Schallgeschwindigkeit ihr Minimum hat. Dort befindet sich die Schallkanalachse (SOFAR-channel).

## Tiefsee-Schallgeschwindigkeitsprofil und Schalldämpfung im Meer

In sehr tiefen Gewässern, z. B. im Meer, beobachtet man eine sehr starke Änderung der Schallgeschwindigkeit mit der Wassertiefe. Das Bild 4 zeigt ein typisches Tiefsee-Schallgeschwindigkeitsprofil mit einem ausgeprägten Minimum in einer bestimmten Wassertiefe.

Das dort gezeigte Profil lässt sich in mehrere Schichten mit unterschiedlichen Eigenschaften unterteilen. Unterhalb der Meeresoberfläche befindet sich zunächst die sogenannte Oberflächenschicht, in der die Schallgeschwindigkeit den täglichen Schwankungen der Wassererwärmung und -abkühlung folgt. Unterhalb der Oberflächenschicht befindet sich eine Wasserschicht mit jahreszeitabhängigem Temperaturgradienten (engl.: seasonal thermocline). Das Kennzeichen dieser Wasserschicht ist ein negativer Temperaturgradient, dessen Größe sich mit der Jahreszeit ändert (daher: seasonal). Das Gleiche gilt entsprechend auch für den Schallgeschwindigkeitsgradienten.

Im Sommer und im Herbst, solange das oberflächennahe Meerwasser stark erwärmt ist, ist der schräge Verlauf dieser Thermocline sehr ausgeprägt. Unterhalb dieser jahreszeitabhängigen Thermocline folgt die Wasserschicht mit dem größten Temperaturgradienten (engl.: main thermocline). Und unterhalb dieser Schicht befindet sich schließlich die sogenannte isotherme Tiefseeschicht, die bis zum Meeresboden reicht. Der in dieser Wasserschicht mit zunehmender Wassertiefe zu beobachtende Anstieg der Schallgeschwindigkeit beruht auf der Wirkung der hydrostatischen Druckzunahme zum Meeresboden hin.

Zwischen dem negativen Geschwindigkeitsgradienten der Hauptthermocline und dem positiven Gradienten der isothermen Tiefseeschicht befindet sich ein Schallgeschwindigkeitsminimum, in dessen Meerestiefe die Ausbreitungsrichtung von Wasserschall in horizontaler Richtung durch Brechung derart verändert wird, dass eine horizontale Schallübertragung



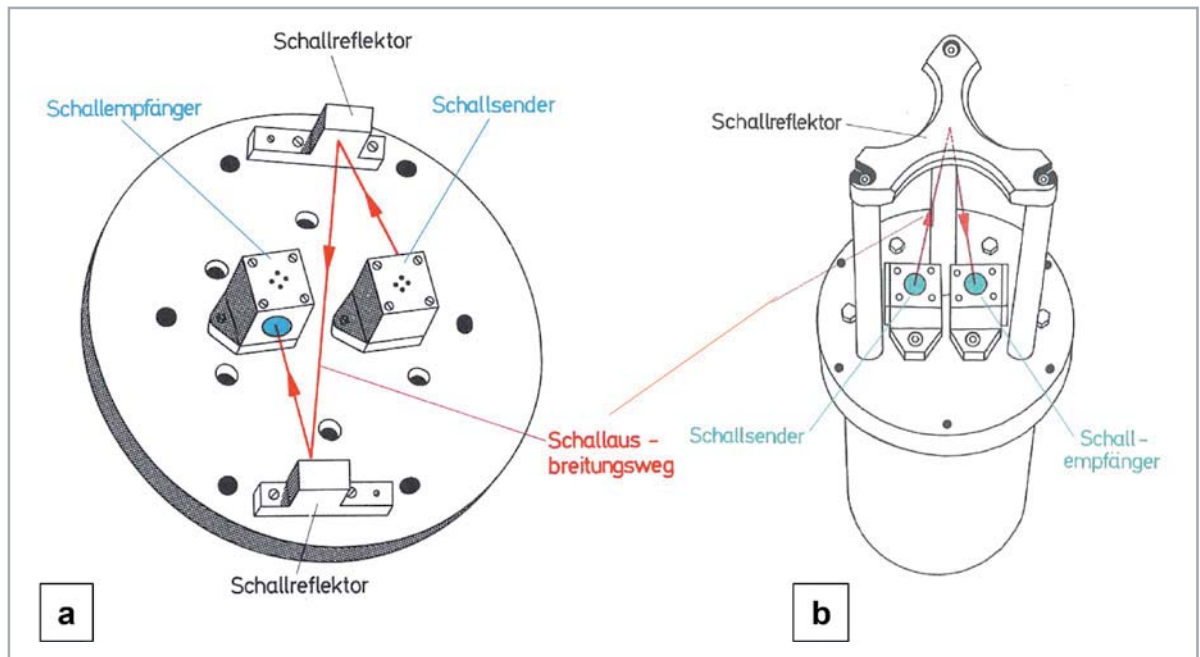


Bild 6: Messung der tiefenabhängigen Schallgeschwindigkeit im Meerwasser.  
 a: Tiefsee-Schallgeschwindigkeitsmesser, bestehend aus einem Sende- und einem Empfangswandler sowie aus zwei Schallreflektoren.  
 b: Tiefsee-Schallgeschwindigkeitsmesser mit nur einem Schallreflektor.

über sehr große Entfernungen hinweg wie durch einen „Kanal“ hindurch möglich wird, siehe dazu auch das Schallstrahlendiagramm für ein horizontal ausgerichtetes Strahlenbündel in Bild 5.

Befinden sich der in horizontaler Richtung abstrahlende Wasserschallsender und das Minimum des Schallgeschwindigkeitsprofils in gleicher Wassertiefe, so erzielt man in dieser Tiefe eine Schallübertragung über extrem große Entfernungen, quasi wie durch einen „Schallkanal“ hindurch. In der englischsprachigen Literatur bezeichnet man diesen Kanal auch als „deep sound channel“ oder auch als „SOFAR-channel“ (= Sound Fixing And Ranging).

Zur Messung der momentan herrschenden Schallgeschwindigkeit im Wasser benutzt man eigens zu diesem Zweck geschaffene Schallgeschwindigkeitsmesser (engl.: velocimeter), siehe Bild 6. Sie bestehen im Prinzip aus zwei Wasserschallwandlern, einem Sender und einem Empfänger mit genau bekannter akustischer Entfernung zwischen beiden sowie einem oder zwei Reflektoren. Aus der Laufzeit von kurzzeitigen Schallimpulsen zwischen Sender und Empfänger kann die momentan herrschende Schallgeschwindigkeit im Wasser bestimmt werden. Um eventuelle Mehrdeutigkeiten infolge unkontrollierbarer Reflexionen auszuschließen, wurde für die Messstrecke zwischen Sender und Empfänger kein gerader Weg vorgesehen, sondern eine durch gezielt angeordnete Schallreflektoren geknickte Strecke.

Neben der Schallgeschwindigkeit ist des Weiteren die Schallabsorption oder Schalldämpfung durch das Meerwasser (in dB/km) eine sehr wichtige Größe für die Meeresakustik, siehe dazu Bild 7. Die dort blau gestrichelt eingezeichnete Gerade beschreibt die klassische Absorption, die nur die innere Reibung berücksichtigt. Die tatsächliche Dämpfung im Meerwasser (rote Darstellung) wird nicht nur gemäß der klassischen Theorie allein durch Reibung bestimmt, son-

dern auch durch molekulare Umlagerungen in der Ionenstruktur des Wassers, siehe dazu auch die beiden Knicke in der roten Darstellung. Wie die Grafik aber generell zeigt, steigt die Dämpfung sehr steil mit der Frequenz an. Die Dezibelangabe bezieht sich dort auf das Verhältnis der Schallintensitäten (!), und zwar zu Beginn und am Ende einer 1 km langen Messstrecke.

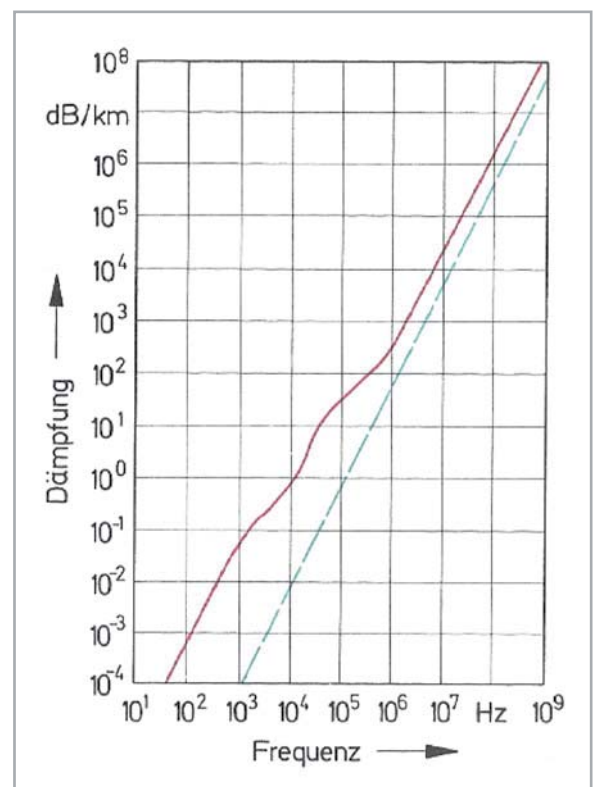
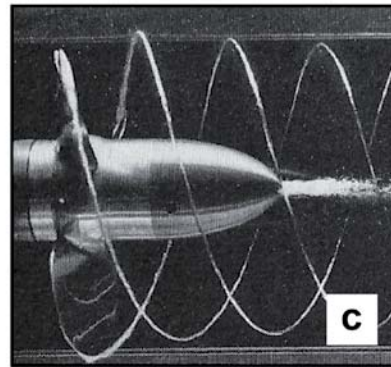
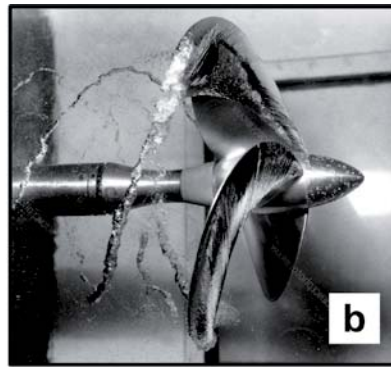
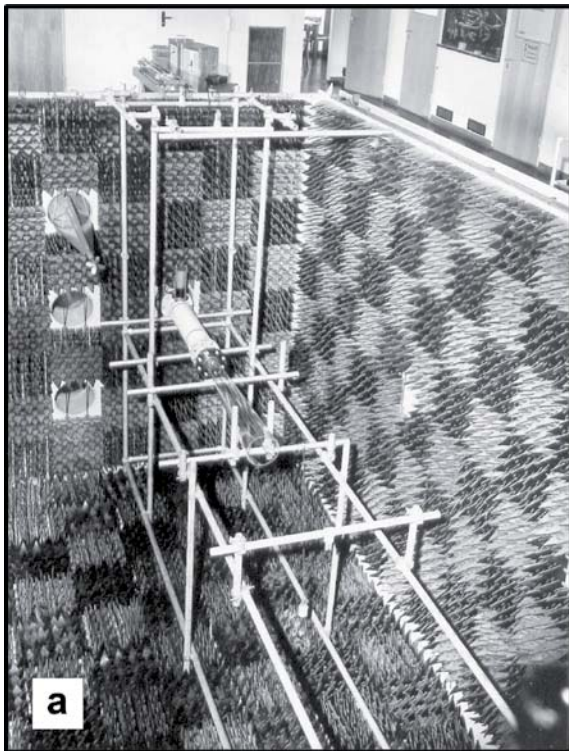


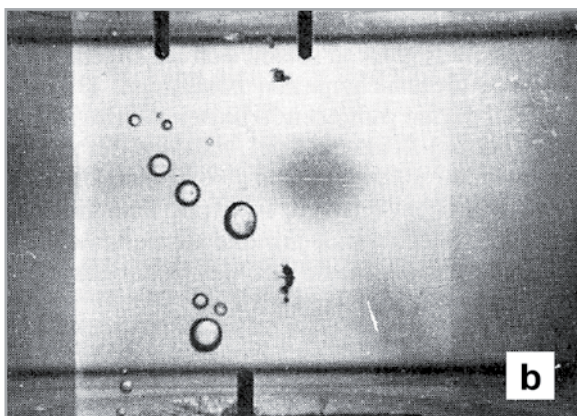
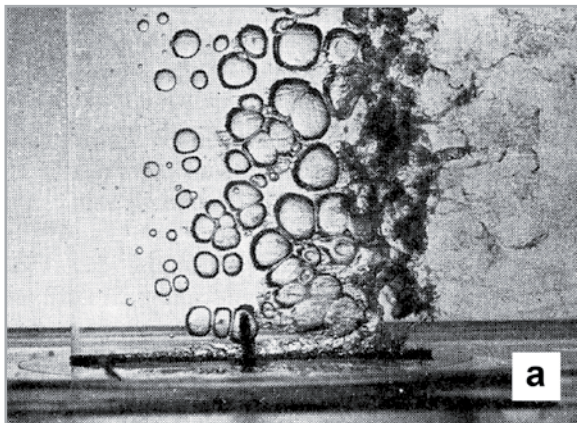
Bild 7: Schallabsorption oder -dämpfung in dB pro km im Meerwasser in Abhängigkeit von der Frequenz. Die blau gestrichelte Linie kennzeichnet die klassische Absorption, die nur durch Reibung zustande kommt. Die rot durchgezogene Kurve weist außer auf Reibungsverluste auch auf zusätzliche molekulare Umlagerungen in der Ionenstruktur des Wassers hin.



*Bild 8: Schallabsorbierend ausgekleideter Wasserschallmesstank bei abgelassenem Wasser. Die Auskleidung besteht meist aus nebeneinander aufgereihten keilförmigen (Neopren-)Gummilamellen von unterschiedlicher Länge. Die Lamellen enthalten Poren bzw. Hohlräume, sodass sie dem Wasser gegenüber außerordentlich kompressibel erscheinen. Mit derartigen Anordnungen erzielt man eine sehr gute Absorption über einen relativ breiten Frequenzbereich hinweg (hier: etwa 5 bis 70 kHz).*

*a) Messtank mit Einbauten zur Untersuchung von kavitierenden Schiffspropellern (Quelle: Ivar Veit, „Flüssigkeitsschall“, Vogel-Verlag, Würzburg, 1979)  
b) und c) Beispiele für die Erzeugung von Kavitationsblasen durch Propeller*

Aus der Grafik geht auch hervor, aus welchem Grunde man z. B. für die Schallortung über sehr große Entfernungen hinweg, wegen der dafür außerordentlich kleinen Dämpfungswerte, stets nur tiefe Frequenzen verwendet.



*Bild 9: Ausbildung von Kavitationsblasen an einem angeströmten Profil bei verschiedenen Keimzahlen in der Anströmung  
a) Frisch eingelassenes Leitungswasser (mit darin gelöster Luft)  
b) Wasser stark entgast  
Aus: Ivar Veit, „Flüssigkeitsschall“, Vogel-Verlag, Würzburg, 1979*

## Kavitation

Ein ganz besonderer, nur in Flüssigkeiten auftretender Effekt, ist die Kavitation. Darunter versteht man die Bildung kleiner mit Luft (Gas) gefüllter Hohlräume. Sinkt der statische Druck  $p_{st}$  in einem bestimmten Gebiet einer strömenden Flüssigkeit, z. B. bei der Bewegung von Schiffspropellern, bis auf den Dampfdruck  $p_D$  der Flüssigkeit ab oder unterschreitet er diesen sogar, so entstehen bei Vorhandensein von sogenannten Kavitationskeimen, gas- oder dampfgefüllten Hohlräumen, nämlich sogenannte Kavitationsblasen. Geraten diese Blasen danach in Gebiete, in denen der Umgebungsdruck wieder größer ist als der Dampfdruck, stürzen sie implusionsartig zusammen (Blasen kollaps).

Beide Vorgänge sind von einer sehr heftigen Geräuschentwicklung begleitet. Kavitationsgeräusche treten beispielsweise auch bei rotierenden Schiffspropellern auf, z. B. in abgelösten Spitzen- und Nabenwirbeln von Schiffspropellern, siehe [Bild 8b und c](#).

Das [Bild 8a](#) zeigt einen reflexionsfrei ausgekleideten Wasserschallmesstank (später mehr darüber), in dem unter anderem auch kavitierende Schiffspropeller untersucht werden können. Den Kavitationseffekt macht man sich sogar zunutze, und zwar beim Lötten von Aluminium. Ohne Zuhilfenahme der Kavitation im flüssigen Zinn wäre das Lötten von Aluminium sonst nicht möglich.

Kavitationsgeräusche setzen sich aus zwei Geräuschanteilen zusammen. Den einen Teil bilden pulsierende Blasen-schwingungen, während der zweite Anteil beim Blasen-kollaps (= Stoßwelle) entsteht. Kavitationsblasen können auch an angeströmten Profilen entstehen. [Bild 9](#) zeigt derartige Kavitationsblasen bei verschiedenen Keimzahlen in der Anströmung. Ist der Keimgehalt einer Flüssigkeit hoch, so setzt die Kavitation schon bei relativ niedrigen Anströmgeschwindigkeiten ein.

## Wasserschallwandler

Zur Erzeugung und zum Empfang von Wasserschall verwendet man bevorzugt das magnetostriktive und das piezoelektrische Wandlerprinzip. Die hohe Schallkennimpedanz von Wasser  $Z_{o,Wasser}$  verlangt nach Schallsendern, die fähig sind, vor allem relativ hohe Schwingungskräfte zu erzeugen und ins Medium Wasser einzuleiten.

Magnetostriktive Schallwandler arbeiten auf der Grundlage der Anwendung des direkten bzw. des indirektiven magnetostriktiven Effekts

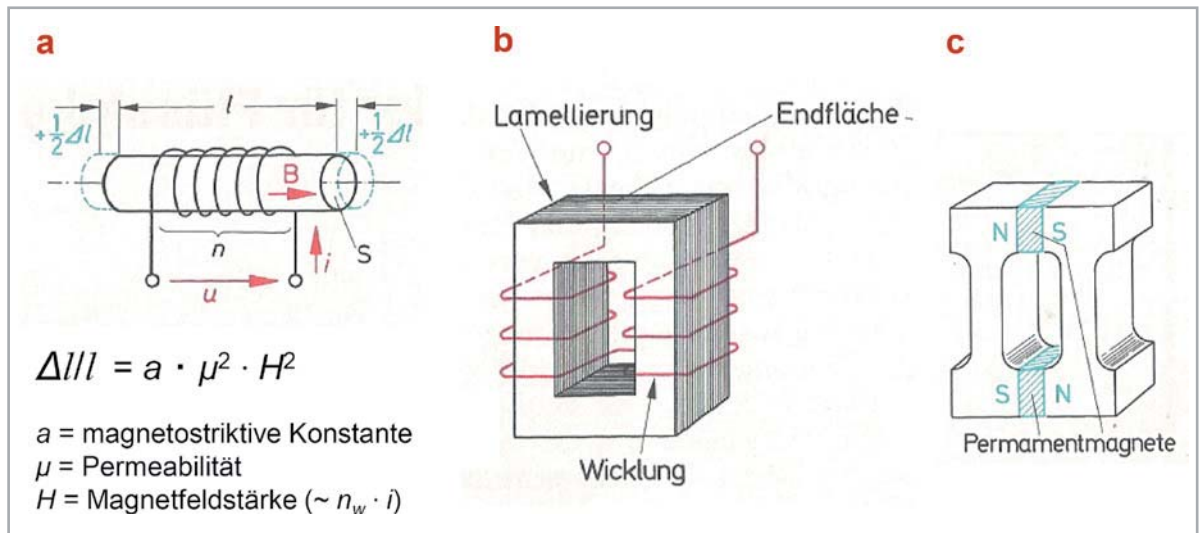


Bild 10: Magnetostruktiver Effekt, hier erläutert für den Sendebetrieb  
 a) Stabschwinger (hier: bei positiver Ausdehnung  $+\Delta l/l$  der beiden Endflächen)  
 b) Lamellierter Flachsinger (die Lamellierung dient der Minimierung von Wirbelströmen)  
 c) Flachsinger bestehend aus hantelförmigen Schwingerelementen mit dazwischen befindlichen Permanentmagneten zur Vermeidung von Schwingungen doppelter Frequenz infolge der quadratischen Abhängigkeit (von  $H^2$ )  
 Wird eine Endfläche des Stabes bzw. des Flachsingers fest eingespannt, so erfolgt die Schallabstrahlung (z. B. ins Wasser) nur von der anderen Endfläche des Stabes bzw. des Flachsingers.

(erstmalig beobachtet 1847 von J. P. Joule). Die einfachste Ausführung eines magnetostruktiven Wandlers besteht aus einem Stab aus magnetostruktivem Material, z. B. Nickel, der eine Wicklung trägt, siehe Bild 10. Wird die Wicklung von einem elektrischen Strom  $i$  durchflossen, so erfährt der Stab infolge der dadurch erfolgten Magnetisierung eine magnetostruktive Längenänderung  $\Delta l/l$  in Richtung der Längsachse, die der im Bild 10 a gezeigten Beziehung folgt. Infolge der quadratischen Abhängigkeit von der Induktion bzw. von der magnetischen Feldstärke  $H$  führt der Stab – ohne eine Gleichfeld-Vormagnetisierung – Längsschwingungen mit der doppelten Erregerfrequenz aus. Um das zu verhindern, werden magnetostruktive Schwinger durch ein Gleichfeld vormagnetisiert, was in der Praxis meist mittels eines Permanentmagneten erfolgt, siehe Bild 10 c. Die Schallabstrahlung erfolgt dabei von den beiden Endflächen des Stabes bzw. von nur einer Endfläche, sofern das andere Stabende fest eingespannt ist. Die relativen Längenänderungen liegen üblicherweise im Bereich von  $\pm 10-100 \cdot 10^{-6}$ .

Neben dem klassischen magnetostruktiven Stabschwinger kommen in der Praxis hauptsächlich Flach- oder Rahmschwinger zum Einsatz, siehe Bild 10 b. Magnetostruktive Wandler gehören zu den reversiblen Wandlern, d. h., sie können sowohl als Schallsender als auch als Schallempfänger eingesetzt werden.

Das Bild 11 zeigt zwei Beispiele von magnetostruktiven Sende-Empfangsschwingern, wie sie zum Einsatz für Fischerei- und Sonaranlagen (Fischlupe, Echolot zur Lotung der Wassertiefe) geschaffen wurden und immer noch verwendet werden. Diese Ausführungen sind schwenkbar, und zwar sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung.

Piezoelektrische Schallwandler arbeiten auf der Grundlage des direkten bzw. indirekten piezoelek-

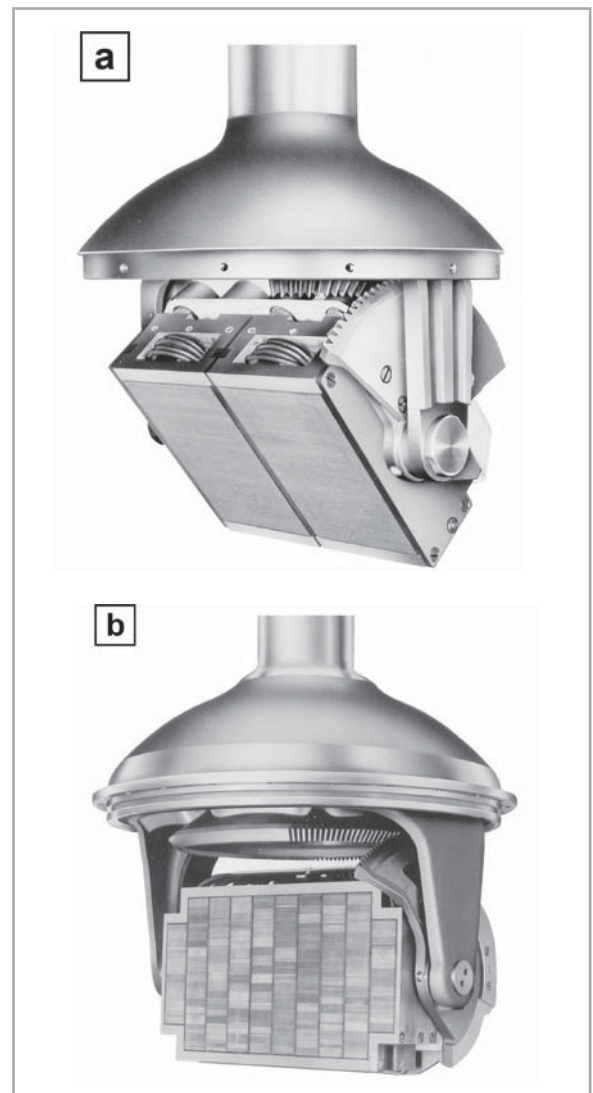


Bild 11: Beispiele von drehbaren und schwenkbaren magnetostruktiven Panorama-Sende-Empfangsschwingern, z. B. für Fischerei- und Sonaranlagen (zur Vertikal- und Horizontalortung). Der Schwinger in der Darstellung b kann bis zu 9 getrennte Suchstrahlen aussenden mit einer Sendeleistung von je 4 kW pro Sendestrahle bei einer Reichweite von ca. 4000 m.

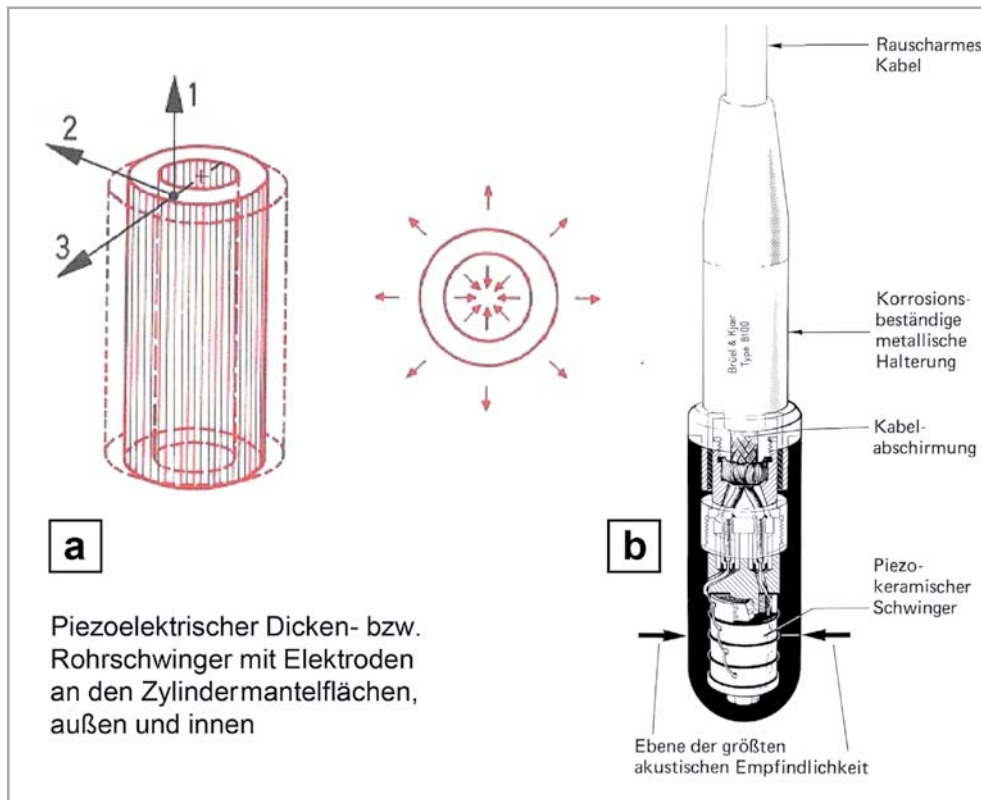


Bild 12: Piezokeramischer Wasserschall-Empfänger (Hydrofon)  
 a) Rohrschwinger-Typ, mechanisch schwingend in radialer Richtung  
 b) Beispiel für den konstruktiven Aufbau eines Hydrofons (Brüel & Kjaer), Länge: 12 cm, Durchmesser: 2,1 cm. Rohrschwinger-Typ, bestehend aus 4 Einzel-elementen, die elektrisch parallel geschaltet und mechanisch zu einem Hohlzylinder zusammengesetzt sind. Richtcharakteristik: Omnidirektional. Frequenzgang: linear bis weit über 100 kHz hinaus, verwendbar bis zu einer Meerestiefe von  $\geq 1000$  m

trischen Effekts (erstmalig beobachtet um 1880 von den Gebrüdern Jacques und Pierre Curie). Auch dieser Wandlertyp gehört zu den reversiblen Wandlern. Zu den klassischen piezoelektrischen Materialien (Quarz, Seignettesalz, etc.) sind heutzutage für die technische Anwendung hauptsächlich piezoelektrische Keramiken (Bariumtitanat ( $\text{BaTiO}_3$ ), Bleizirkonattitanat (PZT)) sehr wichtig, und das gilt natürlich auch für den Wasserschall.

Stellvertretend für die Gesamtheit aller piezoelektrischen Wasserschallwandler soll hier lediglich auf den piezokeramischen Wasserschallempfänger, d. h. auf das Hydrofon, näher eingegangen werden. Die

dabei gemachten Hinweise und Anmerkungen gelten im Prinzip generell auch für die anderen Ausführungen piezoelektrischer Wasserschallwandler.

Im Bild 12 ist der Aufbau eines piezokeramischen Hydrofons dargestellt, wie es für den Einsatz in größeren Meerestiefen (1000 m und mehr) verwendet wird. Der Frequenzgang ist linear bis weit über 100 kHz hinaus. Mit Hydrofönen kann neben Kavitationsgeräusch-Messungen unter anderem auch das Verhalten von höher entwickelten Meeresbewohnern (Wale, Delfine, Schweinswale) untersucht werden. Letztere leiden sehr, wenn in ihrer Umgebung z. B. Fundamente von Windgeneratoren in den Meeresboden gerammt werden oder wenn sich in ihrer Umgebung Wasserfahrzeuge mit hoher Geschwindigkeit bewegen. Meeresbewohner verlieren dadurch häufig die Orientierung.

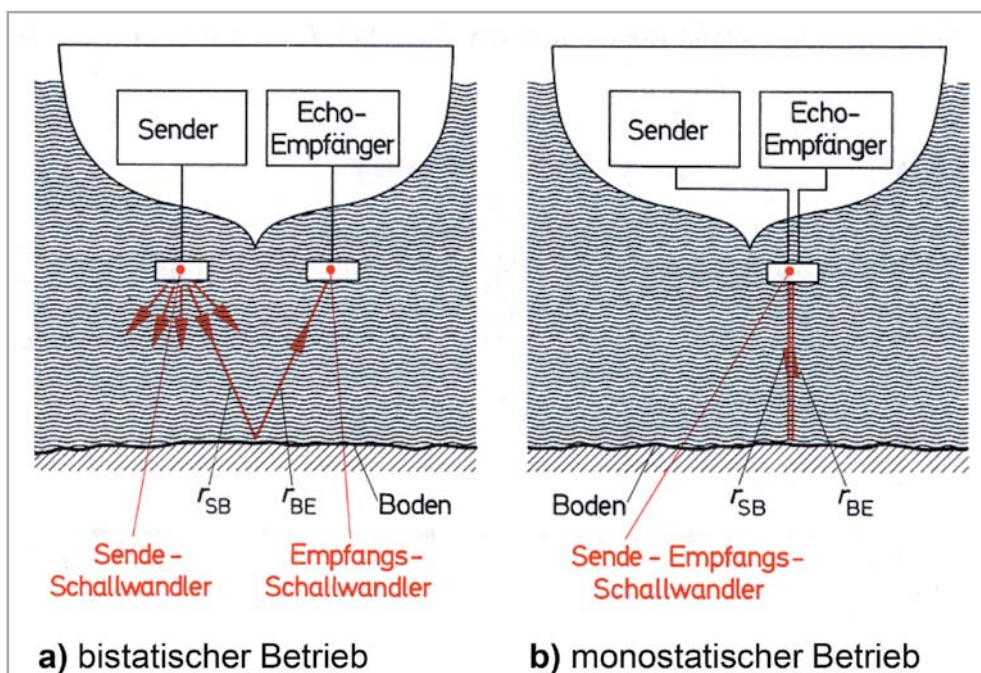


Bild 13: Sonarortung (sound navigation and ranging) – Prinzip der vertikalen Echolotung. Die aktive Sonarortung stellt im Prinzip eine Echolotung dar. Man unterscheidet dabei zwischen a) der bistatischen und b) der monostatischen Betriebsweise. Im ersten Falle werden zum Senden und Empfangen getrennte Schallwandler verwendet, während im letzteren Falle mit demselben Wasserschallwandler gesendet und empfangen wird.



## Schallortung im Meer – Sonar

Wenn von Schallortung im Meer die Rede ist, fällt meist immer das Wort Sonarortung. Das Kunstwort Sonar (= sound navigation and ranging) ist eine Art Gegenstück zum anderen bekannten Kunstwort Radar (= radio detecting and ranging).

Die Sonarortung stellt im Prinzip eine Echoortung dar, bei der man wiederum zwischen einer Vertikalortung und einer Horizontalortung unterscheidet. Des Weiteren unterscheidet man zwischen einem bistatischen und einem monostatischen Betrieb. Beim bistatischen Betrieb werden zum Senden und zum Empfangen zwei separate Schallwandler verwendet, während beim monostatischen mit ein und demselben Wasserschallwandler gesendet und empfangen wird, siehe Bild 13.

Die Vertikalortung dient z. B. zur Bestimmung der Wassertiefe unter dem Kiel und zur Auffindung von Fischschwärmen. Die für die aktive Sonarortung in der Anfangszeit verwendeten Schallsignale kann man in drei verschiedene Klassen einteilen, und zwar a) in trägerfrequente Schallimpulse (CW-Impulse), b) in frequenzmodulierte Schallimpulse (FM-Impulse) und c) in kodierte Schallimpulse.

Die größtmögliche horizontale Ortungsentfernung (= Reichweite) hat ihre Grenzen. Diese hängen vor allem von der Intensität des Sendesignals, von der Empfindlichkeit des Empfängers und vom Ausmaß auftretender Störungen ab. Nicht zuletzt spielt dabei aber auch die Schalldämpfung durch das Meerwasser eine Rolle, siehe auch Bild 7.

Bei sehr tiefen Frequenzen ist die Schalldämpfung durch das Meerwasser nur sehr gering. Bei 100 Hz z. B. beträgt sie lediglich etwa  $10^{-3}$  dB pro km! Sie nimmt aber sehr schnell mit wachsender Frequenz zu. Bei 10 kHz beträgt sie bereits 1 dB pro km, entsprechend 100 dB auf 100 km oder 54 Seemeilen.

## Wasserschall-Messtechnik

Ein Großteil der akustischen Messtechnik im bzw. unter Wasser befasst sich neben der Untersuchung an Wasserschallabsorbern mit der Kalibrierung von Wasserschallwandlern. Für derartige Prüfungen wurden spezielle Messtanks geschaffen, in denen man, zumindest für einen bestimmten Frequenzbereich, akustische Freifeldbedingungen erzeugen kann. Weiter oben war davon schon die Rede im Zusammenhang mit der Untersuchung an kavitierenden Schiffspropellern, siehe Bild 8.

Untersuchungen an Wasserschallwandlern verlaufen im Prinzip so ähnlich wie bei Luftschallwandlern, und zwar mit einem möglichst breitbandigen Wasserschallsender in einem Wasserschall-Messbecken, das hier ringsherum mit schallabsorbierenden, keilförmigen Lamellen ausgekleidet ist. Die Keillamellen enthalten Poren bzw. Hohlräume, sodass sie dem Wasser gegenüber außerordentlich „kompressibel“ erscheinen.

Mit derartigen Gummikeil-Anordnungen erzielt man eine gute Schallabsorption über einen sehr breiten Frequenzbereich hinweg, z. B. zwischen etwa 5 bis 70 kHz, siehe dazu auch Bild 8a. Die untere Grenzfrequenz wird in der Hauptsache durch die Keillänge bestimmt, während die obere Grenzfrequenz vom ge-

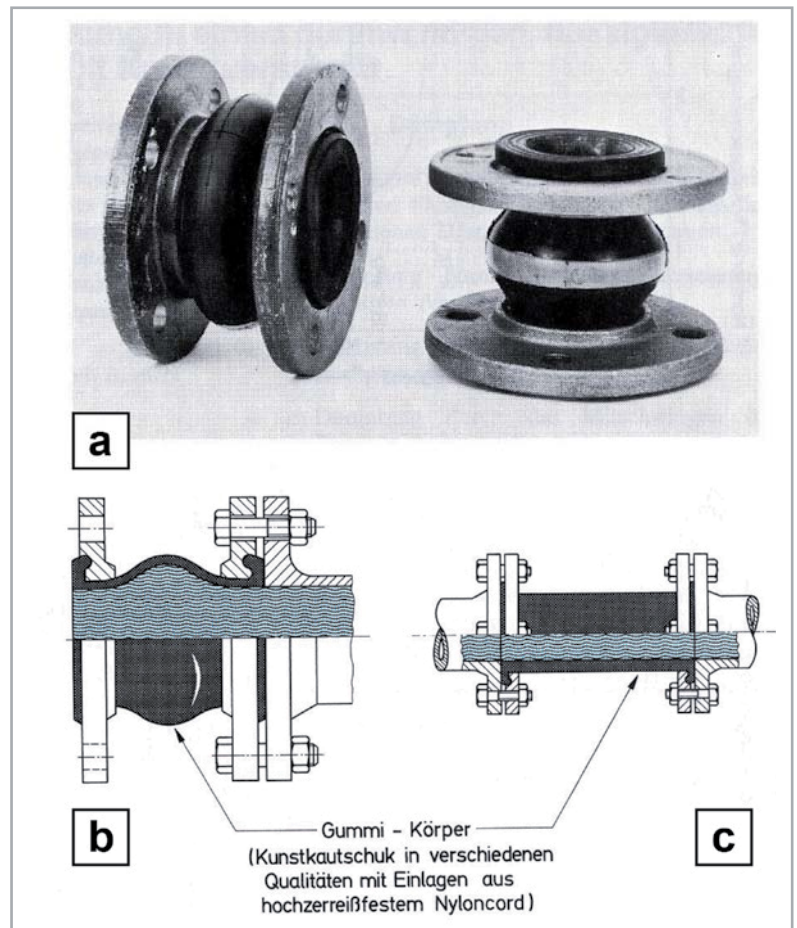


Bild 14: Flexible und schalldämmende Rohrleitungselemente (Gummikompensatoren) zur Verringerung einer Geräuschübertragung über die Wasserfüllung innerhalb von Leitungen a) Balgkompensator, b) und c) Schnittzeichnungen eines Balgkompensators und eines Schlauchkompensators mit angeschlossenen Rohrenden (halb geschnitten dargestellt)

genseitigen Abstand der einzelnen Keillamellen abhängt. Zur Vermeidung von Reflexionen an der oben gegen Luft angrenzenden Wasseroberfläche wird Letztere bei praktischen Messungen ebenfalls mit reflexionsarmen, „schwimmenden“ Breitbandabsorbern abgedeckt.

## Weitere Beispiele aus der Praxis

Abschließend noch zwei Beispiele für weitere Bereiche, in denen es darum geht, eine Lärmübertragung bzw. -ausbreitung durch Wasser zu verringern; das sind a) wasserführende und geräuschtransportierende Rohrleitungen und b) Blasenschleier um Trägerpfähle herum für Windkraftanlagen, und zwar zur Lärmreduzierung während Offshore-Rammarbeiten bei der Pfahlversenkung im Meer.

- Die Übertragung von störendem Lärm durch Wasserleitungen kann mithilfe von sogenannten (Gummi-)Kompensatoren sehr wirksam verringert werden, siehe Bild 14. Darunter versteht man flexible Rohrverbindungselemente, die eine „schallweiche“ Unterbrechung der Rohrleitung bilden. Sie wirken wie ein akustisches Sperrglied für die Schallübertragung durch das Wasser. In einem schallweich berandeten Rohr kann sich keine ebene Schallwelle ausbreiten.
- Bei Offshore-Rammarbeiten im Meer zur Errichtung von Windkraftanlagen (Windparks) entsteht Wasserschall mit extrem hohen Pegeln, und das bis zu sehr tiefen Frequenzen herab, was sich vor allem sehr negativ auf die dortigen Meeressäuger (Schweinswale etc.) auswirkt.

Als eine sehr effektive Methode zur räumlichen Eingrenzung derartiger Lärmquellen haben sich sogenannte Blasenschleier bewährt, die man um die in den Untergrund zu rammenden Trägerpfähle erzeugt. Bei diesem Verfahren wird Luft über mehrere am Boden befindliche Schlauch- oder Rohröffnungen unter hohem Druck vom Meeresboden aus ins Wasser ge-



pumpt, von wo aus sie wie ein Blasenschleier nach oben entweicht. Das geschieht ringsherum um den Trägerpfahl. Dabei entsteht so ein Luftblasenvorhang, an dem der Lärm sowohl gestreut als auch durch Reflexion gedämmt wird, siehe Bild 15.

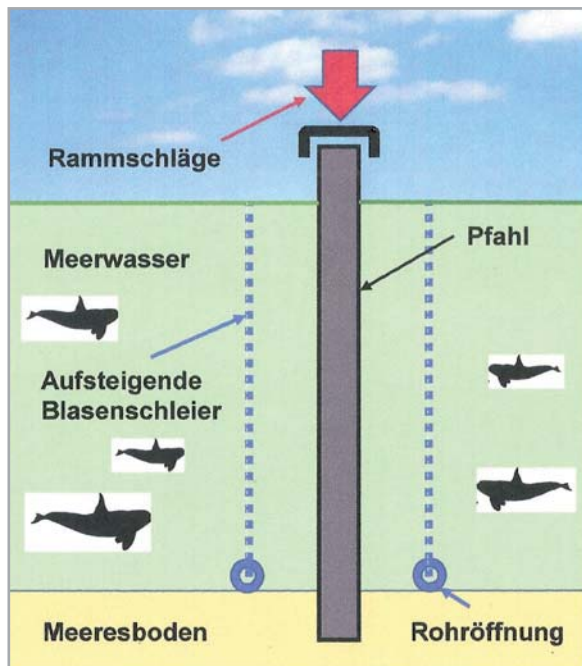


Bild 15: Erzeugung eines nach oben aufsteigenden Blasenschleiers, der den in den Meeresboden einzurammenden Offshore-Pfahl konzentrisch umgibt. Dazu wird durch Rohre, die zum Meeresboden hin verlegt sind, Luft gepumpt, die unten austritt und wie ein Luftblasenvorhang nach oben aufsteigt. Dieser Vorhang hat eine stark lärmdämmende Wirkung. Auf diese Weise kann die Unterwasserwelt mit ihren Lebewesen gegenüber schädlichem Lärm abgeschirmt und somit geschützt werden.

## Ausblick

Der nächste Beitrag befasst sich mit den Themen Infraschall und Ultraschall. Neben grundsätzlichen Betrachtungen über die sehr verschiedenen Frequenz- und Wellenlängenbereiche gehören dazu Hinweise auch darüber, wo natürliche und industriell genutzte Schallquellen dieser Art einem im täglichen Leben begegnen. Dazu gehören natürlich auch Anmerkungen über den Einsatz von Ultraschall in der Medizin, aber auch in der Industrie, z. B. zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, zum Reinigen, zum Erodieren und sogar zum Löten von Aluminium (!). Für den Infraschall und für den Ultraschall galt lange die Vorstellung, dass unser Gehör in diesen Frequenzbereichen absolut nichts mehr wahrnimmt. Dass dem nicht so ist, belegen neuere Erkenntnisse. Auch in der Messtechnik gibt es Unterschiede zum Hörfrequenzbereich. Im Ultraschallbereich kommt im Übrigen eine weitere physikalische Größe zum Tragen, von der man im Hörschallbereich nichts gemerkt hat, nämlich der Schallstrahlungsdruck. Daran erinnert man sich vielleicht beim Ultraschallsprudeln. Es handelt sich dabei um einen statischen Druck, der auch für das Auftreten des „Quarzwindes“ verantwortlich ist. **ELV**



## Weitere Infos:

- [1] Veit, Ivar: „Flüssigkeitsschall“, Vogel-Verlag, Würzburg, 1979, ISBN: 3802301285
- [2] Veit, Ivar: „Technische Akustik“, Vogel-Verlag, Würzburg, 7. erweiterte Auflage, 2012, ISBN: 3834332828

**ELV** journal präsentiert:

## Die ELV Lese-Offensive

Kostenlose Fachbeiträge  
zum Download



Kennen Sie schon unsere ELVjournal Lese-Offensive? Im ELVjournal online finden Sie annähernd 100 kostenlose Fachbeiträge aus den Bereichen Maker, Neues vom Elektronik-Nachwuchs, Leser-Testberichte, Smart Home mit Homematic und Technik-Produkte.

Als reiner Print-Abonnent können Sie so testen, wie sich das ELVjournal online und damit jederzeit und überall lesen lässt. Wenn Sie das ELVjournal gerade kennengelernt haben, entdecken Sie hier die Themenvielfalt und stöbern unverbindlich in den Beiträgen aus der Welt der Technik.

Wir wünschen Ihnen auf jeden Fall viel Spaß mit dem ELVjournal – ob nun on- oder offline.

### Starten Sie jetzt unter:

<https://de.elv.com/journal/service/kostenlose-fachbeitraege/> oder scannen Sie ganz einfach den QR-Code.



### Maker

Raspberry Pi, Arduino,  
3D-Drucker und  
Elektronik-Themen

### Spaß mit Elektronik

Neues vom  
Elektronik-Nachwuchs

### Leser testen

Spannende Berichte  
von Lesern zu Produkten

### Homematic

Hier dreht sich alles  
um das Smart Home  
mit Homematic

### So funktioniert's

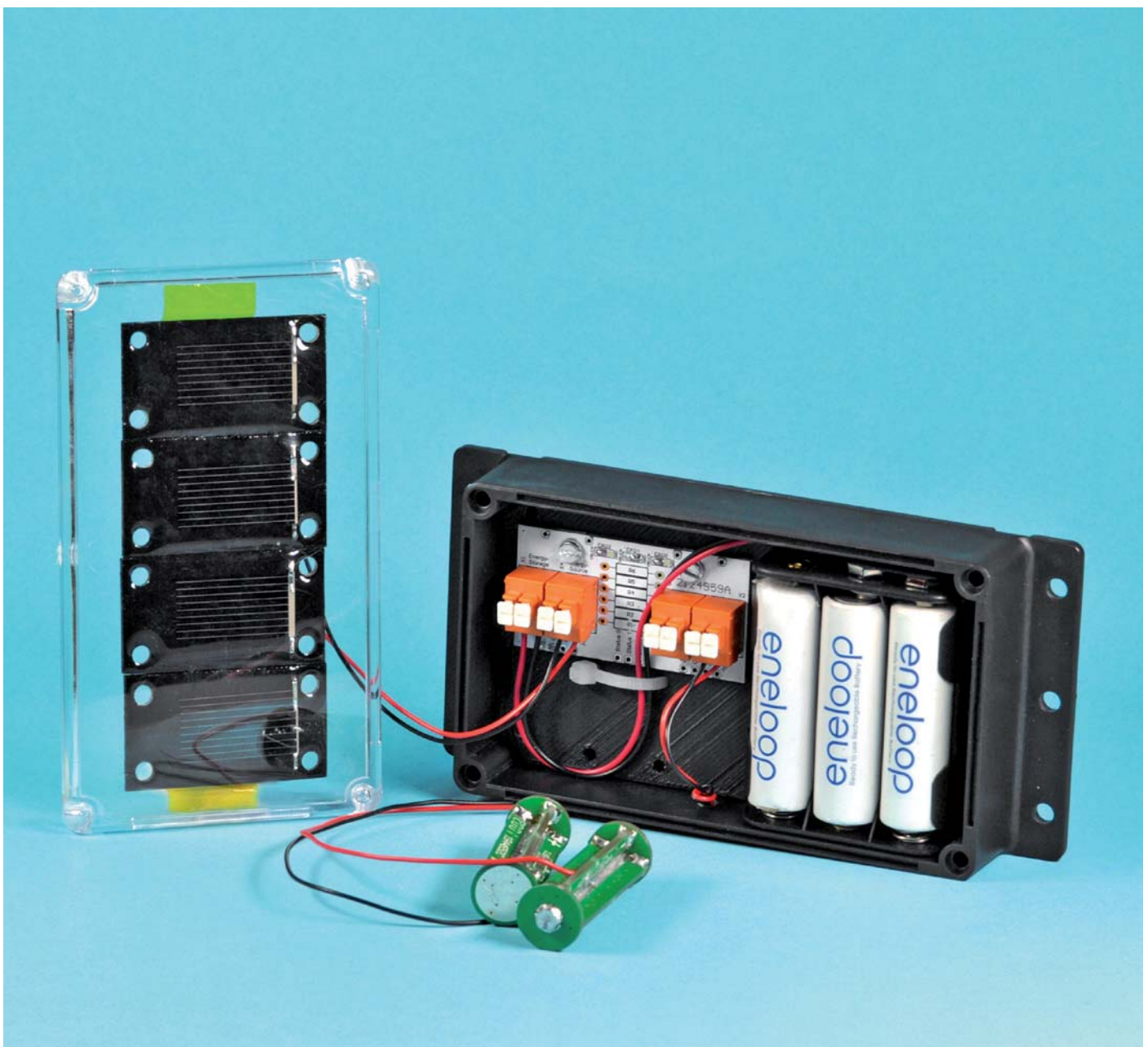
Interessante Beiträge zu  
Technik-Produkten



# Solar-Lader

## Projekt Energie-Ernte mit dem UEH80

Im ELVjournal 2/2021 haben wir den neuen ELV Bausatz Universelles Energy Harvesting Modul UEH80 vorgestellt. Der Bausatz dient dazu, aus der von der Sonne abgestrahlten Energie mithilfe von Solarmodulen einen angeschlossenen Energiespeicher aufzuladen. Gleichzeitig stehen an zwei Ausgängen Spannungen zur Verfügung, die beispielsweise zur Versorgung von energiesparenden Sensoren oder Mikrocontrollern genutzt werden können. In dieser Ausgabe des ELVjournal folgt nun ein Projekt, das die Anwendung des Bausatzes in einem praktischen Beispiel zeigt.



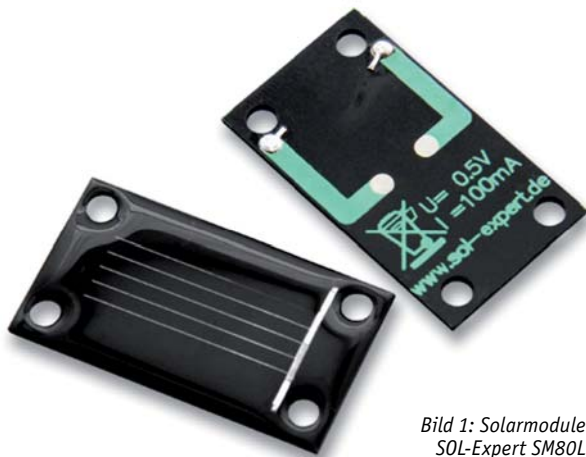


Bild 1: Solarmodule SOL-Expert SM80L



Bild 2: UEH80 in einer Abox-i 040-L (IP65)



Bild 3: Kemo Klarsichtdeckel-Wandgehäuse

## Solarmodule

Bevor wir das Projekt beginnen, kommen wir noch einmal kurz zu den Grundlagen zurück. Der Bausatz ist dafür vorgesehen, Lichtenergie der Sonne (Quelle) durch die Nutzung von Solarmodulen (Energiewandler) in einem Energiespeicher zu speichern und an ein bzw. zwei Ausgängen Spannung zur Verfügung zu stellen. Details zu dem Bausatz und wichtige Hinweise zur Anwendung sind in dem Beitrag im ELVjournal 2/2021 [1] nachzulesen.

Das im Bausatz verwendete Power-Management-IC AEM10941 von ePeas [2] kann dabei aus Solarmodulen mit maximal 5-V-Ausgangsspannung mit einem maximalen Eingangsstrom von 110 mA betrieben werden (AEM10941 Datenblatt, [3]). Für erste Versuche eignen sich beispielsweise Solarmodule von Sol-Expert SM80L (Bild 1, [4]), wovon maximal sieben Stück in Reihe geschaltet werden dürfen. Einzelne Solarzellen aus Silizium haben eine Leerlaufspannung von typisch 0,5–0,6 V  $\rightarrow$  7 x 0,6 V = 4,2 V, also  $<$  5 V.

Die Solarmodule sind mit den Abmessungen von 45 x 25 x 2 mm (B x H x T) verhältnismäßig klein, und mehrere von ihnen nehmen auch in Reihe geschaltet nur sehr wenig Platz ein.

## Gehäuse

Am Markt gibt es die verschiedensten Gehäuse für den Einsatz im Innen- und Außenbereich. Der Bausatz UEH80 hat Platinenbohrungen, die u. a. für ein Gehäuse Abox-i 040-L (Bild 2, [5]) vorgesehen sind. Dort kann die Platine in der für den Outdoorbereich geeigneten Variante einfach eingeschraubt werden, und wird so entsprechend geschützt.

In dem wetterfesten Gehäuse können dann der Bausatz und der Energiespeicher (z. B. 3x Mignon-Akku mit Batteriehalter, s. u.) eingesetzt und die Solarmodule außerhalb des Gehäuses in geeigneter Position angebracht werden. Das zu versorgende Gerät kann mit im Gehäuse eingebaut oder über ein nach außen führendes Kabel gespeist werden. Alternativ gibt es von Bopla aus der Serie Bocube eine Reihe weiterer Gehäuse für den Außenbereich in den verschiedensten Ausführungen.

Für unsere Energy-Harvesting-Tests wählen wir ein Gehäuse mit transparentem Deckel (Kemo Klarsichtdeckel-Wandgehäuse – Bild 3, [6]), in das wir gleichzeitig Bausatz, Energiespeicher und Solarmodule einbauen können und so einen kompakten Versuchsaufbau erhalten.

Zudem stellen wir für das Gehäuse eine 3D-Druckdatei zur Verfügung [7], die optional genutzt werden kann und der Aufnahme des Bausatzes und der Energiespeicher dient (Bild 4). Der 3D-gedruckte Adapter wurde in OpenSCAD erstellt und kann entsprechend modifiziert werden. Dazu stellen wir im Downloadbereich des Beitrags ebenfalls die Originaldatei zur Verfügung.

## Energiespeicher

Der im Bausatz verwendete PMIC AEM10941 ermöglicht den Einsatz unterschiedlichster Energiespeicher (s. Tabelle 1), die beim UEH80 mittels Lötbrücken ausgewählt werden.

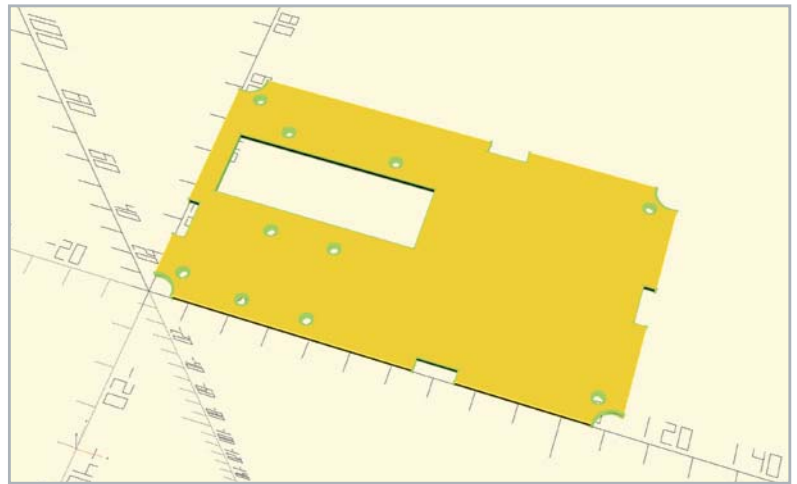
Configuration pins			Storage element threshold voltages			LDOs output voltages		Typical use
CFG[2]	CFG[1]	CFG[0]	Vovch	Vchrdy	Vovdis	Vhv	Vlv	
1	1	1	4.12 V	3.67 V	3.60 V	3.3 V	1.8 V	Li-ion battery
1	1	0	4.12 V	4.04 V	3.60 V	3.3 V	1.8 V	Solid state battery
1	0	1	4.12 V	3.67 V	3.01 V	2.5 V	1.8 V	Li-ion/NiMH battery
1	0	0	2.70 V	2.30 V	2.20 V	1.8 V	1.2 V	Single-cell supercapacitor
0	1	1	4.50 V	3.67 V	2.80 V	2.5 V	1.8 V	Dual-cell supercapacitor
0	1	0	4.50 V	3.92 V	3.60 V	3.3 V	1.8 V	Dual-cell supercapacitor
0	0	1	3.63 V	3.10 V	2.80 V	2.5 V	1.8 V	LiFePO4 battery
0	0	0	Custom mode - Programmable through R1 to R6				1.8 V	

Tabelle 1: Konfigurationsmöglichkeiten mittels Lötbrücken (Quelle: Datenblatt AEM10941, [3])





Bild 4: 3D-Druck-Datei zur Aufnahme von Bausatz und Energiespeicher



Für unser Beispiel verwenden wir Akkus mit NiMH-Technik (3x Panasonic eneloop Mignon-Akku [8]), die wir in einem Batteriehalter [9] befestigen und später per Batterieclip [10] mit dem Bausatz verbinden (Bild 5). Je nach Einsatzzweck sind natürlich auch Zellen im Micro-Format möglich.

**Hinweis:** Der Energiespeicher sollte so gewählt werden, dass seine Spannung auch bei gelegentlichen Spitzen des Laststroms nicht unter Voris (s. Tabelle 1) fällt. Wenn der Innenwiderstand des Speicherelements diese Spannungsgrenze nicht halten kann, ist es ratsam, den Energiespeicher mit einem Kondensator zu puffern. Der Pin, an dem das Speicherelement angeschlossen ist, darf niemals potentialfrei bleiben. Wenn die Anwendung eine Abschaltung der Batterie erwartet (z. B. wegen eines vom Benutzer abnehmbaren Steckers), sollte die Schaltung einen Kondensator von mindestens 150  $\mu\text{F}$  enthalten. Der Leckstrom des Kondensators sollte klein sein, da Leckströme sich direkt auf den Ruhestrom auswirken können.

In der Tabelle 1 sehen wir dazu die erforderliche Konfiguration der Konfigurationspins CFG[2:0], die bei dem Bausatz per Lötbrücken gesetzt werden. In Bild 6 sieht man die Möglichkeiten der Lötbrücken-Konfiguration im Detail. Für unser Projekt müssen wir später diese Lötbrücken noch setzen.

In unserem Beispiel mit den NiMH-Akkus wählen wir folgende Lötbrücken-Konfiguration:

CFG2: 1  
CFG1: 0  
CFG0: 1

### Spannungsausgang

Beim UEH80 stehen zwei Spannungsausgänge (LV<sub>out</sub> und HV<sub>out</sub>) zur Auswahl, die 20 mA bzw. 80 mA zur Verfügung stellen können. In unserem Beispiel stehen 1,8 V am LV<sub>out</sub> und 2,5 V am HV<sub>out</sub> an, womit wir z. B. ein Gerät, welches zwei Akkus in Reihe benötigt, an HV<sub>out</sub> betreiben könnten.

Benötigt man andere Spannungen, kann man diese entweder über den Custom-Mode (s. Datenblatt AEM10941 [3]) realisieren oder einen anderen Energiespeicher mit den vorgegebenen Konfigurationsmodi nutzen.

Die Verkabelung kann direkt oder mithilfe unseres Bausatzes Batterie-Dummy-Set BD-AA (Mignon, Bild 7, [11]) erfolgen. Bei Verwendung der Batterie-Dummies können diese später in ein geeignetes Gerät eingesetzt werden.

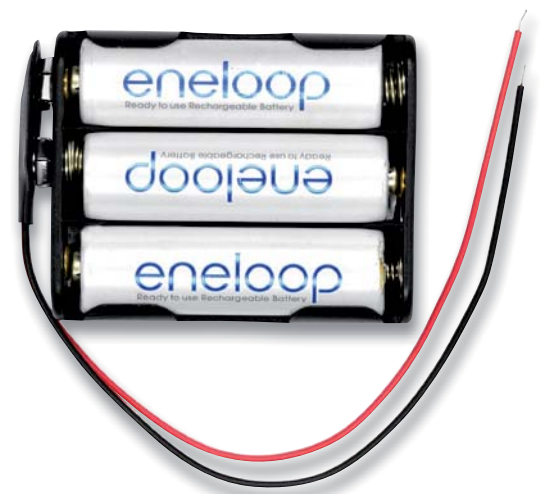


Bild 5: Panasonic eneloop Akkus mit Batteriehalter und Batterieclip



Bild 6: Konfiguration der Lötbrücken



Bild 7: Batterie-Dummy-Set BD-AA (Mignon)

### Schritt 1

#### Setzen der Konfigurationspins

Beginnen wir nun mit unserem Energy-Harvesting-Testaufbau. Als Erstes verbinden wir die Lötjumper nach obiger Konfiguration (CFG2: 1, CFG1: 0, CFG0: 1, Bild 8) für unseren Energiespeicher mit den NiMH-Akkus.

### Schritt 2

#### Vorbereitung der Solarmodule

Als Nächstes müssen wir die Solarmodule in Reihe verbinden. In den transparenten Deckel des Kemo-Gehäuses passen vier SOL-Expert-Module SM80L, die wir entsprechend vorbereiten. Zur Fixierung und besseren Bearbeitung können die Module mit Kapton-Tape oder einem anderen Klebefilm fixiert werden (Bild 9).

Für die elektrische Verbindung der einzelnen Module können beispielsweise übrig gebliebene Beinchen von Durchsteckbauteilen verwendet werden, die der Konstruktion zusätzlichen Halt verleihen, es gehen natürlich auch normale Kabel. Am Ende werden an die Pole (+, -) die Kabel für die spätere Verbindung am UEH80 angelötet. Danach kann die Konstruktion zu Testzwecken per Klebefilm oder mit Heißkleber am Deckel befestigt werden. Alle offen liegenden Kontakte der Solarmodule sollten mit Isolierband o. Ä. gegen Kurzschluss geschützt werden.

### Schritt 3

#### Energiespeicher und 3D-Druck-Adapter

Anschließend können der Bausatz und der bestückte Batteriehalter mit Batterieclip in das Gehäuse mit Doppelklebeband eingeklebt oder mithilfe des 3D-gedruckten Adapters und entsprechender Schrauben befestigt werden (Bild 10).

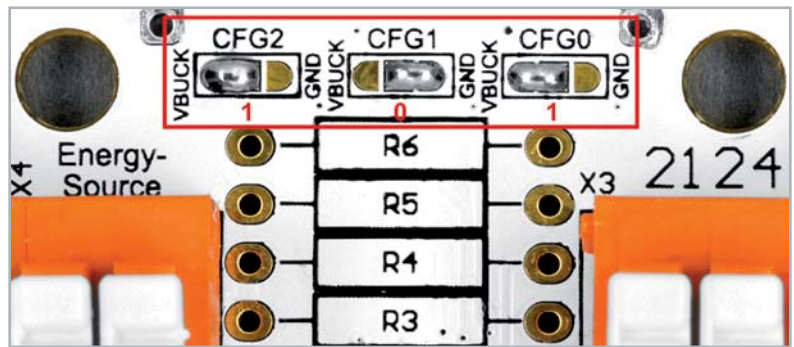


Bild 8: Konfiguration der Lötjumper

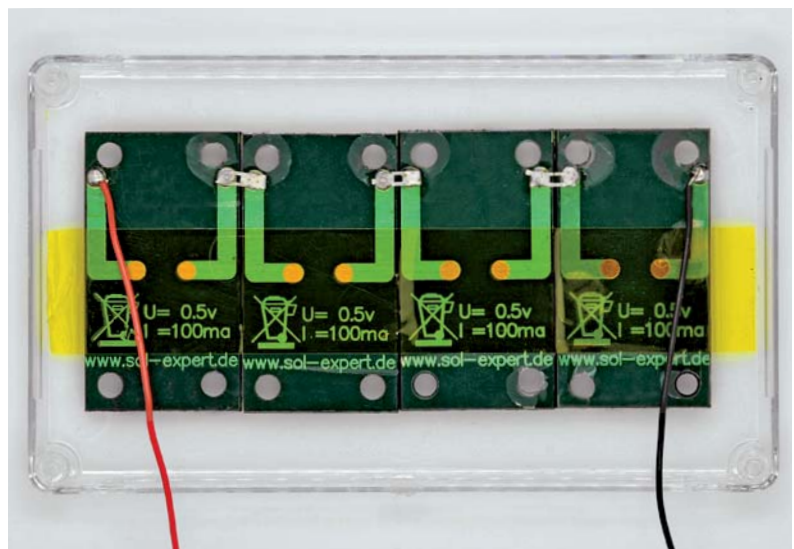


Bild 9: Vorbereitung der Solarmodule

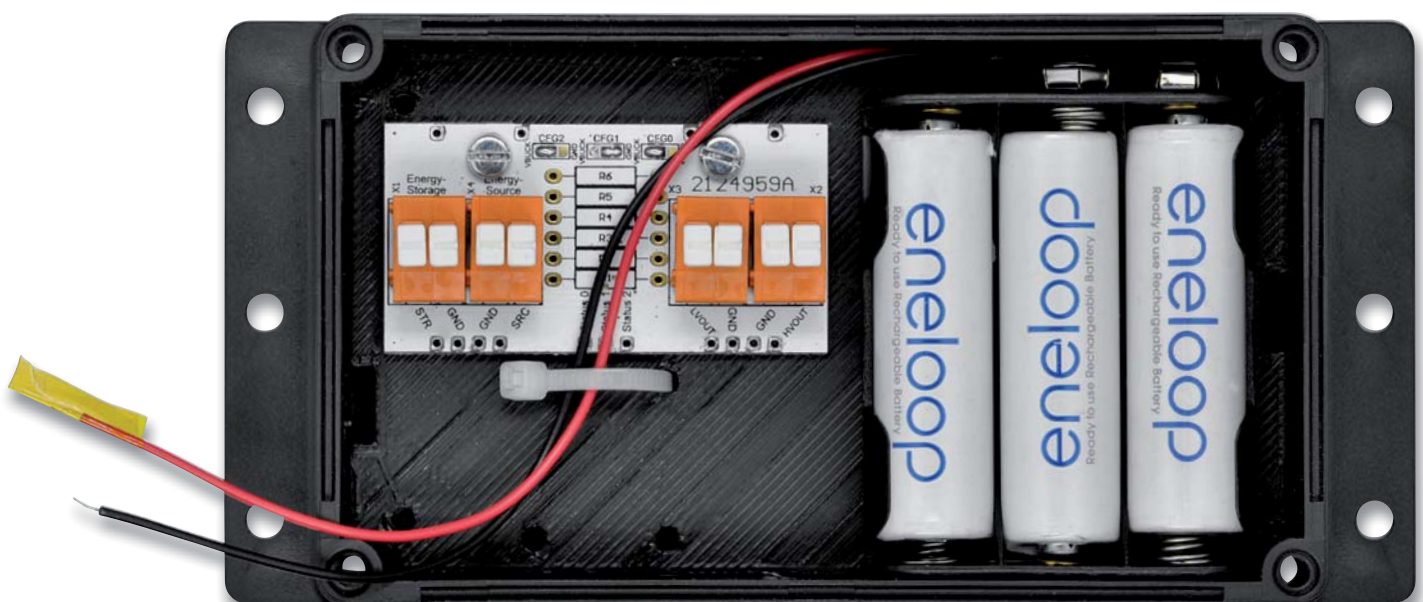


Bild 10: Montage der Komponenten im Gehäuse

**Schritt 4****Verbinden der Komponenten**

Wir kontrollieren jetzt noch einmal die für den Energiespeicher passende Konfiguration der CFG-Pins am UEH80. Danach wird zunächst (s. a. Hinweis zum Energiespeicher oben) der Energiespeicher (STR/GND) angeschlossen und die Akkus in den Batteriehalter eingelegt. Dann erst werden die Solarmodule (SRC/GND) am UEH80 angeschlossen. Dabei sollte unbedingt auf die richtige Polung geachtet werden. Bild 11 zeigt den schematischen Aufbau für unser Anwendungsbeispiel.

Der gesamte Aufbau ist im Titelfoto zu sehen. Ist die Spannung des Energiespeichers für die jeweilige Konfiguration ausreichend (s. Tabelle 1, Vchrdy), sollte an den Ausgängen LV<sub>out</sub> bzw. HV<sub>out</sub> bereits eine Spannung anliegen. Hier kann man anschließend den

vorgesehenen Verbraucher direkt per Kabel oder mithilfe unserer Batterie-Adapter (Bild 7, [11]) anschließen und das Kabel durch eine Bohrung im Gehäuse nach außen führen.

Den Aufladevorgang kann man über den Status-Pin 2 bzw. die ausreichende Spannung am Energiespeicher über den Status-Pin 0 abfragen. Detaillierte Hinweise zu den Status-Pins gibt es im Beitrag zum UEH80 [1] oder im Datenblatt [3]. **ELV**

**Wichtiger Hinweis:** Da beim UEH80 für die Anschlüsse der Solarzelle und des Energiespeichers keine Schutzfunktionen vorgesehen sind, muss dies in der externen Beschaltung berücksichtigt werden. Die Leistung muss entweder durch Sicherungselemente auf 15 W begrenzt werden, oder die angeschlossenen Solarzellen und Energiespeicher dürfen nicht mehr als 15 W liefern.

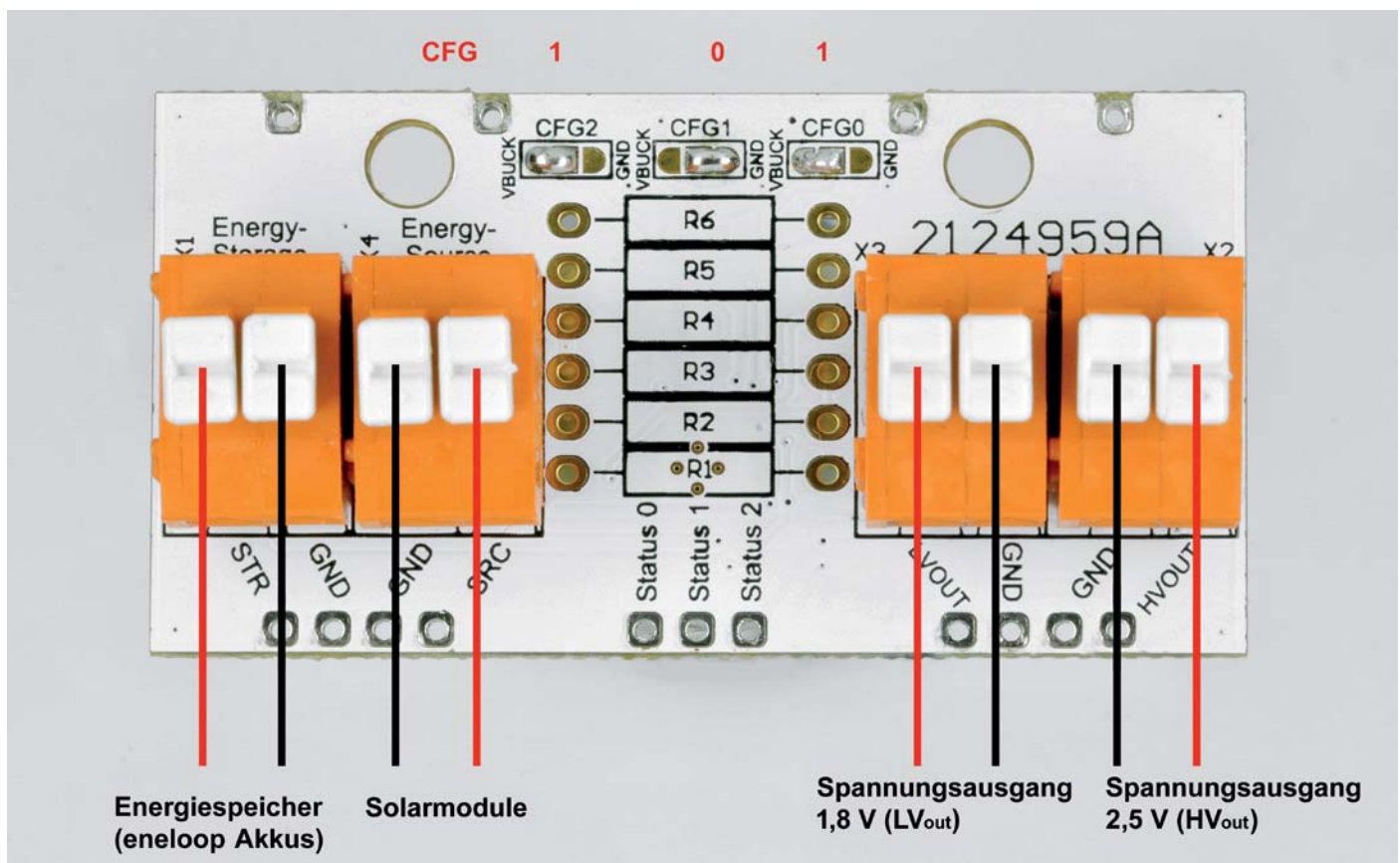


Bild 11: Schematischer Anschluss der Elemente an den UEH80

**Weitere Infos:**

- [1] ELVjournal 2/2021, Einfach Energie ernten – Universelles Energy Harvesting Modul UEH80: Artikel-Nr. 251978
- [2] ePeas-Website: <https://www.e-peas.com>
- [3] Datenblatt PMIC AEM10941: <https://e-peas.com/product/aem10941/>
- [4] Solarmodule SOL-Expert SM80L: Artikel Nr. 118141
- [5] Spelsberg Verbindungsdose Abox-i 040-L, grau, IP65, halogenfrei, witterungsbeständig: Artikel-Nr. 251439
- [6] Kemo Klarsichtdeckel-Wandgehäuse: Artikel-Nr. 129129
- [7] Downloads zum Beitrag – Artikel-Nr. 252097
- [8] Panasonic eneloop NIMH-Akkus Mignon (AA), 1900 mAh, 4er-Pack: Artikel-Nr. 071500
- [9] Batteriehalter für 3x Mignon mit Druckknopf-Anschluss: Artikel-Nr. 081530
- [10] goobay Batterieclip für 9-V-Blöcke, I-Form: Artikel-Nr. 117342
- [11] ELV Bausatz Batterie-Dummy-Set BD-AA, 4x Mignon: Artikel-Nr. 153809

# Alle Abos im Überblick: Die ELVjournal Abonnements

Das ELVjournal bringt Ihnen sechs Mal im Jahr spannende Bausätze, Hintergrundbeiträge zu technischen Themen und Tests zu angesagten Geräten. Daneben stellen wir die neuesten Entwicklungen unserer Smart Home Geräte vor und verlosen spannende Technik-Gadgets. Lesen Sie das ELVjournal so, wie Sie es gerne möchten: als Printausgabe, online im Web oder in unserer ELVjournal App auf dem Tablet oder Smartphone.

## Das ELVjournal Kombi-Abo<sup>1</sup>

- Sparen Sie über 35 % gegenüber den einzelnen Print- und Online-Abos
- Jede Ausgabe wird direkt zu Ihnen nach Hause geliefert – ohne zusätzliche Zustell- und Portokosten
- Sie haben zwölf Monate lang vollen Zugriff auf alle kostenpflichtigen digitalen Inhalte des ELVjournals
- Die komplette Ausgabe des ELVjournals können Sie im ELVjournal Bereich direkt herunterladen (PDF)
- Kostenlose, angereicherte Ausgaben in der ELVjournal App

<b>49,95 €</b>	<b>55,95 €</b>	<b>CHF 79,95</b>	<b>89,95 €</b>
Deutschland	Österreich	Schweiz	Übriges Ausland



## Das ELVjournal Print-Abo<sup>1</sup>

- Über 15 % Preisvorteil im Vergleich zum Einzelkauf
- Jede Ausgabe wird direkt zu Ihnen nach Hause geliefert – ohne zusätzliche Zustell- und Portokosten
- Sie verpassen keine Ausgabe und sichern sich exklusive und innovative Anleitungen für Selbstbauprojekte und erweitern Ihr Technikkwissen

<b>39,95 €</b>	<b>45,95 €</b>	<b>CHF 68,95</b>	<b>69,95 €</b>
Deutschland	Österreich	Schweiz	Übriges Ausland



Alle Abonnements finden Sie auch online unter



## Das ELVjournal Online-Abo<sup>1</sup>

- Über 15 % Preisvorteil im Vergleich zum Einzelkauf
- Kostenlose, angereicherte Ausgaben in der ELVjournal App
- Zwölf Monate lang vollen Zugriff auf alle kostenpflichtigen digitalen Inhalte des ELVjournals
- Die komplette digitale Ausgabe des ELVjournals als PDF können Sie im ELVjournal Bereich direkt herunterladen

**39,95 €**

Deutschland

**39,95 €**

Österreich

**CHF 45,95**

Schweiz



## Das ELVjournal Schnupper-Abo<sup>1</sup>

- Sparen Sie über 35 % im Vergleich zum Einzelkauf
- Testen Sie 2 aktuelle Printausgabe des ELVjournals
- Die Ausgaben werden direkt zu Ihnen nach Hause geliefert – ohne zusätzliche Zustell- und Portokosten

**9,95 €**

Deutschland

**13,95 €**

Österreich

**CHF 19,95**

Schweiz



## Das ELVjournal Geschenk-Abo

- Sparen Sie über 35 % im Vergleich zum Einzelkauf
- Verschenken Sie Technikwissen ohne Verpflichtung: 6 Ausgaben des ELVjournals ohne automatische Verlängerung als Geschenk
- Kombinieren Sie die Vorteile aus 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



**49,95 €**

nur Deutschland

<sup>1</sup>) 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.

# Röhrenradio-Restaurierung

## Ein praktischer Ansatz

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. Die einen restaurieren sie zu voll funktionsfähigen Geräten, die so gut funktionieren wie zu ihrer Zeit oder sogar besser, die anderen machen sie einfach zu dekorativen Designobjekten für schicke Wohnräume oder Büros.

Teil 1





## Motivation

Die Nachfrage nach alten Röhrenradios ist stark gestiegen, besonders im letzten Jahrzehnt. Ich beurteile nicht die Motivation anderer für den Kauf dieser Geräte, persönlich ziehe ich es vor, sie wieder in einen voll funktionsfähigen Zustand zu versetzen, um sie dann dem täglichen Gebrauch zuzuführen.

Hier wird es knifflig: Die Zahl der in Betrieb befindlichen Radiostationen wird immer knapper. Einige Länder haben die Mittelwelle ganz abgeschafft, Kurzwellensender sind auf eine Handvoll Medien von nationalem Interesse beschränkt, und sogar UKW wird in vielen Teilen der Welt mittlerweile eingestellt. Was hat man also vom Restaurieren?

Nun, eine Sache ist sicher, man erhält keine großen finanziellen Belohnungen für seine Arbeit. Die Anzahl der Stunden, die eine gute Restaurierung normalerweise erfordert, ist sehr hoch, und wenn diese in verkaufbare Arbeitszeit umgerechnet würde, könnte sich niemand ein restauriertes Radio leisten. Es ist durchaus üblich, dass eines dieser Projekte 50, 80 oder sogar 100 Stunden akribischer Arbeit verschlingt. Rechnet man das in Euro um, müsste jedes Radio mehr kosten als so manches Auto. Nein, Geld ist ganz sicher nicht der Motivator.

Meine Motivation ist die Befriedigung, ein altes Radio wieder zum Leben zu erwecken. Der Moment, wenn ich zum ersten Mal das Rauschen höre, ist die größte Belohnung für meine Bemühungen. Ein 60 Jahre altes Radio, das noch voll funktionsfähig ist und aussieht wie eine geschmackvoll gekleidete Dame aus dieser Zeit, ist zudem wunderschön anzusehen.

## Zunächst eine Warnung

Sie müssen sich zunächst einer Sache sehr klar sein: Die Spannungen, um die es sich hier handelt, sind sehr hoch und können tödlich sein. Es gibt keine nette Art, dies zu sagen. Die Spannungen, die die Röhren zum Betrieb benötigen, liegen normalerweise im Bereich von mehreren hundert Volt Gleichspannung und sind gefährlich!

Röhrenradios beziehen ihren Strom normalerweise aus dem Stromnetz, das in Europa derzeit etwa 240 Vac beträgt. Als Nächstes kommt ein Transformator, der die eingehende Netzwechselspannung in eine sekundäre Wechselspannung umwandelt, die in etwa gleich hoch oder höher ist. Diese Spannung wird dann gleichgerichtet und steigt auf bis zu 300 Vdc. Diese Spannung ist gefährlich, also lassen Sie die Finger davon, wenn Sie nicht wissen, was Sie tun!

## Halten Sie sich von einem „Hot Chassis“ fern

Um Ihnen ein wenig Angst einzujagen und um auf die hohe Gefahr hinzuweisen: Einige Radios dieser Ära wurden ohne Transformator gebaut, um Kosten zu sparen. Bei diesen Geräten wird die Netzwechselspannung direkt ohne Transformator gleichgerichtet.

Aus diesem Grund ist das Chassis (ein Grundgerüst aus Metall, auf dem alle Komponenten montiert sind) unter Umständen und je nachdem, wie man den Netzstecker einsteckt, direkt mit der Phase (L) verbunden. Bei diesen Modellen gibt es in der Regel keine von außen berührbaren Metallteile und auch keine Ein- und Ausgangsbuchsen, da diese nicht galvanisch vom Netz getrennt sind. Wenn die isolierende Rückwand des Radios entfernt wird, lässt sich das spannungsführende Chassis berühren. Hier ist also besondere Vorsicht geboten!

Solche Radios werden allgemein als „Hot-Chassis“-Radios bezeichnet und sollten niemals ohne einen Trenntransformator bearbeitet werden.

### 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.

### Über diese Serie

Diese Artikelserie soll dem Leser einen Einblick in die praktische Seite der Vollrestaurierung eines Röhrenradios geben. Dieser erste Teil führt in die theoretischen Grundlagen ein.

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 werden.

### 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.

Und selbst dann sollte man besondere Vorsicht walten lassen!

## Was benötige ich?

Sie müssen theoretisch kein Elektronik-Ingenieur sein, um ein Röhrenradio zu restaurieren. Sie benötigen auch keine komplette Laborwerkstatt voller Geräte, die mehr wert sind als Ihr Haus.

Sie müssen aber unbedingt verstehen, ohne es aus eigener Erfahrung lernen zu müssen, dass hohe Spannungen tödlich sein können, daher ist Sicherheitsbewusstsein unerlässlich!

Ich bin mehr als einmal gefragt worden, wie man die hintere Abdeckung eines Röhrenradios entfernt, das jemand restaurieren will. Das ist erschreckend! Wenn Sie nicht wissen, wie man vier Schrauben löst, sollten Sie definitiv nicht versuchen, ein Röhrenradio zu restaurieren.

Grundwissen über Elektronik ist sehr hilfreich. Einige Komponenten sehen in diesen Radios vielleicht ein wenig anders aus als in modernen Geräten, aber ihre Funktionen sind im Grunde die gleichen. Wenn Sie diese Grundlagen verstehen, wird der Prozess viel intuitiver sein und viel mehr Spaß bringen.

Was die Ausrüstung betrifft, so ist neben grundlegenden mechanischen Werkzeugen ein Multimeter unerlässlich, ebenso ein Lötkolben. Ein Signalgenerator ist ebenfalls sehr nützlich. Sie können hinsichtlich der Testgeräte fast unbegrenzt Geld investieren, wenn Sie wollen (oder es sich leisten können), und sich eine ganze Reihe von ihnen zulegen, aber das meiste davon ist nicht notwendig, um eine einfache Restaurierung durchzuführen.

## Welche Radios eignen sich am besten?

Ich persönlich bevorzuge deutsche Röhrenradios aus den 1950er- und 60er-Jahren. Dafür gibt es viele Gründe, aber der wichtigste ist, dass die Qualität der Geräte, die von den deutschen Markenherstellern dieser Zeit produziert wurden, unbestritten die beste der Welt ist. Namen wie SABA, Telefunken, Grundig, Loewe-Opta, Nordmende, Graetz, Schaub-Lorenz, Sie-

mens, Braun sind allesamt deutsche Markennamen aus dieser Zeit. Sie sind an technischer Exzellenz und Innovation unübertroffen. Die **Bilder 1 bis 3** zeigen das breite Spektrum an Stilen, das uns diese Marken beschert haben – wahre Kunstwerke.

### Warum deutsche Röhrenradios?

- *Zu den besten Marken der Welt gehören SABA, Telefunken, Grundig, Loewe-Opta, Nordmende, Graetz, Schaub-Lorenz, Siemens, Braun ... alles deutsche Marken aus den 1950er- und 1960er-Jahren.*
- *Die technische Innovation und Detailtreue ist verblüffend.*
- *Viele Geräte sind auf der ganzen Welt erhältlich.*
- *Die internen Konfigurationen sind sehr ähnlich.*
- *Eine ziemlich standardisierte Röhrenauswahl ist üblich.*
- *Ersatzröhren sind auch heute noch erhältlich.*
- *Service-Handbücher folgen der gleichen Logik.*
- *UKW/FM ist allgemein verfügbar.*

Aus der Sicht eines Restaurators gibt es noch viele weitere Gründe für diese Vorliebe. Ein Grund ist die Verfügbarkeit. Da es sich um international vertriebene Marken handelte, gibt es heute viele dieser Radios auf der ganzen Welt. Sie haben einen hohen Wiedererkennungswert, und ihre Bauqualität stellt sicher, dass der Erfolg eines Restaurierungsversuchs wahrscheinlich hoch ist.

Die Radios sind sich auch in der allgemeinen „Anatomie“ sehr ähnlich, sodass Sie, wenn Sie einmal an einem gearbeitet haben, wahrscheinlich Ähnlichkeiten im nächsten erkennen werden. Das Gleiche gilt für die verwendeten Röhren. Sie sind im Allgemeinen standardisiert, sodass es einfach ist, einen kleinen „Vorrat“ an Ersatzröhren für zukünftige Projekte anzulegen, und Ersatzröhren sind recht einfach zu finden, entweder aus alten Beständen oder neu produziert.

Die Bedienungsanleitungen vieler dieser Sets, unabhängig von der Marke, folgen der gleichen Logik. Das macht es einfacher, sich ein gutes Allgemeinwissen für die Arbeit an diesen Sets aufzubauen.

Ein weiteres Merkmal ist, dass die meisten dieser Radios mit einem Phono-Eingang und FM(UKW)-Bändern sowie den Standard AM-Bändern ausgestattet sind. Zwar reichte das UKW-Band der damaligen Zeit nicht bis 108 MHz, wie es heute üblich ist, aber dieses Feature macht es möglich, das Radio nach der Restaurierung wirklich täglich zu nutzen. Sie müssen es hören, um es zu glauben, aber ich behaupte, dass das Hören eines klaren UKW-Senders mit einem dieser Radios viel angenehmer ist als mit einem modernen Gerät. Der Klang ist warm, satt und beruhigend, daher stelle ich immer sicher, dass UKW bei den meisten Geräten, die ich restauriere, verfügbar ist.



Bild 1: SABA Freiburg 8 Automatic, 1957





## Die Eigenschaften eines Funksignals

Da unser Interesse der Restaurierung von Röhrenradios gilt, ist es hilfreich, sich die Eigenschaften der Funksignale, die wir empfangen wollen, ins Gedächtnis zu rufen. Es ist zwar nicht unbedingt notwendig, aber ein Verständnis der Grundprinzipien von Radiowellen kann sehr hilfreich sein.

### AM

Die Amplitudenmodulation (AM) ist das Rückgrat eines Radios aus der damaligen Zeit. Die meisten Radiosender waren AM-Sender und übertrugen ihre Informationen in diesem Format auf den verschiedenen Funkbändern, darunter:

- Langwelle: 145–420 kHz
- Mittelwelle: 510–1620 kHz
- Kurzwelle: 1,6–30 MHz

Diese Bänder variierten leicht, je nachdem, wo man sich auf der Welt befand, aber alle beinhalteten den Empfang eines Trägersignals, das durch das gesendete Audiosignal moduliert wurde. Dieses Audiosignal wurde dann von diesem Träger „extrahiert“, verstärkt und vom Radio wiedergegeben.

Die detaillierten Eigenschaften von AM-modulierten Radioübertragungen unterschieden sich je nach dem Band, das sie belegten. Was sie gemeinsam hatten, war die Anfälligkeit für übermäßiges Rauschen und eine relativ geringe Bandbreite. Diese Unzulänglichkeiten waren für die Sprachübertragung akzeptabel, aber für die Musikkwiedergabe hoffnungslos unpraktisch. Nichtsdestotrotz waren diese Radiobänder in den 1950er- und 1960er-Jahren voll mit Sendern, die die Öffentlichkeit mit der populärsten Unterhaltung versorgten, die zu dieser Zeit verfügbar war.

### FM

Das FM-Format kam später (in den 1950er-Jahren) und war ein echter Durchbruch für die Übertragung von qualitativ hochwertigem Audio über das Radiospektrum. Da die Information als Modulation der Frequenz des Trägersignals übermittelt wird, ist sie viel weniger anfällig für Amplitudenänderungen, die für die hohen Rauschpegel beim AM-Radioempfang verantwortlich sind.

Dass ein viel höheres Frequenzband verwendet wird, bedeutet, dass die Bandbreite, die jeder Sender belegen kann, auch viel höher ist (ca. 200 kHz) als bei AM-Sendern (ca. 10 kHz). So kann ein Signal mit höherer Wiedergabetreue übertragen werden.

In Deutschland wurde 1955 ein Netz von UKW-Sendern als Lösung für die Überfüllung der Mittel- und Kurzwellen-Rundfunkbänder initiiert. Dieses Band erstreckte sich zunächst von 87,5 MHz bis 100 MHz und wurde später schrittweise auf



Bild 2: Grundig 2147, 1961

102 MHz, 104 MHz und schließlich bis zu den heute verwendeten 108 MHz erweitert.

Mit UKW in einem Röhrenradio können Sie das Gerät wirklich täglich nutzen, denn der UKW-Empfang ist bei diesen Radios fantastisch gut. Meiner Meinung nach besser als der Klang, der bei modernen Geräten erreicht wird.

FM-Stereo wurde in den 1960er-Jahren eine Option. Damit begann auch das Ende der Röhrenradio-Ära, sodass die Mehrzahl der Röhrenradios, an denen ein Restaurator arbeiten wird, Monogeräte sind. Stereogeräte gibt es, aber normalerweise bezieht sich die Funktion auf die Stereowiedergabe einer externen Quelle, wie z. B. die eines Platten- oder Kassettenspielers, und sehr selten auf den tatsächlichen UKW-Stereoempfang. Geräte, die UKW-Stereo empfangen, sind erstaunlich, denn sie verwenden ausgeklügelte Multiplex-Decoder, die jedem Restaurierungsprojekt die nötige Würze verleihen.



Bild 3: Braun Atelier 3, 1962

## Die Anatomie eines typischen Röhrenradios

Wie ein Chirurg, der die verschiedenen Teile eines menschlichen Körpers verstehen muss, sollte ein Restaurator die verschiedenen Teile eines typischen Radios kennenlernen. Dies wird helfen, die verschiedenen Abschnitte leicht einzuordnen und somit eine schnelle Identifizierung und Prüfung jedes Teils während des Restaurierungsprozesses zu ermöglichen.

Glücklicherweise unterscheiden sich die Radios, auf die wir uns konzentrieren werden, nicht allzu sehr in Hinblick auf diese Teile. In Deutschland hergestellte Röhrenradioempfänger aus den 1950er- und 1960er-Jahren bestehen alle aus einem Standardsatz von „Baugruppen“ (wie in Bild 4 und 5 gezeigt). Einige fügen mehr Details hinzu, andere weniger, aber die Grundlagen sind im Wesentlichen die gleichen.

Lassen Sie uns einen kurzen Blick auf diese Abschnitte werfen und uns an ihren Zweck im Radio erinnern. Wir werden uns zuerst die AM-Bänder anschauen und später sehen, wie die FM-Bänder in das Bild passen.

### HF-Frontend (Tuner)

Die eingehenden Signale werden von der Antenne aufgenommen und gelangen als ein Cocktail von Frequenzen in den Radio-Tuner (heutzutage als Frontend bezeichnet). Während das Antennendesign selbst dazu dienen kann, einen allgemeinen breiten Filter für die empfangenen Bänder bereitzustellen, leistet es keine gute Arbeit bei der Fokussierung auf die gewünschte Frequenz, auf die wir vielleicht abstimmen möchten.

Der HF-Filter dient dazu, die gewünschte Frequenz abzustimmen und sie durchzulassen, während alle anderen Frequenzen gesperrt werden. Dies geschieht mithilfe eines abgestimmten Kreises (eines Schwingkreises), der im Wesentlichen aus einem Kondensator und einer Induktivität in Parallelschaltung besteht. Eine der Komponenten – normalerweise der Kondensator – ist in der Regel variabel, sodass eine Abstimmung über einen definierten Frequenzbereich – das Band – möglich ist.

Da der Abstimmkondensator normalerweise für alle AM-Bänder des Radios gleich ist, werden verschiedene Induktivitäten in den Schwingkreis geschaltet, um die verschiedenen Bänder zu berücksichtigen. Der Kondensator ist normalerweise vom Doppeldrehtyp (s. Bild 6), bestehend aus zwei separaten Kondensatoren in einem Gehäuse, die sich beim Abstimmen zusammen drehen. Der zweite Abschnitt wird in der

unten beschriebenen Lokal-Oszillatorschaltung verwendet.

Wenn Sie z. B. einen Radiosender hören wollen, der auf dem Mittelwellenband bei 1000 kHz (1 MHz) sendet, haben Sie folgende Möglichkeiten:

- Der Kanalwahlschalter schaltet die entsprechende Induktivität über einen Abschnitt des Abstimmkondensators, sodass der Schwingkreis über das Mittelwellenband abstimmen kann.
- Sie stimmen den Kondensator auf 1 MHz am Wahlschalter ab.

Dadurch ist der Schwingkreis so abgestimmt, dass das 1-MHz-Sendersignal (ein 1-MHz-Träger, der mit dem Audiosignal moduliert ist) durchgelassen wird, während alle anderen Frequenzen und damit Sender gedämpft werden. Diese ausgewählte Frequenz kann dann einem HF-Verstärker zugeführt werden.

Viele der gängigen Radios verwenden eigentlich keinen HF-Verstärker, sondern opfern etwas Empfindlichkeit, indem sie das „abgestimmte“ Frequenzsignal unverstärkt an die nächste Stufe weiterleiten.

### Lokaler Oszillator

Wie der Name schon sagt, handelt es sich bei diesem Teil der Schaltung um einen Oszillator im Radio, der eine Frequenz erzeugt, die der am Antennenkreis oder Tuner abgestimmten Frequenz folgt. Er verwendet im Allgemeinen den zweiten Abschnitt des oben erwähnten Abstimmkondensators.

Die Auswahl einer geeigneten Induktivität, die wiederum entsprechend dem gewählten Frequenzband zugeschaltet wird, ermöglicht es, dass die Frequenz des lokalen Oszillators der abgestimmten Eingangsfrequenz über den gesamten Frequenzbereich folgt, auf den der Empfänger abgestimmt werden soll. Die tatsächliche Frequenz dieses Oszillatorsignals ist so ausgelegt, dass sie genau einen festen Betrag höher ist als die abgestimmte Empfangsfrequenz.

Diese konstante Differenz wird als Zwischenfrequenz (ZF) bezeichnet und kann je nach Radiomarkte und Design variieren. Viele der infrage kommenden Radios verwenden 460 kHz, die Zwischenfrequenz kann aber auch etwas höher oder niedriger sein. Im Servicehandbuch des Radios wird dieser Wert immer angegeben, da er für die Ausrichtung der abgestimmten Schaltkreise im Radio wichtig ist.

In unserem Beispiel eines abgestimmten 1000-kHz-Senders würde der Lokal-Oszillator ein Signal von 1460 kHz erzeugen.

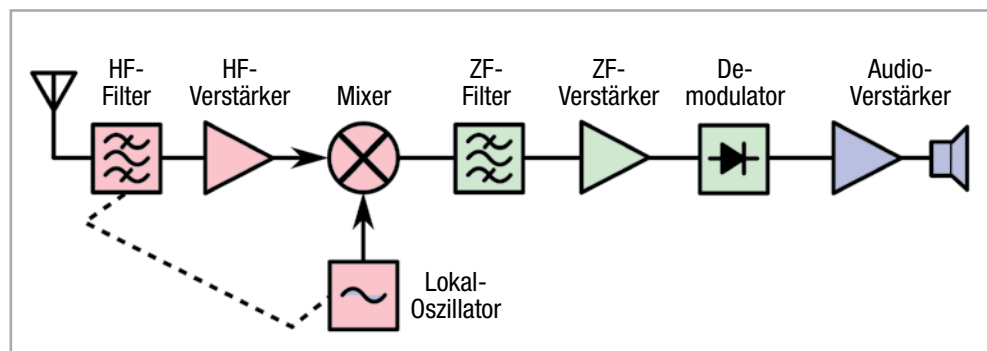


Bild 4: Blockschaltbild des Empfänger- und Verstärkerteils eines typischen Röhrenradios

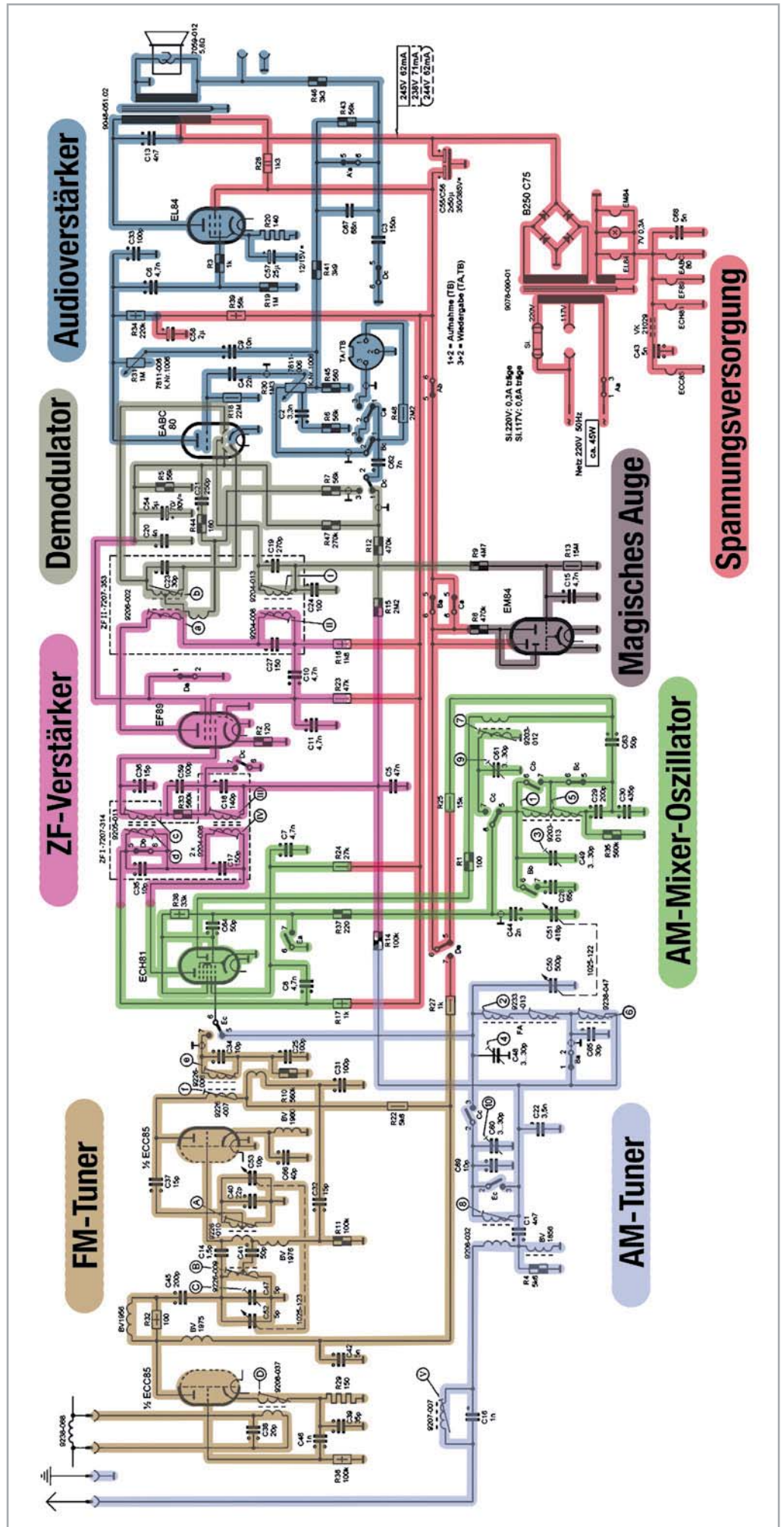


Bild 5: Die verschiedenen Baugruppen, wie sie am Beispiel des Grundig 2147 zu erkennen sind

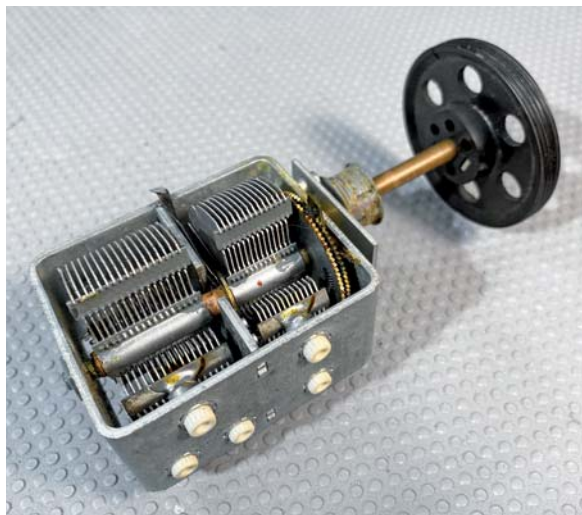


Bild 6: Doppeldreh-Kondensator

## Mixer

Dieser Teil der Schaltung mischt das Empfangssignal (einen amplitudenmodulierten Träger) und das Signal des Lokal-Oszillators (ein „reines“ Signal). Der Vorgang wird Überlagerungsempfänger oder Heterodyn-Empfänger genannt und beinhaltet das Mischen zweier Frequenzen,  $f_1$  und  $f_2$ , und das Erzeugen mehrerer neuer Frequenzen, wobei die wichtigsten die Summe ( $f_1 + f_2$ ) und die Differenz ( $f_1 - f_2$ ) sind.

In unserem Beispiel haben wir:

Eingangssignale:

1000 kHz (abgestimmt durch den Tuner)

1460 kHz (lokaler Oszillator)

Ausgangssignale:

1000 kHz (abgestimmt durch den Tuner)

1460 kHz (Lokal-Oszillator)

2460 kHz (Summe)

460 kHz (Differenz)

In **Tabelle 1** sind Beispiele für die Frequenzen der verschiedenen Signale aufgeführt.

Es ist die letzte Frequenz, die Differenz, an der wir interessiert sind. Wenn wir einige weitere Beispiele auf verschiedenen Bändern nehmen, erhalten wir die in **Tabelle 1** gezeigten Ergebnisse.

Unabhängig vom gewählten AM-Band und von der Frequenz, die wir abstimmen, enthalten die resultierenden Ausgangsfrequenzen immer eine Differenz der Frequenzen. Dies nennen wir die Zwischenfrequenz (ZF). Der wichtigste Aspekt ist, dass dieses Produkt immer noch die gleiche Audioinformation enthält, die ursprünglich von der abgestimmten HF-Frequenz, also

dem Radiosender, übertragen wurde.

Durch diese einfache Art der Abstimmung zweier Kondensatoren in Harmonie haben wir das gesamte AM-Radiospektrum auf eine einzige, relativ niedrige Frequenz reduziert, die die Audioinformationen enthält, auf die wir ursprünglich abgestimmt haben. Es wird dann viel einfacher, dieses Signal zu verarbeiten und die Audioinformationen daraus zu extrahieren (zu demodulieren), was der Zweck des Radios ist.

## ZF-Filter und -Verstärker

Wie oben gesehen, erzeugt der Mixer eine Reihe von Signalen, darunter auch eines mit der gewünschten ZF-Frequenz. Daher müssen wir die anderen unerwünschten Signale loswerden, und dies wird mit mehreren Filterstufen im Signalweg erreicht.

Dazu werden spezielle Übertrager, sogenannte ZF-Übertrager, verwendet. Sie bestehen aus einem Transformator, der aus zwei eng beieinanderliegenden Schwingkreisen besteht, die so abgestimmt werden können, dass nur das gewünschte Frequenzsignal – die ZF-Frequenz – durchgelassen wird, während alle anderen Frequenzen gesperrt (oder stark gedämpft) werden. Dadurch werden die anderen Signale, die der Mixer erzeugt hat, effektiv unterdrückt.

Nach dem ersten ZF-Transformator wird eine Verstärkerstufe verwendet, um das Signal zu verstärken, und dieses wird dann einem zweiten ZF-Transformator zugeführt, um die Frequenzen weiter zu filtern, sodass nur das ZF-Frequenzsignal durchkommt.

Das Ergebnis ist ein Trägersignal auf der ZF-Frequenz (in unserem Beispiel 460 kHz), das mit der Audioinformation amplitudenmoduliert ist, die zuvor von dem 1000-kHz-Signal „getragen“ wurde, auf das wir ursprünglich abgestimmt waren.

## Demodulation

Die Demodulation geschieht mittels einer Diode, wie wir es von einer „normalen“ Gleichrichtung kennen. Die Demodulationsstufe eines AM-Radios macht dies mit einer Besonderheit: Die Diode arbeitet in diesem Fall in Verbindung mit einer Filterschaltung, die eine Zeitkonstante hat. Die Filterschaltung dient dazu, die höhere und gleichgerichtete ZF-Frequenz zu glätten. Das Audiosignal der ZF-Frequenz kommt hingegen im Wesentlichen unverändert durch.

Wir haben nun endlich die Audioinformation, die der Radiosender gesendet hat. Dies nennen wir das NF-Signal (Niederfrequenz-Signal/Audiofrequenz).

Durch die Demodulation wird auch eine Gleichspannung erzeugt – das Ergebnis der Gleichrichtung durch die Diode –, die proportional zur Stärke des Trägersignals ist. Diese negative Gleichspannung ist ein nützliches Nebenprodukt, mit dem die Verstärkung der Röhren geregelt wird. Sie wird als AGC-Spannung (Automatic Gain Control) oder AVC-Spannung (Automatic Volume Control) bezeichnet.

Die AGC-Spannung wird zurückgeführt, um sich mit den Gittervorspannungen der vorangehenden Röhren zu vermischen und deren Verstärkung einzustellen. Dadurch entsteht eine Rückkopplungsschleife, die die Verstärkung bei starkem Senderempfang absenkt und bei schwachem Empfang anhebt. Dies ist eine wirklich intelligente Methode, um sicherzustellen, dass schwache und starke Sender mit ungefähr dem gleichen Pegel empfangen werden. Das Audiosignal wird über einen Koppelkondensator von der AGC-Spannung getrennt, und von diesem Punkt an haben wir einen reinen Ton, wenn auch mit einem sehr niedrigen Pegel.

## Audio-Verstärker

Der typische Audioteil (NF) eines Röhrenradios erfüllt einige Funktionen:

- Eine Vorverstärkerstufe hebt den Pegel des von der Demodulatorstufe kommenden Audiosignals an.
- Ein Wahlschalter wählt zwischen diesem Audiosignal und einer externen Audioquelle, wie z. B. einem Platten- oder Kassettenspieler, der an das Gerät angeschlossen ist.

### Ausgangssignale des Mixers bei verschiedenen Abstimmungen

<b>HF-Tuner</b>	850 kHz	300 kHz	7500 kHz	15.100 kHz
<b>Lokaler Oszillator</b>	1310 kHz	760 kHz	7960 kHz	15.560 kHz
<b>Summe</b>	2160 kHz	1060 kHz	15.460 kHz	30.660 kHz
<b>Differenz</b>	460 kHz	460 kHz	460 kHz	460 kHz

Tabelle 1



Bild 7: Auswählbare Klangeinstellungen an einem Grundig 4060

- Er ist Lautstärke- und Tonregler. Eine Besonderheit der deutschen Röhrenradios ist, dass die meisten von ihnen eine wirklich komplexe Klangformungsschaltung enthalten, die dem Gerät eine Funktionalität verleiht, die den Klang sehr anpassungsfähig an die Art des dargebotenen Tons und den Geschmack des Hörers macht.
- Seine Leistungsröhre(n), die einen Ausgangstransformator ansteuern/ansteuert, dienen der Impedanzanpassung zwischen den hochohmigen Ausgangsröhren und dem niederohmigen Lautsprecher oder Lautsprechersatz. In einigen Fällen werden mehrere Lautsprecher verwendet, um den Klang besser zu verteilen und/oder sowohl die Bass- als auch die Höhenfrequenzen genauer zu reproduzieren.

Es ist erstaunlich zu sehen, mit welchem technischen Genie eine wirklich innovative Audiowiedergabe geschaffen wurde. Die Ingenieure der alten Röhrenradios entwickelten und implementierten viele Effekte, wie z. B. 3D-Klang – einen Vorläufer von Stereo – und zahlreiche Tonformungsfunktionen. Neben den „normalen“ Bass- und Höhenpotentiometern implementierten sie auch Registertasten, mit denen sich feste Klangkurven einstellen ließen, die sich am besten für „Jazz“, „Solo“, „Orchester“, „Sprache“ oder „Musik“ usw. eigneten, sodass man das Radio perfekt an seine Hörvorlieben anpassen konnte (Bild 7).

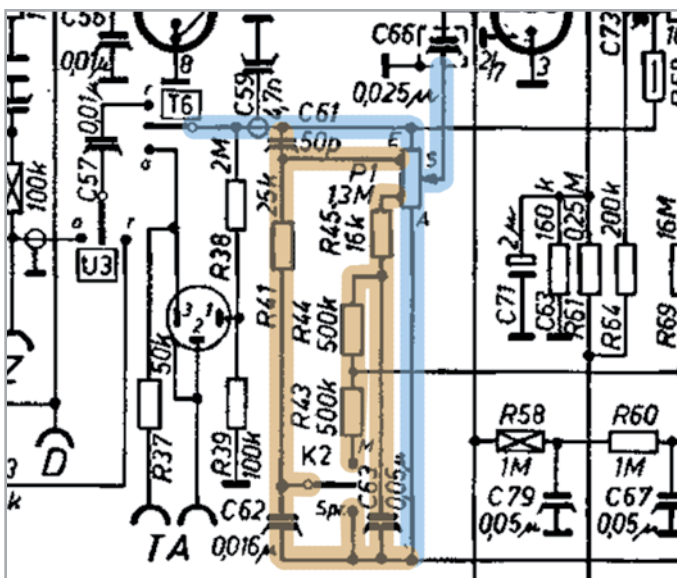


Bild 8: Abgriff am Lautstärkepoti für den „physiologischen Lautstärkereger“

Eine weniger offensichtliche Funktion bestand darin, dass an bestimmten Punkten des Lautstärkereglers Abgriffe vorhanden waren, die den Ton in Abhängigkeit von der Lautstärke formten. Dies war effektiv eine frühe Form der „Loudness“-Regelung, auch „physiologische Lautstärkeregelung“ genannt (Bild 8).

Die Stereotasten-Funktion wurde zunächst hinzugefügt, um die Stereowiedergabe von externen Quellen wie einem Platten- oder Kassettenspieler zu ermöglichen. Später, als diese Funktion zum Standard wurde, wurde auch der vollständige UKW-Stereoempfang untergebracht.

### Was ist mit FM?

Die meisten der Radios dieser Zeit waren mit UKW- und AM-Empfängern ausgestattet. Dies zeigt sich darin, dass das gesamte Empfangsteil üblicherweise in ein Metallgehäuse eingebaut ist, das den HF-Teil, den lokalen Oszillator und die Mixerschaltungen für beide Empfangsarten (FM und AM) enthält.

Das Signal kommt aus dem abgeschirmten Tuner in Form eines frequenzmodulierten ZF-Trägers, normalerweise bei 10,7 MHz, der in den bestehenden AM-Zwischenfrequenz-Signalweg eingespeist wird. Aufgrund des großen Frequenzabstands der beiden ZF-Frequenzen können sie gemeinsam durch die ZF-Filter und ZF-Verstärker laufen. Die ZF-Transformatoren sind normalerweise für zwei Zwecke ausgelegt – AM und FM. Die AM-Frequenz durchläuft ungehindert die FM-Schwingkreise, und das Gleiche gilt für die FM-Frequenz durch die AM-Filter (Bild 9).

Nach der ZF-Filterung und der Verstärkungsstufe trennen sich die beiden Signale (AM und FM) wieder, da die Umwandlung dieser beiden Signale in Audio nicht auf die gleiche Weise erfolgt. Die AM-Demodulation wurde oben einfach beschrieben, aber die FM-Detektorstufe, in vielen Fällen ein Ratio-Detektor (siehe Bild 10), ist etwas komplexer zu erklären, und das würde den Rahmen dieses eher kurzen Überblicks sprengen.

Bei der FM-Modulation ist die Audioinformation nicht wie beim AM in der Amplitude des Signals, son-

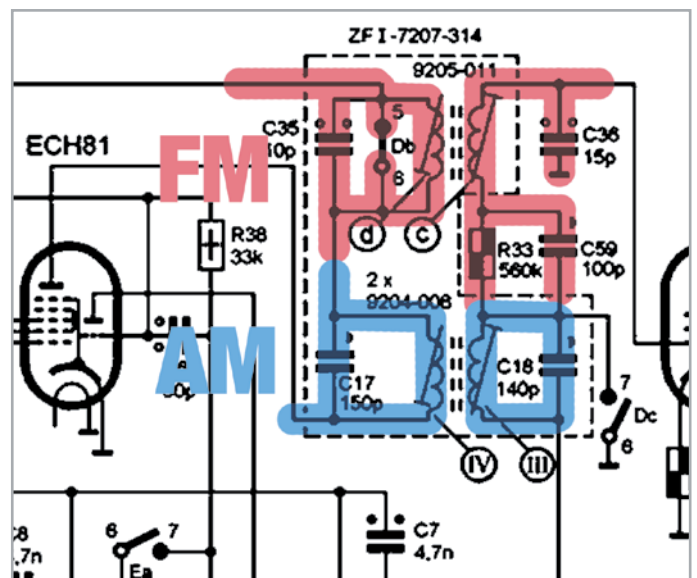


Bild 9: ZF-Übertrager für FM und AM

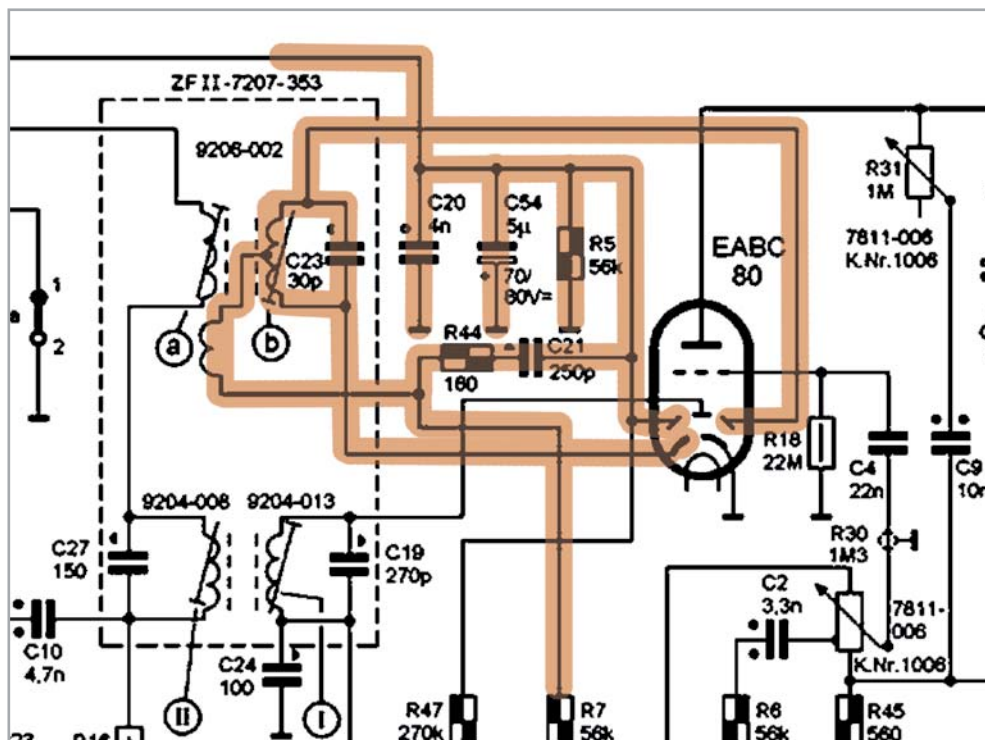


Bild 10:  
Der FM-Detektor im  
Grundig 2147

den in der Frequenzänderung enthalten. Diese Information zu demodulieren erfordert mehr technischen Aufwand. Es genügt zu sagen, dass, wie bei der AM-Demodulation, das Signal aus der FM-Detektorstufe in Form eines Audiosignals kommt, das in den zuvor beschriebenen Audio-Wahlschalter eingespeist wird. Das Audiosignal wird dann genau so behandelt wie das von den AM-Bändern, und wird verstärkt, um einen erstaunlich satten Klang aus den Lautsprechern zu erzeugen.

### Jetzt wissen wir alles, richtig?

Nicht ganz. Dieser Überblick über die verschiedenen Teile eines typischen Röhrenradios ist wichtig, da er allgemein beschreibt, wie diese Radios als Einheit zu-

sammenkommen. Jedes Radio, das Sie restaurieren, wird anders sein, was die Arbeit zwar anspruchsvoller, aber auch unendlich interessanter macht. Die Teile, auf die Sie stoßen, mögen der allgemeinen Beschreibung entsprechen, aber die Details sind es, die ein Gerät von einem anderen unterscheidet, und nur die Erfahrung kann diese Lücken in der Dokumentation füllen.

### Ausblick

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 am Beispiel des Grundig 2147 in die ersten praktischen Schritte einer Restaurierung ein. **ELV**

## ELV® Unsere Social-Media-Kanäle

Den Kontakt zum ELVjournal finden Sie nicht nur über unsere E-Mail-Adresse [redaktion@elvjournal.com](mailto: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.

 Youtube



[www.youtube.com/user/elvelektronikde/](http://www.youtube.com/user/elvelektronikde/)

 Facebook



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

 Twitter



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

# Das Multimeter für Profis



Abm. (B x H x T): 95 x 195 x 58 mm,  
Gewicht: 437 g

149,95 €

Artikel-Nr. 250715

## Professionelles Equipment für Ihre Projekte TrueRMS-Digitalmultimeter DM500

ELV®

- AC/DC-Strommessung bis 20 A
- Spannungsmessung bis 1000 Vdc, 750 VAC (45 Hz bis 5 kHz)
- Widerstands-, Kapazitäts- und Frequenzmessung, sowie Durchgangs- und Diodentest
- 3-Phasen-Motortest, negativ/positiv
- TrueRMS-Messung für AC-Spannung/Strom
- Erfüllt die Anforderungen nach CAT III (1000 V) und CAT IV (600 V)

Alle Infos  
zum Produkt  
unter  
QR-Code:



# Modernes Outfit

## Projekt Betonklotz-Style für Homematic IP Unterputzgeräte

In unserem Projekt „Betonklotz-Style für Homematic IP Unterputzgeräte“ zeigen wir, wie man Unterputzgeräte in einen kleinen Betonkubus einbauen und so auch außerhalb der normalen Installation in Schalterdosen verwenden kann. Damit lässt sich der Einsatzbereich und Standort vieler Geräte wie beispielsweise des Homematic IP CO<sub>2</sub>-Sensors HmIP-SCTH230 oder des Schaltaktors für Markenschalter mit Signalleuchte HmIP-BSL verändern, die normalerweise nur in einer Unterputzdose in der Wand genutzt werden. In unserem Beitrag zeigen wir, welches Material zum Bau dieser besonderen Gerätegehäuse notwendig ist, worauf man dabei achten muss, und beschreiben Schritt für Schritt den Nachbau.



### Schritt 1: Material








Werfen wir zunächst einen Blick auf das benötigte Material, das wir in der Materialliste aufgeführt finden.

Bis auf die für die Schalung benötigte Siebdruckplatte und den Beton finden Sie alle Einzelteile im ELVshop.

Für das Netzkabel kann alternativ auch ein (farbiges) Textilkabel mit Schutzkontaktstecker genutzt werden, um dem Projekt eine besondere Note zu geben.

Für die mit einem 3D-Drucker erstellte Kabelführung stellen wir eine Druckvorlage zum Download bereit.

Zum Anmischen des Betons wird ein kleiner Eimer und etwas zum Umrühren der Masse benötigt. Hier eignet sich beispielsweise eine Maurerkelle oder ein Spachtel.

Materialliste	Artikel-Nr.
	Winddichte Hohlwanddose 251892
	Netzkabel (oder Textilkabel und Schutzkontaktstecker) 004497
	Verschraubung M16 127568
	Wago-Klemme mit Federkontakt 250230
	3M selbstklebende Elastikpuffer oder Gummifüße 058328 oder 037859
	Kabelführung 3D-Druck Druckvorlage als Download unter 252099
	Holz für die Schalung (Siebdruckplatte): 1x Bodenplatte 100 x 100 x 18 mm 4x Seitenteile 118 x 100 x 18 mm Schrauben zum Zusammenschrauben der Platten Vorlage zu den exakten Maßangaben als Download unter 252099
	Bastel- oder Fertigbeton, z. B. Estrichbeton (Baumarkt); kleiner Eimer und Maurerkelle oder Spachtel zum Durchrühren; Staubschutzmaske, Handschuhe



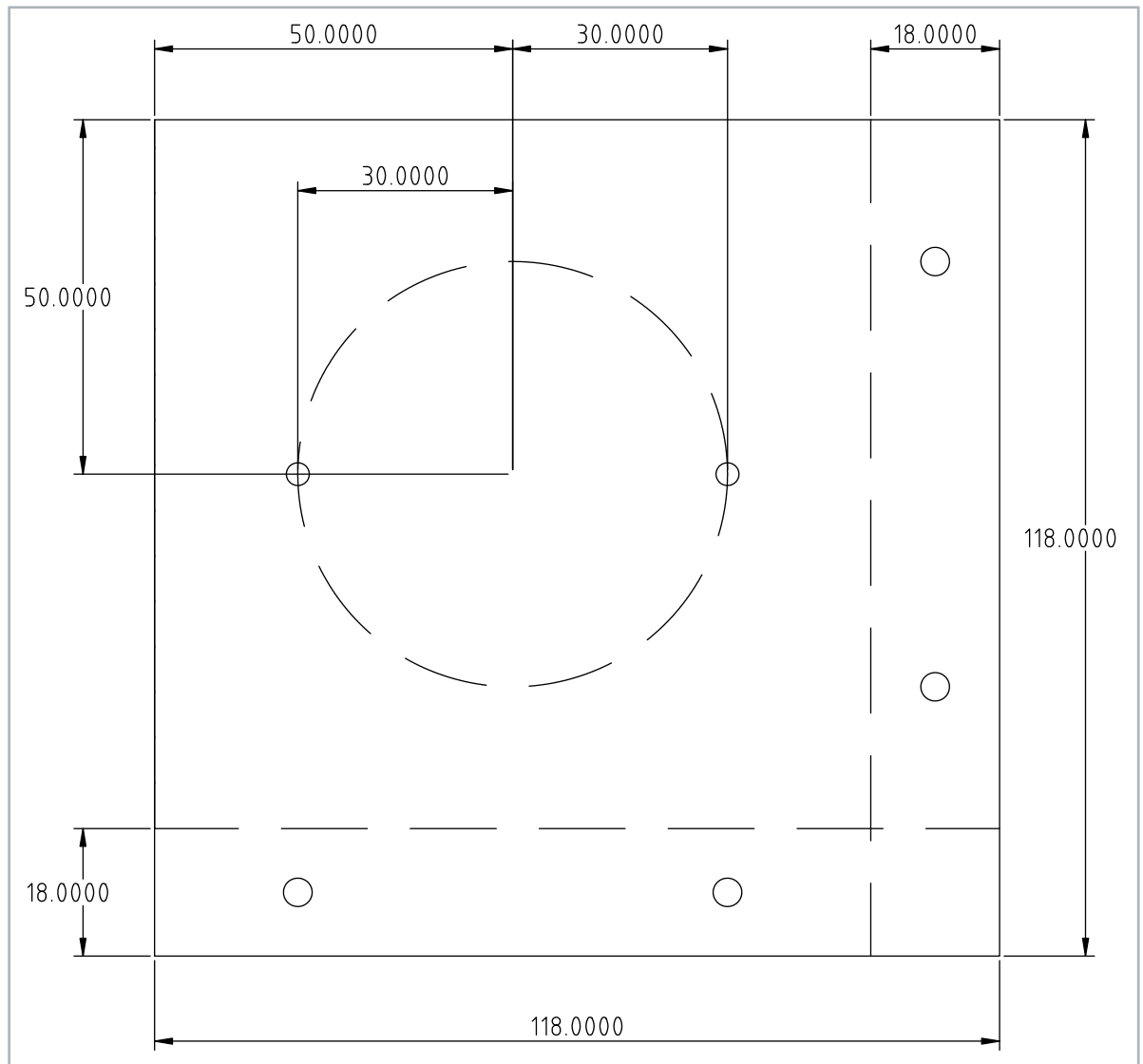


Bild 1: Abmessungen und Bohrlöcher der zu erstellenden Seitenwände für die Gießform (Darstellung 1:1);  
Download der PDF-Vorlage unter Artikel-Nr. 252099

## Schritt 2: Maße und Vorbereitung

Als Nächstes schauen wir uns die Abmaße (Bild 1) zur Erstellung der Gießform aus den Siebdruckplatten an. Wir haben in unserem Beispiel einen Betonwürfel mit einer Kantenlänge von 10 x 10 x 10 cm gewählt.

Alternativ zur Siebdruckplatte kann man auch eine beschichtete oder lackierte Spanplatte nutzen. Allerdings muss man hier das Quellen des Holzes unbedingt vermeiden, deswegen sollten die Kanten mit Silikon abgedichtet werden. Denkbar sind aber auch Formen aus Silikon oder Kunststoff.

Die Oberfläche der Verschalung ist für das spätere Aussehen der Oberfläche verantwortlich. Für unsere Form haben wir Siebdruckplatten mit einer Stärke von 18 mm verwendet.

Für einen Würfel mit einer Kantenlänge von 10 x 10 x 10 cm ergeben sich folgende Maße:

- 4x Seitenteile je 118 x 118 mm,
- 1x Bodenteil 100 x 100 mm.

In ein Seitenteil müssen zwei Löcher für 3-mm-Schrauben für die Befestigung der Hohlwanddose und in das gegenüberliegende Seitenteil ein 16-mm-Loch (Bild 2) für die Fixierung der Kabelführung gebohrt werden.

Die Löcher müssen einen Abstand von 6 cm haben und sollten so platziert sein, dass die Dose später mittig in dem Würfel sitzt. Die Löcher müssen waagrecht oder senkrecht zum Betonklotz sein.

Die Bohrungen für die Kabelführung und die Schrauben können auch normal ausgeführt werden und müssen nicht wie in den nachfolgenden Bildern zu sehen angesenkt werden.

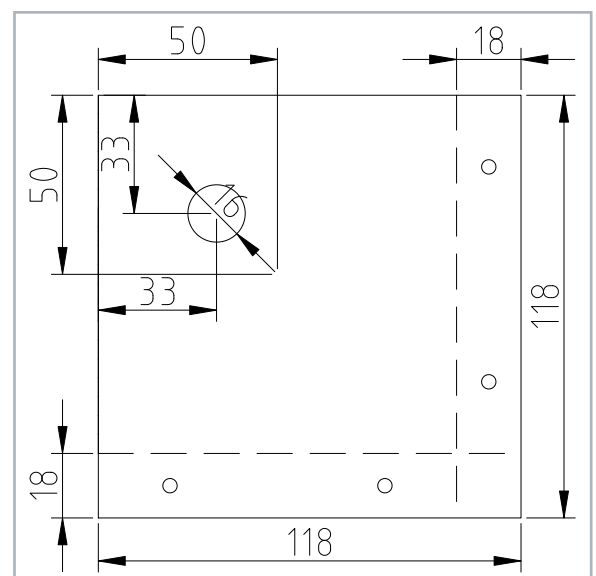
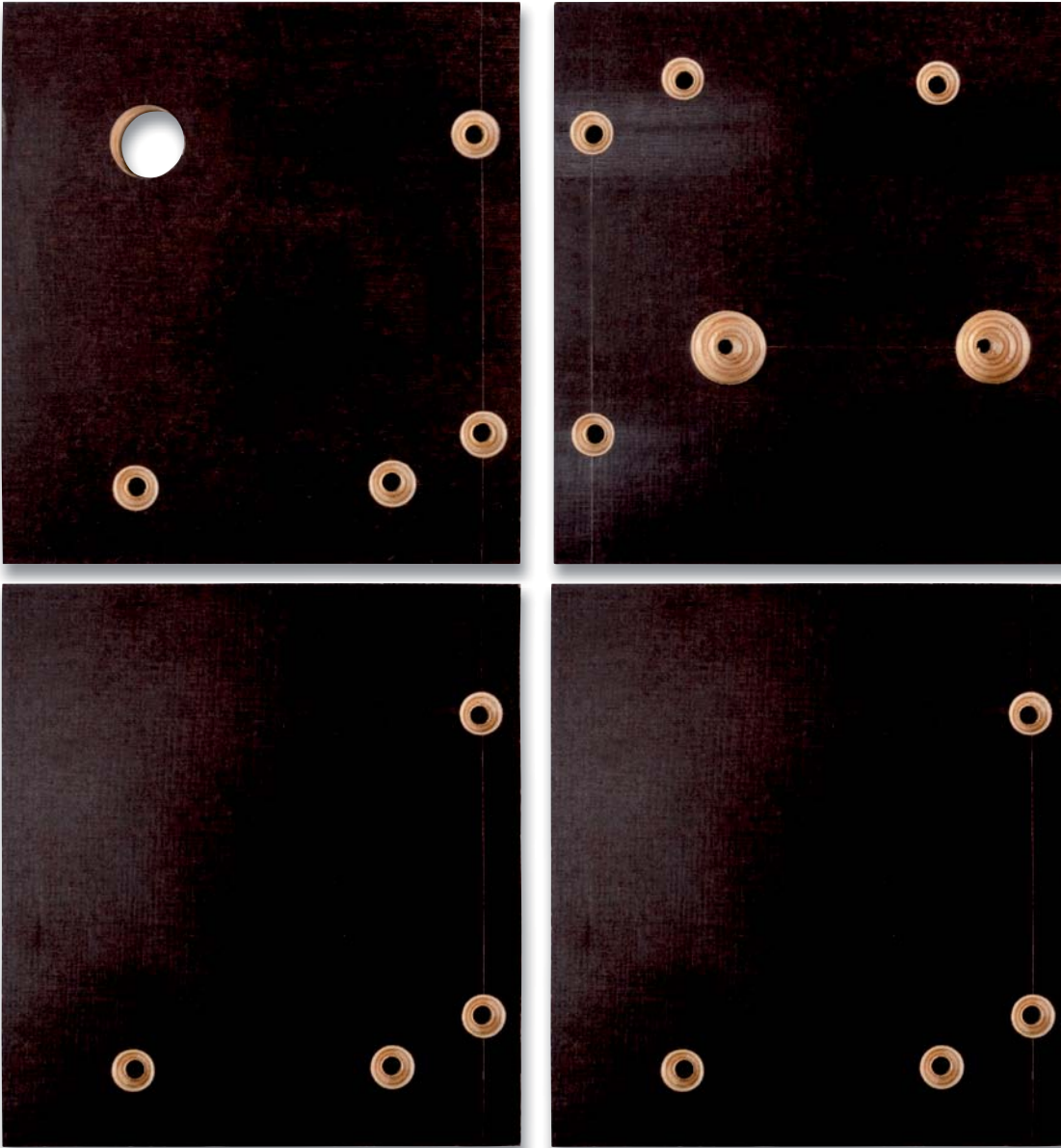


Bild 2: Angaben für die Bohrlöcher in den Seitenwänden für die Gießform (Abbildung nicht maßstabsgerecht)



Hier sind die entsprechend vorbereiteten Platten zur Erstellung der Gießform zu sehen (verkleinerte Darstellung): Oben links die Rückseite, oben rechts die Vorderseite und unten die beiden Seitenteile.

### Schritt 3: Zusammenbau der Gießform



Die Seitenteile und der Boden werden nun zusammengeschraubt, so dass wir unsere Gießform erhalten. Die Seitenteile mit den Löchern für die Kabelführung und die Hohlwanddose müssen sich gegenüberliegen.

Die Oberfläche der Schalung kann zusätzlich mit einer dünnen Schicht eines Trennmittels bestrichen werden, damit sich der Beton später leichter aus der Form lösen lässt.

Es gibt spezielle Betontrennmittel, aber theoretisch reichen auch andere filmbildende, wasserabweisende Substanzen wie Silikon spray, Fett, Wachs oder Salatöl.

Das Trennmittel wird mit einem Tuch gleichmäßig und dünn auf die Schalung aufgetragen.



### Vorsicht!

#### Selbstentzündungsgefahr:

Ölgetränkte Tücher können sich selbst entzünden!  
Ölgetränkte Tücher oder Lappen vollständig mit Wasser tränken und ausgebreitet im Freien trocknen.



#### Schritt 4: Hohlwanddose – Vorbereitung und Einbau

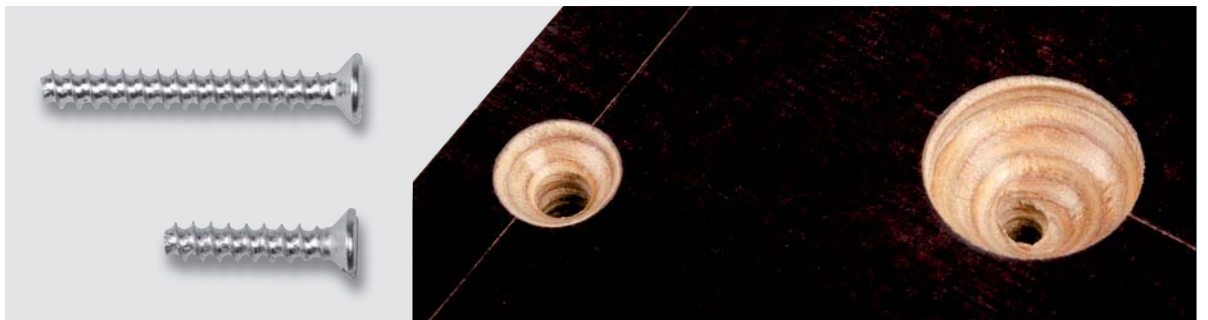
Wir haben eine winddichte Hohlwanddose gewählt, damit nicht unnötig Beton in die Dose fließt.



Zunächst wird die Gummimembran der Hohlwanddose in der Mitte mit einem Messer eingeschnitten. Danach wird die Kabelführung durch die Membran der Hohlwanddose gestochen.



Anschließend wird sie in die Form eingebaut (links) und entsprechend dem rechten Bild ausgerichtet.



Zur Befestigung der Dose können entweder die langen Schrauben, die z. B. bei dem HmIP-SCTH230 beiliegen, oder die kurzen Schrauben der Hohlwanddose verwendet werden. Bei Verwendung der kurzen Schrauben müssen die Löcher vorher tief angesenkt werden.

Danach wird die Kabelführung mit den Schrauben fixiert. Dabei ist darauf zu achten, dass die Kabelführung nicht verdreht wird und die Ausrichtung in der Form nachher korrekt ist.



### Schritt 5: Gießen des Betons

Der Beton wird in einem kleinen Eimer angerührt. Bitte beachten Sie die Angaben des Betonherstellers zur Wassermenge. Der Beton sollte gut fließen können, aber nicht zu wässrig sein. Ca. 1,5 kg des Bastelbetons reichten bei uns für eine komplett gefüllte Form.

Nach dem Anmischen wird der Beton nun in die Form gegossen. Dabei ist darauf zu achten, dass keine Hohlräume entstehen. Um Luftblasen aus dem Beton zu bekommen, klopft man ein paar Mal mit einem Gummihammer oder einem ähnlichen Gegenstand von außen gegen die Form. Die Form kann auch überfüllt werden, dann kann man den überschüssigen Beton abstreifen.

Hilfreiche Hinweise zum Umgang mit Beton und weitere Bastelideen aus Beton findet man unter [\[1\]](#).



### Wichtiger Hinweis:

#### Beim Umgang mit Beton

- Schutzmaske zum Schutz vor Staub tragen
- Hautkontakt vermeiden
- Schutzhandschuhe tragen

### Schritt 6: Lösen der Gießform



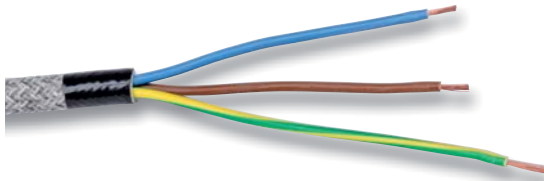
Und nun heißt es warten: Der Beton muss einige Tage trocknen, bevor er aus der Form genommen werden darf. Wenn der Beton zu früh aus der Form genommen wird, ist er noch nicht genügend ausgehärtet und die Kanten brechen leicht ab.



Nachdem der Beton ausgehärtet ist, werden die Schrauben der Gießform gelöst und die Wandteile entfernt.



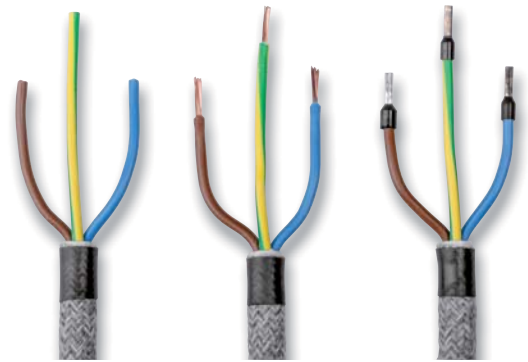
### Schritt 7: Konfektionierung des Kabels



Zunächst wird der Mantel an den Kabeln entfernt. Der grün-gelbe Anschluss (Schutzleiter – PE) wird ein Drittel länger gelassen als der braune und der blaue, sodass im Fehlerfall zuerst L und N abgetrennt werden und erst danach der Schutzleiter.

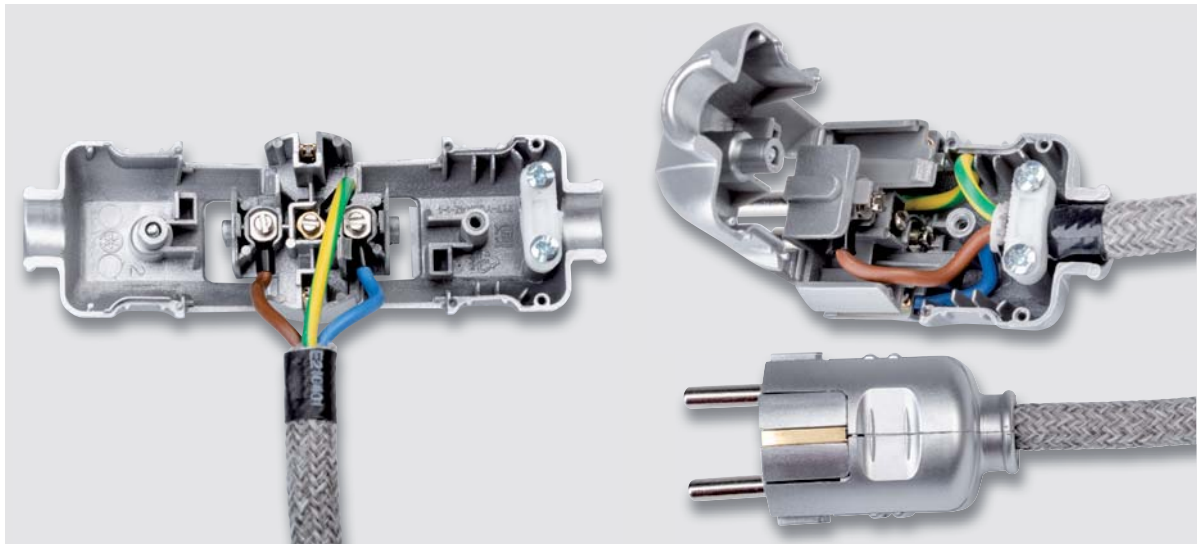
Danach werden die Kabelenden abisoliert. Da die Wago-Klemme und die Klemmen im Gerät Federkraftklemmen sind, werden keine Aderendhülsen verwendet.

Bei Verwendung von Textilkabel sollte man die Enden des Textilmantels mit Klebeband oder Schrumpfschlauch fixieren, damit sich der Textilmantel nicht aufrisst.



Wer die Variante mit Textilkabel und Schutzkontaktstecker verwendet, muss auch den Stecker anschließen.

Wie oben bereits beschrieben wird zunächst der Mantel entfernt, die Adern gekürzt und abisoliert. Da der von uns eingesetzte Schutzkontaktstecker Schraubklemmen hat, müssen Aderendhülsen verwendet werden.



Das Kabel wird nun im Stecker angeschlossen und mit der Zugentlastung gesichert. Danach kann das Steckergehäuse zusammengeschraubt werden.

### Schritt 8: Kabelverschraubung



Auf der Rückseite des Betonklotzes wird die Verschraubung montiert und das Kabel hindurchgeschoben.

**Schritt 9: Anschluss des Geräts**

Dann wird das Gerät auf der Vorderseite angeklemt, dabei wird der vom Gerät nicht benötigte PE-Anschluss (grün-gelbe Leitung) mit einer Wago-Klemme versehen.

**Schritt 10: Montage der FüÙe**

Damit beim Einsatz des Gerätes empfindliche Oberflächen durch den Beton nicht zerkratzt werden, klebt man zum Schluss auf die Unterseite des Betonklotzes Filzgleiter oder GummifüÙe (s. Materialliste).

Damit ist das Projekt „Betonklotz-Style für Homematic IP UnterputzgeräÙe“ abgeschlossen und das Gerät kann in Betrieb gehen. **ELV**

**Weitere Infos:**

- [1] Hilfreiche Hinweise zum Umgang mit Beton und weitere Bastelideen aus Beton:  
<https://www.grey-element.de/beton-basics/beton-mischen/>

**Tipp:** Bastelbeton gibt es auch in Weiß und passend dazu Farbpigmente, sodass sich auch Betonwürfel in anderen Farben herstellen lassen.





# Vielseitig einsetzbar Homematic IP Wired Wandtaster – 6-fach HmIPW-WRC6



**Einen 6-fach-Taster kann man im Smart Home System immer wieder gebrauchen, denn er kann quasi alle wichtigen Bedienfunktionen in einem Raum in einem sehr kompakten Gerät zusammenfassen, etwa für Licht, Rollläden und Heizung.**

Der Wandtaster HmIPW-WRC6 verfügt über sechs Taster, die das Aussenden von Bedienbefehlen (Schalten/Dimmen) in sechs getrennt auswertbaren Kanälen ermöglichen. Dieses Gerät ordnet sich in das busbasierte Homematic IP Wired System ein. Es wird also über den Systembus mit Spannung versorgt und gibt Daten über ebendiesen in Richtung der Systemzentrale bzw. an zugeordnete Aktoren aus. Das flache Gerät wird als Unterputzgerät installiert und kann sowohl mit dem mitgelieferten Rahmen vervollständigt als auch in bestehende Installationsrahmen mit 55-mm-Einbaumaß (siehe Tabelle 1) eingebaut werden.

Der HmIPW-WRC6 ist von der Funktionsweise und Ausstattung her vergleichbar mit dem 6-fach-Funk-Wandtaster HmIP-WRC6, nur dass neben den Tasten zusätzlich RGB-LEDs angebracht sind. Man hat somit sechs Statuskanäle. Es stehen die Farben Weiß, Rot, Grün, Blau, Gelb, Violett und Türkis zur Verfügung.

**kompatible Schalterprogramme zum HmIPW-WRC6**

Hersteller	Rahmenprogramme
Berker	S.1, B.1, B.3, B.7 Glas
Elso	Joy
Gira	System 55, Standard 55, E2, E22, Event, Esprit
Merten	1-M, Atelier-M, M-Smart, M-Arc, M-Star, M-Plan
Jung	A 500, AS 500, A plus, A creation

Tabella 1

Außerdem kann man die LEDs in zehn verschiedenen Mustern ansteuern: Ein; langsames, mittleres und schnelles Blinken; langsames, mittleres und schnelles Blitzen; langsames, mittleres und schnelles Wabern. Die Helligkeit kann wie bei einem gewöhnlichen Dimmer variiert werden.

Neben der Einzelansteuerung der sechs Status-LEDs gibt es einen Kanal, bei dem alle sechs LEDs gleichzeitig angesteuert werden können. Damit können optisch auffälligere Meldungen (z. B. Alarmanlage) oder aber auch ein Nacht-/Orientierungslicht umgesetzt werden. Zusätzlich kann dieser Kanal mittels eines Wochenprogramms angesteuert werden (z. B. Nachtlicht nur nach Sonnenuntergang).

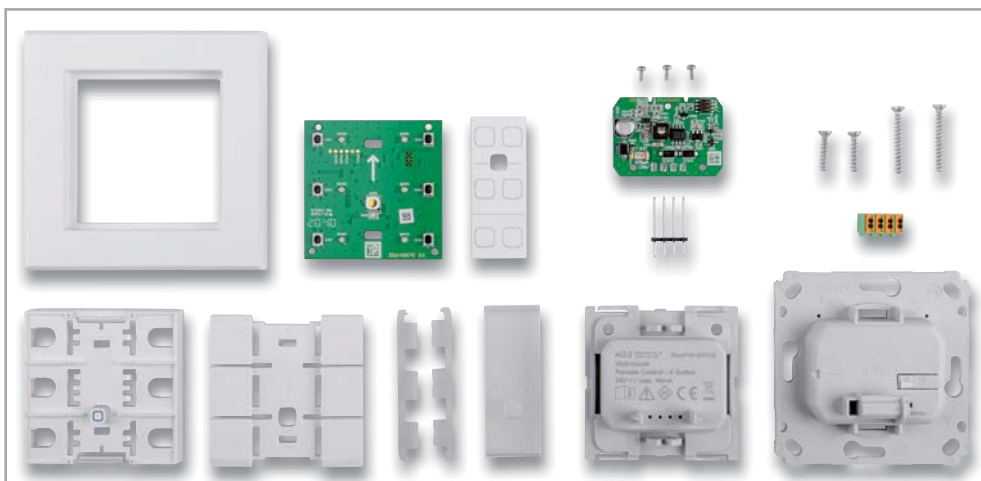
Mögliche Signalisierungsideen:

- Zustand der Alarmanlage (rot = scharf, grün = unscharf)
- Anwesenheit (grün = anwesend, rot = abwesend)
- Status eines Gerätes (an/aus)
- Temperatur (blau = kalt, gelb = angenehm, rot = heiß)
- CO<sub>2</sub>-Status (grün = ok, rot blinken = es ist Zeit zu lüften)



**Technische 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 <sup>2</sup>
Installation:	Nur in Schalterdosen (Gerätedosen) gemäß DIN 49073-1
Schutzart:	IP20
Schutzklasse:	III
Umgebungstemperatur:	-5 bis +40 °C
Abmessungen (B x H x T):	
ohne Rahmen:	71 x 71 x 40 mm
mit Rahmen:	85 x 85 x 40 mm
Gewicht:	68 g



Lieferumfang Bausatz HmIPW-WRC6

Bausatz HmIPW-WRC6

Artikel-Nr. 154289 € 79,<sup>95</sup>

# Smarte Helfer



WL1030

**TESTSIEGER**

Stiftung  
Warentest

test.de

**GUT (1,9)**

Technoline  
WL 1030

Im Produktfinder  
11 CO<sub>2</sub>-Messgeräte  
und -Ampeln 2021

Veröffentlicht  
am 04.02.2021  
www.test.de

21XV60

**89,99 €\***

Artikel-Nr. 251660



Abm. (B x H x T): 94 x 145 x 50 mm

**139,99 €\***

Artikel-Nr. 251955



## CO<sub>2</sub>-Ampeln WL1030 und WL1040

### CO<sub>2</sub>-Ampel für Schule und Büro

- Geeignet für Haus/Wohnung, Schulen/Hörsäle, Büros, Altenheime, Kindergärten u. v. m.
- Messmethode: Single-Beam-NDIR (nicht dispersive Infrarottechnologie) mit einer Messgenauigkeit von  $\pm(5\% + 50 \text{ ppm})$
- Einstellbarer Obergrenzenalarm (visuell und akustisch) für CO<sub>2</sub>-Konzentration
- Min./Max.-Anzeigen für CO<sub>2</sub>, Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit
- Betrieb via Netzteil (inkl.) – mit langen Kabelzuleitungen

Anzeige der CO<sub>2</sub>-Konzentration durch Farbampel:

<b>HERVORRAGEND</b> Bis 600 ppm	<b>GUT BEFRIEDIGEND</b> 601–1000 ppm	<b>MITTEL</b> mäßig verschmutzte Raumluft Lüftung empfohlen 1001–1500 ppm	<b>SCHLECHT</b> stark verschmutzte Raumluft Lüftung erforderlich 1501–5000 ppm
------------------------------------	---	--	---

**techno**  
LINE

Alle Infos  
zum WL1030  
unter  
QR-Code:

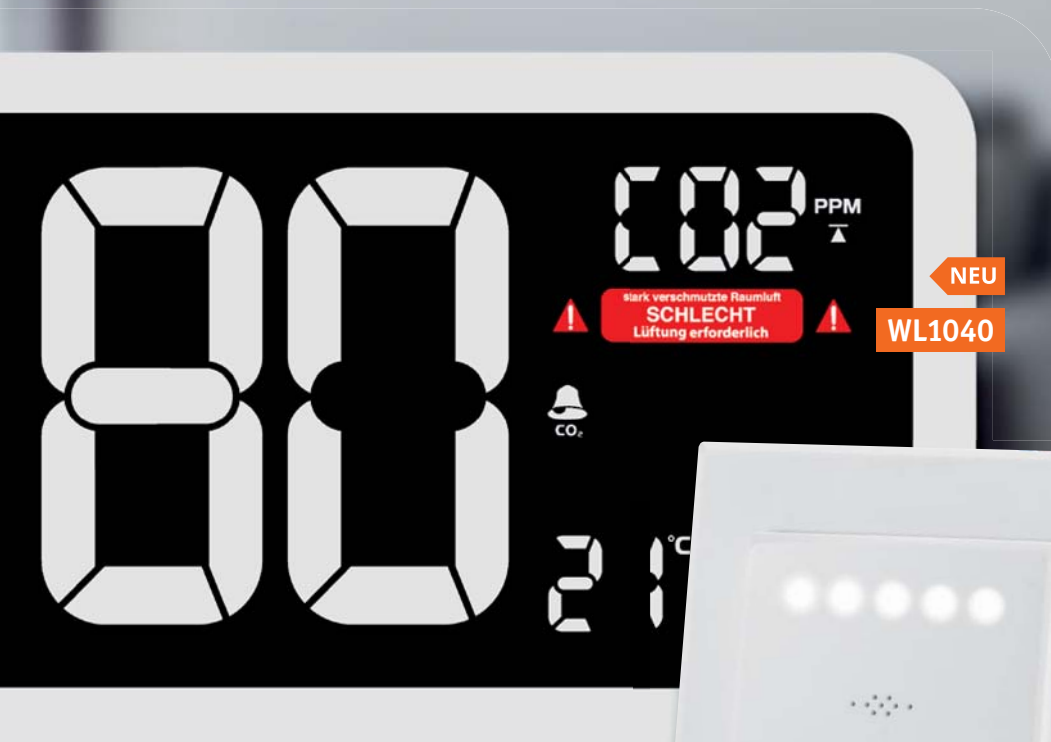


Alle Infos  
zum WL1040  
unter  
QR-Code:





# für frische Luft



NEU

WL1040



HmIP-SCTH230

Abm. (B x H x T): 368 x 158 x 40 mm

ab 149,95 €

Bausatz oder Fertiggerät

Wie Sie mit dem Homematic IP CO<sub>2</sub>-Sensor und dem Homematic IP Schaltaktor mit Signalleuchte eine CO<sub>2</sub>-Ampel aufbauen, zeigen wir Ihnen im ELVprojekt unter Webcode #10323

Abm. (B x H x T):  
86 x 86 x 54 mm

Als Bausatz und Fertiggerät erhältlich:

	Artikel-Nr.	Preis
Bausatz	155645	149,95 €
Fertiggerät	155592	199,95 €

## Homematic IP CO<sub>2</sub>-Sensor HmIP-SCTH230

homematic IP

# CO<sub>2</sub> im Smart Home sicher erfassen

- Integration in Ihr Smart Home über Funk, aber auch stand alone nutzbar
- Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Konzentration über Single-Beam-NDIR-Messverfahren (nicht disperse Infrarottechnologie) mit einem Senseair-Sensor (mit einer Messgenauigkeit von  $\pm(3\% + 30 \text{ ppm})$ )
- Integrierter Relaischaltausgang (Wechselkontakt) zur einfachen Schaltung von Leuchten (nicht für Wechselschaltungen geeignet)
- Misst auch Temperatur und Luftfeuchte
- Integration in die vorhandene Infrastruktur – Ausführung als 55-mm-Unterputzgerät

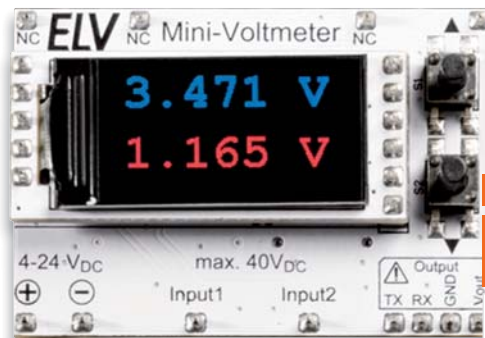
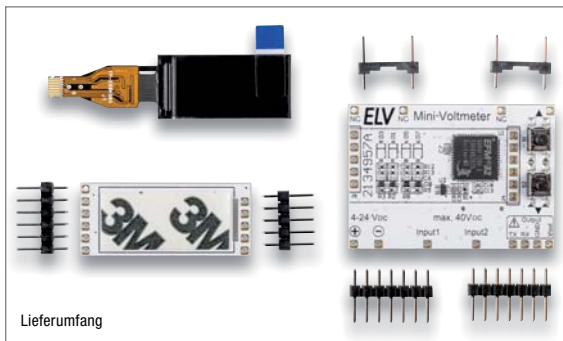
Anzeige der CO<sub>2</sub>-Konzentration durch 5 LEDs:



Alle Infos zum Produkt unter QR-Code:



## ELV Bausatz Mini-Voltmeter für Steckboards mit TFT-Display MVM1



ELV

Abm. (B x H x T):  
40,3 x 30,3 x 17 mm,  
Gewicht: 12 g

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

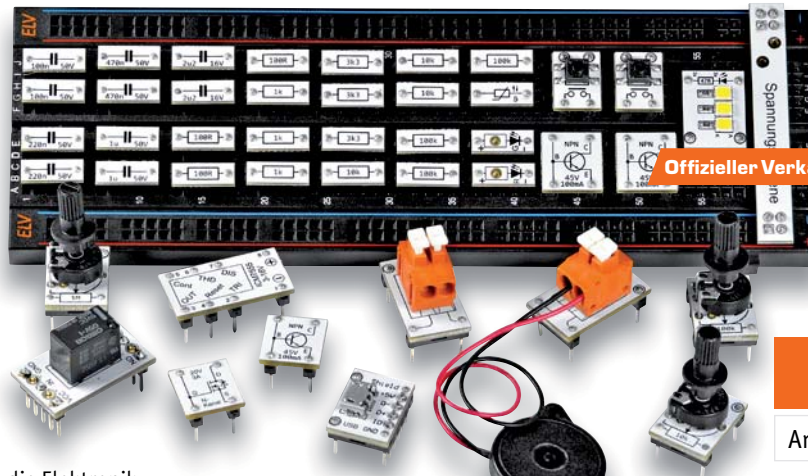
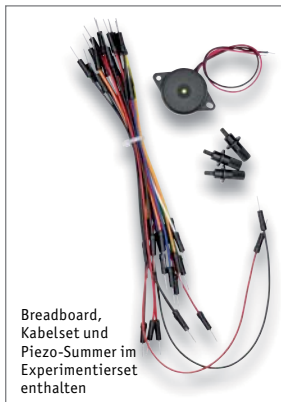
Geräte-Kurzbezeichnung:	MVM1
Spannungsversorgung:	4–24 Vdc
Stromaufnahme:	20 mA max.
Eingangsspannung je Messkanal:	40 Vdc max.
Autorange:	6/40 V
Leitungslängen:	3 m max.

Alle Infos zum Bausatz  
finden Sie unter neben-  
stehendem QR-Code:



## ELV Experimentiererset-Prototypenadapter

ELV



Offizieller Verkaufsstart am 3.6.2021

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 Experimentiererset-Prototypenadapter**

Mit diesem Bundle erhalten Sie das ELV Experimentiererset-Prototypenadapter, einen Piezo-Summer, ein Breadboard, ein Kabelset und das Make:-Sonderheft, das in Zusammenarbeit mit dem ELVjournal entstanden ist.

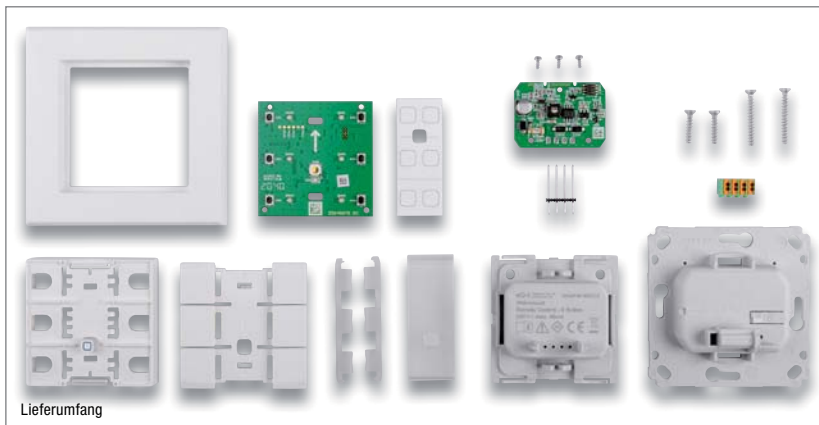


44,95 €

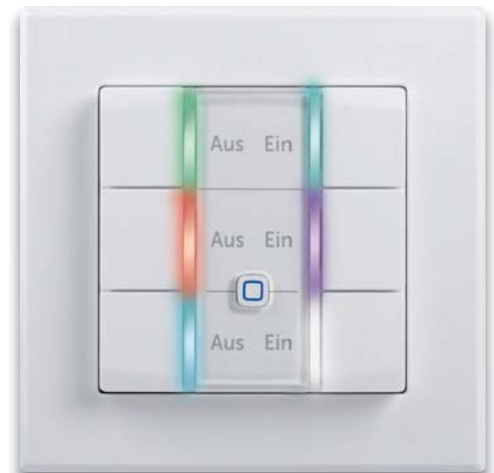
Artikel-Nr. 252102

# Homematic IP Wired Wandtaster – 6-fach HmIPW-WRC6

homematic IP  
wired



Lieferumfang



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

Bausatz

79,95 €

Artikel-Nr. 154289

- 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 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

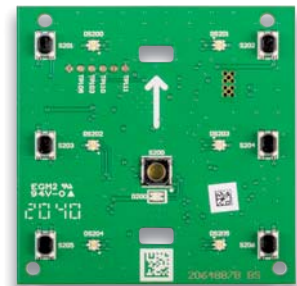
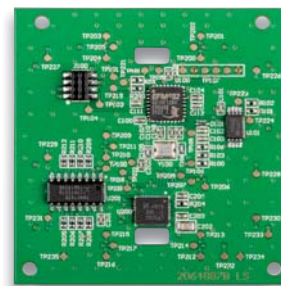
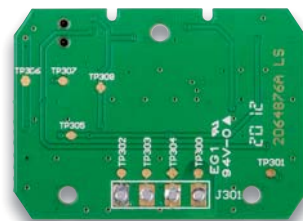
## Daten

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 <sup>2</sup>
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

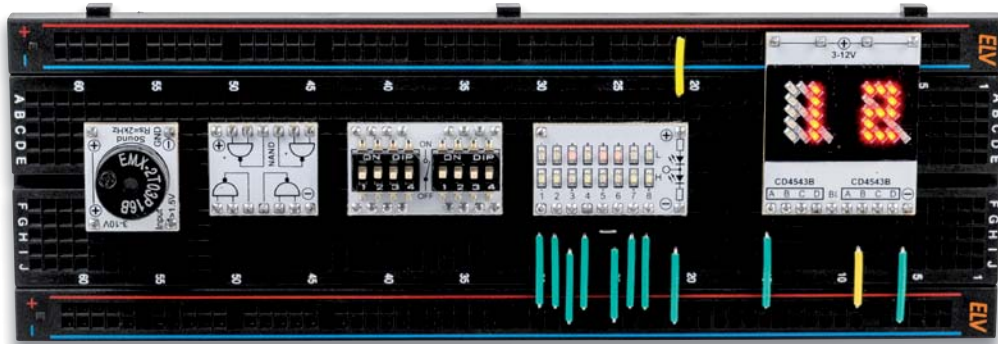


Alle Infos zum Bausatz  
finden Sie unter neben-  
stehendem QR-Code:



# 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

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

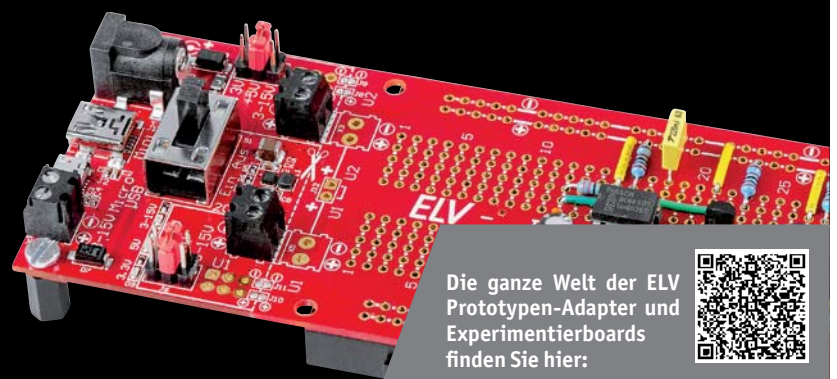
Alle Infos zum Bausatz finden Sie unter nebenstehendem QR-Code:



## 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.

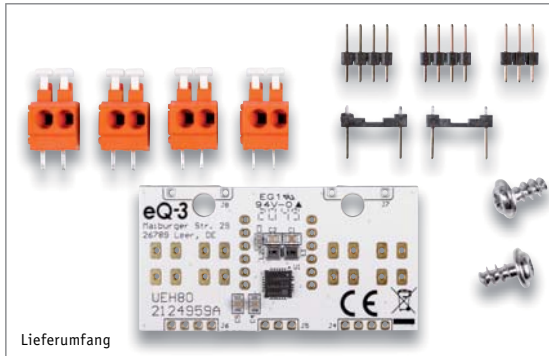


Die ganze Welt der ELV Prototypen-Adapter und Experimentierboards finden Sie hier:

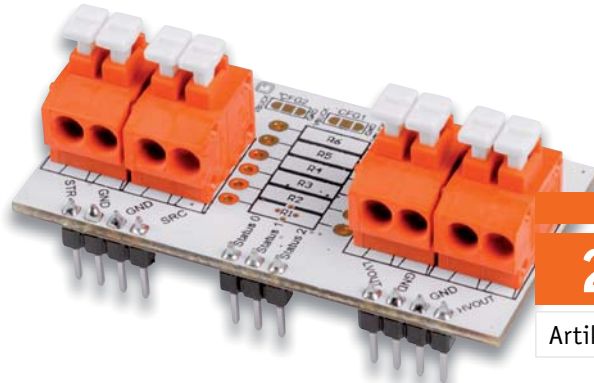


## ELV Bausatz Universelles Energy Harvesting Modul UEH80

ELV



Lieferumfang



Abm. (B x H x T):  
53,4 x 28 x 25 mm,  
Gewicht: 12 g

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-, LiFePO<sub>4</sub>-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.

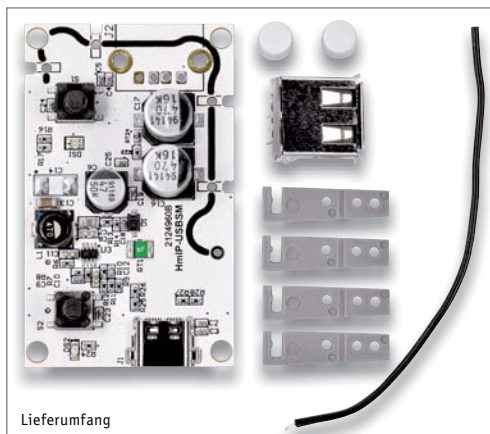
Alle Infos zum Bausatz finden Sie unter nebenstehendem QR-Code:



## 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

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:



# ELV Homematic IP Bausatz CO<sub>2</sub>-Sensor HmIP-SCTH230, 230 V

homematic IP

**Anzeige der CO<sub>2</sub>-Konzentration durch 5 LEDs:**

< 600 pm      < 900 pm      < 1.200 pm

< 1.500 pm      > 1.500 pm

**CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid):**

- Messbereich: 400–5000 ppm
- Auflösung: 1 ppm
- Genauigkeit: ±30 ppm + 3 %

**Temperatur:**

- Messbereich: -20 bis +80 °C
- Auflösung: 0,1 °C

**Luftfeuchte (rH):**

- Messbereich: 0–99 %
- Auflösung: 1 %



- Einfache Integration in die vorhandene Infrastruktur – Ausführung als 55-mm-Unterputzgerät
- Hochwertiger CO<sub>2</sub>-Sensor der Marke Senseair
- 5 weiße LEDs signalisieren die vorhandene Kohlendioxid-Konzentration
- Integrierter Relaischaltausgang (mit Wechselkontakt) zur einfachen Schaltung von Lüftern oder Signalleuchten (nicht für Wechselschaltungen geeignet)
- Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Konzentration über das NDIR-Messverfahren (Non Dispersive InfraRed) – Single-Beam
- Erfasst zusätzlich die Temperatur (°C) und die Luftfeuchte (rH) für die optimale Wiedergabe der Raumluftqualität
- Auch stand-alone verwendbar

Abm. (B x H x T): 71 x 71 x 54 mm (ohne Rahmen),  
86 x 86 x 54 mm (mit Rahmen),  
Tiefe Unterputz: 32 mm,  
Gewicht: 125 g

Bausatz

149,95 €

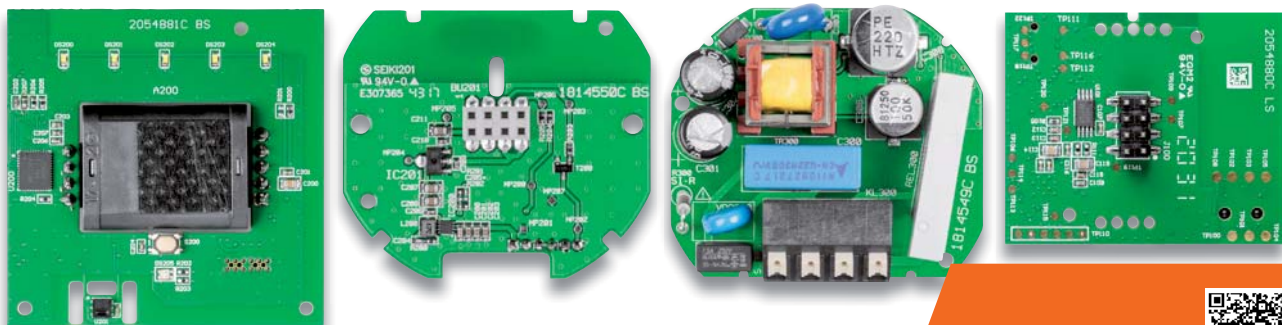
Artikel-Nr. 155645

Geräte-Kurzbezeichnung:	HmIP-SCTH230
Versorgungsspannung:	230 V/50 Hz
Stromaufnahme:	5 A max.
Leistungsaufnahme Ruhebetrieb:	0,55 W
Max. Schaltleistung:	1150 W
Lastart:	Ohmsche Last
Relais:	Wechsler
Leitungsart und -querschnitt:	Starre und flexible Leitung 0,75–1,50 mm <sup>2</sup>
Installation:	nur in Schalterdosen (Gerätedosen) gemäß DIN 49073-1
Schutzart:	IP20
Schutzklasse:	II
Umgebungstemperatur:	5–35 °C
Funk-Frequenzband:	868,0–868,6 MHz 869,4–869,65 MHz
Max. Funk-Sendeleistung:	10 dBm
Empfängerkategorie:	SRD category 2
Typ. Funk-Freifeldreichweite:	230 m
Duty-Cycle:	< 1 % pro h / < 10 % pro h

## Anwendungsbeispiele – HmIP-SCTH230

- Lassen Sie sich über eine farbige Anzeige (z. B. mit Grün, Gelb und Rot) von einem Homematic IP Gerät, wie dem HmIP-BSL (Schaltaktor für Markenschalter mit Signalleuchte) oder den LEDs des Kombisignalgebers HmIP-MP3P, den aktuellen Status der Luftgüte visuell anzeigen.
- Bei Erreichen eines bestimmten CO<sub>2</sub>-Schwellwerts können Sie direkt über den integrierten Schaltaktor des Homematic IP CO<sub>2</sub>-Sensors oder über eine Direktverbindung per Funk einen Homematic IP Aktor schalten. Damit kann beispielsweise ein Licht angesteuert werden. Es kann auch direkt ein Homematic IP Gerät zur Alarmierung (z. B. Alarmsirene HmIP-ASIR-2) verknüpft werden.
- Steuern Sie Ihre Lüftungsanlage abhängig von der CO<sub>2</sub>-Konzentration direkt über eine HmIP-MIOB (0- bis 10-V-Ausgang) und ein Zentralenprogramm. Reduzieren Sie den Luftaustausch, wenn niemand anwesend ist und eine geringe CO<sub>2</sub>-Belastung vorliegt, oder erhöhen Sie den Luftaustausch, wenn mehrere Personen anwesend sind.

Daten

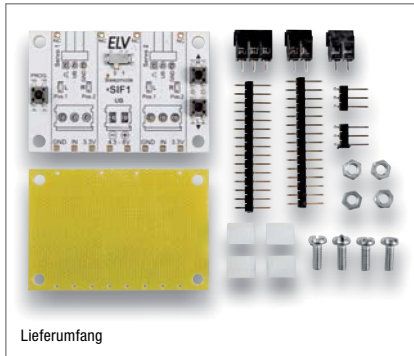
Die verschiedenen Platinen des Homematic IP CO<sub>2</sub>-Sensors

Alle Infos zum Bausatz  
finden Sie unter neben-  
stehendem QR-Code:

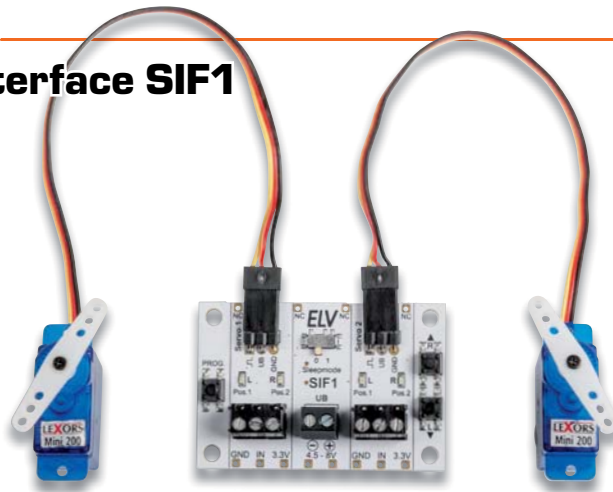


## ELV Bausatz Servo-Interface SIF1

ELV



Lieferumfang



Anwendungsbeispiel – Lieferung ohne Servos

Abm. (B x H): 53 x 36 mm,  
Gewicht: 19 g

Bausatz

14,95 €

Artikel-Nr. 155868

- Ansteuerung kann analog (0–3 V) oder digital (high/low) erfolgen
- Per Taster können jeweils 2 Endpositionen (links/rechts) pro Servo einprogrammiert werden
- Daten bleiben auch bei Spannungsverlust erhalten
- Sleep-Modus zum Schutz der Servos und zum Stromsparen per DIP-Schalter aktivierbar
- Benötigt eine Versorgungsspannung von 4,5–8 VDC (max. Stromaufnahme: 2,5 A)

### Anwendungsbeispiele – SIF1

- Ausführen von mechanischen Bewegungen
- Kugelspendemaschine (Anwendungsbeispiel im ELVjournal 1/2021)
- Pan-Tilt-(Kamera-)Schwenkeinrichtung
- Öffnung von Klappen, Türen oder Schatullen

Daten

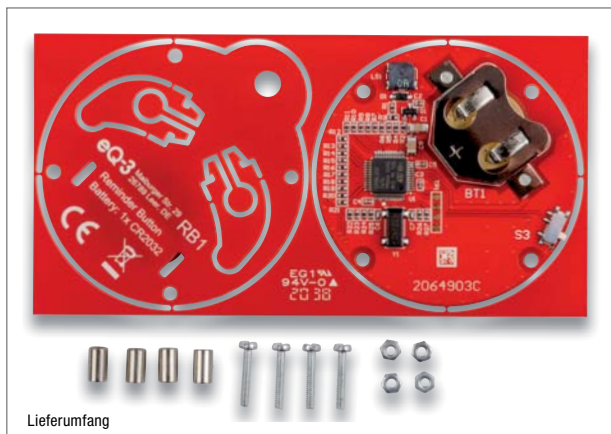
Geräte-Kurzbezeichnung:	SIF1
Versorgungsspannung:	4,5–8 V
Stromaufnahme:	2,5 A max.
Positionen:	2 Positionen programmierbar (je Servo)
Ausgänge	2x Servo/1 A pro Kanal max.
Steuereingänge:	analog (0–3 V); digital (Low/High) Eingangsspannung 24 V max.
Sonstiges:	Verpolungsschutz
Leitungslängen:	3 m max.

Alle Infos zum Bausatz finden Sie unter nebenstehendem QR-Code:



## ELV Bausatz Reminder-Button RB1

ELV



Lieferumfang

Abm. (ø x H): 52 x 12 mm,  
Gewicht: 22 g (inkl. Batterie)Lieferung inkl.  
Knopfzelle (1x CR2032)

Bausatz

17,95 €

Artikel-Nr. 155734

- Ohne Lötarbeiten einfach die mechanischen Teile zusammensetzen
- Programmierung der Erinnerungsintervalle über 2 Tasten, Timerintervall von einem Tag bis 48 Tage wählbar
- Für den Aufbau und die Nutzung sind keine Elektronik- oder Programmierkenntnisse erforderlich

### Anwendungsbeispiele – RB1

- Lassen Sie sich an die tägliche Medikamenten-Einnahme erinnern
- erinnert z. B. zuverlässig daran, die Kaffeemaschine zu entkalken

Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	RB1
Spannungsversorgung:	1x 3 V CR2032
Stromaufnahme:	45 mA max. (kurzzeitig) 1,5 µA (Sleep-Mode)
Batterielebensdauer:	2 Jahre (typ.)
Umgebungstemperatur:	5–35 °C
Timerintervall:	1 Tag – 48 Tage
Sonstiges:	Sound abschaltbar

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:** ELV, Reparatur-Service, 26789 Leer  
**Österreich:** ELV, Reparatur-Service, Paketfach ELV 1, 5005 Salzburg  
**Schweiz:** ELV, 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. Fertigeräte werden mit Gehäuse betriebsfertig und komplett abgegliebt geliefert. Sämtliche ELV Bausätze und ELV Fertigeräte 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.

### Kontaktdaten

Bitte nennen Sie uns bei Bestellungen:

► **Kundennummer**    ► **Bestell-Nummer**    ► **Zahlungswunsch**

	Deutschland	Österreich	Schweiz
<b>Bestellen</b> (Montags bis Freitags 9.00–18.00 Uhr)			
<b>Telefon</b>	0491/6008-88	0662/624-084	061/9711-344
<b>Fax</b>	0491/7016	0662/624-157	061/9711-341
<b>Internet</b>	de.elv.com	at.elv.com	ch.elv.com
<b>E-Mail</b>	bestellung@elv.com	bestellung@elv.com	bestellung@elv.com
<b>Versandkosten</b>	3,99 €	3,99 €	CHF 5,99
<b>Versandkostenfrei*</b>	ab 29,- €	ab 29,- €	ab CHF 59,-

### Technische Beratung

 (Montags bis Freitags 9.00–18.00 Uhr)

	Deutschland	Österreich	Schweiz
<b>Telefon</b>	0491/6008-245	0662/627-310	061/8310-100
<b>Fax</b>	0491/6008-457	0662/624-157	061/9711-341
<b>E-Mail</b>	technik@elv.com	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	Österreich	Schweiz
<b>Telefon</b>	0491/6008-455	0662/624-084	061/9711-344
<b>Fax</b>	0491/6008-459	0662/624-157	061/9711-341
<b>E-Mail</b>	kundenservice@elv.com	kundenservice@elv.com	kundenservice@elv.com

### Kontostand

	Deutschland	Österreich	Schweiz
<b>E-Mail</b>	konto@elv.com	konto@elv.com	konto@elv.com
<b>Fax</b>	0491/6008-316	0662/624-157	061/9711-341

\* siehe rechts: „Lieferrn schnell und sicher“

Weitere Infos unter: [www.elv.com](http://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 uns von Ihren Erfahrungen und Lösungen. Die interessantesten Anwendungen werden redaktionell bearbeitet und im ELV Journal mit Nennung des Namens vorgestellt.

### Gutschein-Code

im Wert von **200,- €**

Jede veröffentlichte Anwendung belohnen wir mit einem Gutscheincode im Wert von 200,-\* €.

\* 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 erstellenden Kaufpreis abgezogen, sofern durch die Ausübung des Widerrufsrechts und der Rückabwicklung der Gesamtwarenwert von 200,- € unterschritten wird. Auszahlung/Verrechnung mit offener Rechnung sowie Guthrift 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, D-26787 Leer bzw. [leserwettbewerb@elv.com](mailto: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 nicht ausgeliefert werden können. Dies gilt teilweise für Geräte, die an das Postnetz angeschlossen werden, sowie für Send- und Empfangsanlagen. Die Angabe „BZF-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 zzgl. evtl. Versandkosten, Zollgebühren – Abweichungen in Österreich/der Schweiz sind möglich. Spätere Abweichungen durch Preis Anpassungen 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](http://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. Abbildungen, 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, die auf der Rückseite einer jeden Rechnung abgedruckt sind.

Mit Erscheinen einer neuen Ausgabe des „ELV Journal“ 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: de.elv.com/agb](http://Deutschland.de.elv.com/agb) [Österreich: at.elv.com/agb](http://Österreich.at.elv.com/agb) [Schweiz: ch.elv.com/agb](http://Schweiz.ch.elv.com/agb) **oder Sie können diese telefonisch anfordern.**

Wiederverkäufern senden wir gerne unsere Händlerkonditionen: Tel: +49 (0)491/6008-415.

### Bankeinzug (Deutschland und Österreich)

Bei Zahlung per Bankeinzug (SEPA-Basislastschrift) hat der Kunde bei erstmaliger Bestellung seine Bestellung schriftlich mittels Bestellschein, Bestellkarte, Fax oder Internet durchzuführen und die Zahlungsart „Bankeinzug“ 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](http://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 Preise des deutschen Katalogs 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).

### 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](http://de.elv.com/hinweise-zur-entsorgung). Unsere Registrierungsnummer lautet: WEEE-Reg. Nr. DE 14047296.

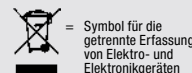
### Batteriegelsetz – BattG

Verbraucher(innen) sind zur Rückgabe von Altbatterien gesetzlich verpflichtet.

Mit nebenstehendem Zeichen versene 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](http://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 AG, Maiburger Str. 29-36, 26789 Leer, Tel.-Nr. +49 491/6008-88, Telefax: +49 491/7016, E-Mail: [widerruf@elv.com](mailto: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](mailto: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 zu rückzugewähren. 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 der 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

(Score-Werte), in deren Berechnung unter anderem Anschriftendaten einfließen. Wir weisen gemäß § 31 BDSG darauf hin, dass wir die von unseren Kunden mitgeteilten Daten EDV-mäßig speichern. Die Behandlung der überlassenen Daten erfolgt auf Basis des BDSG und des TMG. 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 oder eine E-Mail an ELV Elektronik AG, Deutschland, Maiburger Str. 29-36, 26789 Leer, Telefax-Nr. (+49)491-7016, [info@elv.com](mailto:info@elv.com) ELV Elektronik AG, Österreich, Postfach 15, 5021 Salzburg, Telefax-Nr. 0662/624-157, [info@elv.com](mailto:info@elv.com) ELV Elektronik AG, Schweiz, Postfach 100, 4313 Möhlin, Telefax-Nr. 061/9711-341, [info@elv.com](mailto:info@elv.com)

#### Weitergabe von Daten

Ein Verkauf oder eine Überlassung ihrer personenbezogenen Daten an Dritte durch die ELV Elektronik AG findet nicht statt. Ihre persönlichen Daten werden stets vertraulich behandelt und an Dritte nur dann weitergegeben, wenn dies zum Zwecke der Vertragsabwicklung unbedingt erforderlich ist. Sollte die ELV Elektronik AG personenbezogene Daten weiter nutzen als zur zweckbezogenen Durchführung des Vertrags oder der Services unbedingt nötig, werden wir vorher von dem Betroffenen eine entsprechende, ausdrückliche Ermächtigung einholen.

#### Widerruf von Einwilligungen

Die nachstehende Einwilligung haben Sie ggf. ausdrücklich erteilt. *Ja, ich möchte den kostenlosen Newsletter erhalten und über Aktionen, Neuheiten und Preisreduzierungen per E-Mail informiert werden. Ich kann mich jederzeit ganz einfach wieder abmelden.*

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](http://de.elv.com/sicherheit-datenschutz) [at.elv.com/sicherheit-datenschutz](http://at.elv.com/sicherheit-datenschutz) [ch.elv.com/sicherheit-datenschutz](http://ch.elv.com/sicherheit-datenschutz)

Sie können der Verarbeitung Ihrer Daten für werbliche Zwecke jederzeit durch eine kurze schriftliche Mitteilung an [datenschutz@elv.com](mailto:datenschutz@elv.com) widersprechen bzw. Ihr Einverständnis widerrufen.

### 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 des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) und des Telemediengesetzes (TMG).

Nach dem Bundesdatenschutzgesetz 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, Hellerbergstr. 11, 41460 Neuss 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. Im Bereich der **Kreditkartenzahlung** arbeiten wir zusammen mit der Concardis GmbH (Concardis), Helfmann Park 7, D-65760 Eschborn, vertreten durch ihre Geschäftsführer Mark Freese, Jens Mahke und Luca Zanotti.

In diesem Rahmen werden neben Kaufbetrag 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 Missbrauchsbekämpfung 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 eines konkreten Missbrauchsfalls erforderlich ist.

#### Hinweis zu § 31 Abs. 1 Nr. 4 BDSG

Zum Zweck der Entscheidung über die Begründung, Durchführung oder Beendigung eines Vertragsverhältnisses erheben oder verwenden wir Wahrscheinlichkeitswerte

### Impressum

#### Herausgeber:

ELV Elektronik AG, 26787 Leer, Deutschland  
Telefon 0491/6008-0, Fax 0491/7016  
E-Mail: [redaktion@elvjournal.com](mailto: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 Harbets, Volkmar Hellmers, Dipl.-Ing. (FH) Christian Helm, Dipl.-Ing. (FH) Karsten Loof, 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](http://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:

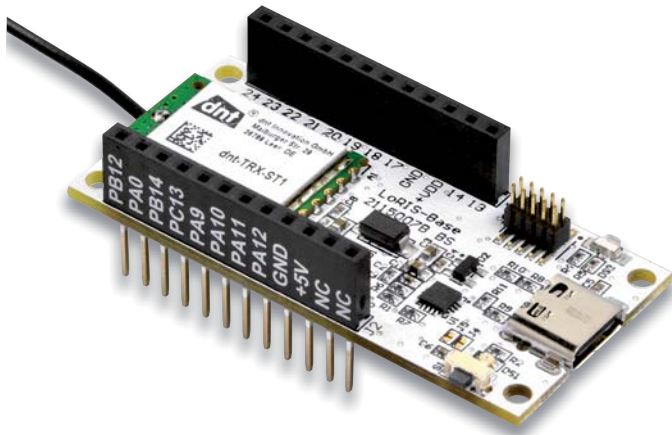
Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingesandene Manuskripte oder Geräte zurückzusenden. Eine Haftung wird für solche Gegenstände nicht übernommen.

#### Gesetzliche und postalische Bestimmungen:

Die geltenden gesetzlichen und postalischen Bestimmungen hinsichtlich Erwerb, Herstellung und Inbetriebnahme von Sende- und Empfangseinrichtungen sind zu beachten.

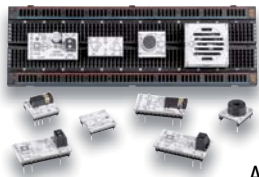
#### Haftungsausschluss:

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.



### LoRIS-Base LoRIS-BM-TRX1

Mit unserem Bausatz LoRIS-Base LoRIS-BM-TRX1 steigen wir in die Welt der LoRaWAN-Funktechnologie ein. Das auch auf Breadboards verwendbare Basisboard mit Funkmodul und integrierter Antenne ermöglicht den einfachen Einstieg in Low Power Wide Area Networks (LPWAN). Über USB kann auf das mit einem CE-zertifizierten Funkmodul ausgestattete Entwicklungsboard Firmware aufgespielt werden. Das LoRIS-Base kann so z. B. als Sendeeinheit (z. B. Taster) an Orten ohne Internet oder anderen Funkzugang über eine entsprechende Infrastruktur (z. B. TheThings-Network) genutzt werden.



### Prototypenadapter PAD7 Audio

Mit dem neuesten Prototypenadapter-Set PAD7 Audio steigen wir in die Welt der Audioverstärker 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.



### Strom-Messadapter für Mini-Voltmeter

Ein praktisches Modul für unser in diesem ELVjournal vorgestelltes Mini-Voltmeter MVM1 folgt mit dem Bausatz Strommessadapter SMA1. Das Mini-Voltmeter wird dabei auf das Strommessmodul gesteckt und zeigt dann die Spannung und den Strom des Messadapters an. Die Darstellungsarten sind wie beim Mini-Voltmeter möglich (digital, analog, Bargraph, Plotter). Der Messbereich für die Spannung liegt bei 0–24 V (bei externer Versorgung des Moduls) – Ströme können zwischen 0 und 3 A gemessen werden.

### Einführung in die Akustik, Teil 15

Der nächste Beitrag befasst sich mit den Themen Infraschall und Ultraschall. Neben grundsätzlichen Betrachtungen über die sehr verschiedenen Frequenz- und Wellenlängenbereiche gehören dazu auch Hinweise, wo natürliche und industriell genutzte Schallquellen dieser Art einem im täglichen Leben begegnen. Dazu gehört der Einsatz von Ultraschall in der Medizin und der Industrie, z. B. zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, zum Reinigen, zum Erodieren und sogar zum Löten von Aluminium.

### MQTT – universelles Protokoll für den Datenaustausch

Für den Datenaustausch zwischen Geräten gibt es eine Vielzahl von Protokollen. Im stark wachsenden Bereich des 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.

### Künstliche Intelligenz in der Praxis, Teil 2

Nachdem der Raspberry Pi im letzten Beitrag für KI-Anwendungen vorbereitet wurde, wird im nächsten Artikel erklärt, wie Neuronale Netze in der interaktiven Python-Umgebung Jupyter konstruiert und trainiert werden können. Anhand des nun bereits bekannten Irisblumen-Datensatzes wird gezeigt, wie ein lernfähiges System die einzelnen Iris-Exemplare korrekt klassifizieren kann.

### Röhrenradio-Restaurierung, Teil 2

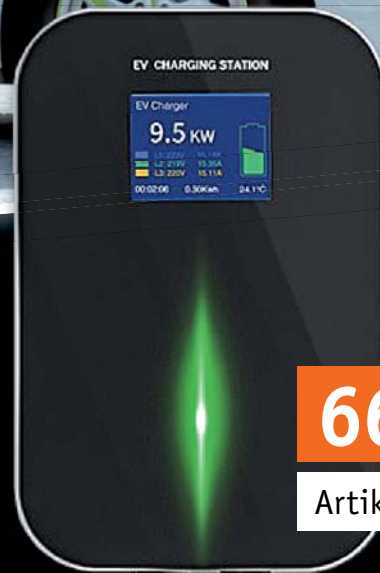
Im zweiten Teil dieser Serie beschäftigen wir uns zunächst mit der Auswahl des richtigen Restaurationsobjekts und zeigen dazu Auswahlkriterien sowie eine Checkliste und worauf man noch achten sollte. Dann steigen wir beispielhaft am Grundig 2147 in die ersten praktischen Schritte einer Restaurierung ein.

### Digitales Mikroskop UltraZoom PRO

Ein Mikroskop ist nicht nur am Arbeitsplatz eines Biologen, Materialprüfers, Feinmechanikers, Laboranten und 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.

# Einfach Strom tanken

## Wallbox AC-Charger 11 kW – Ready2Plug



**666,80 €**

Artikel-Nr. 251878

**Inkl. Typ-2-Ladekabel (6 m)**

Abm. (B x H x T):  
195 x 295 x 65 mm

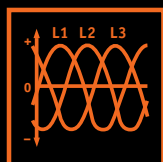
Diese EM2GO EV-Ladestation lädt Ihr Elektro-Fahrzeug über den angeschlossenen Typ-2-Stecker mit bis zu 11 kW Leistung auf.

- Anzeige des Ladevorgangs über Farb-LC-Display und LED-Streifen
- Max. Leistungsabgabe: 11 kW
- Betrieb über 400 VAC  $\pm 10\%$ , 3-Phasen, 50–60 Hz, 16 A
- Fest angeschlossener Typ-2-Stecker mit 6-m-Kabel
- 1,5-m-Verbindungskabel mit CEE-Stecker geeignet für 400 VAC
- Schutz gegen Über- und Unterspannung, Überlast, Kurzschluss, Übertemperatur und Blitz sowie gegen Fehlerstrom über einen eingebauten Typ-A-RCD-Schalter (+6 mADC)
- Spritzwassergeschütztes Gehäuse (IP66) für den Außeneinsatz geeignet
- Aufbau nach den CE-Normen EN61851-1: 2011, EN61851-22:2002

Weitere Infos im ELVshop



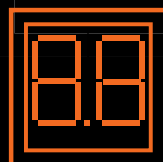
11 kW – 16 A



3 Phasen



Typ-2



LC-Display



IP66

**Hinweis:** Da der Netzbetreiber die EM2GO Wallbox ohne digitale, bidirektionale Kommunikationsschnittstelle nicht aus der Ferne steuern (abschalten/Leistung mindern) kann, ist diese nicht förderfähig.

# Der Schlüssel zu Ihrem Smart Home



NEU



## Homematic IP Türschlossantrieb HmIP-DLD

Das Entriegeln, Verriegeln und Öffnen Ihrer Haustür erfolgt ganz bequem und sicher per Smartphone, Schlüsselbundfernbedienung oder manuell von außen per Schlüssel.

- Für Standard-Profilzylinder mit Not-/Gefahrenfunktion (Überstand an der Türinnenseite von 8 bis 15 mm erforderlich – ohne Bohren)
- Flexible Zugangssteuerung durch Zuteilung von Berechtigungen und Zeitfenstern, automatisches Verriegeln, individuelle Verzögerungen
- Einfaches Entriegeln der Tür auch aus der Ferne per Smartphone-App, um Handwerker oder Freunde hereinzulassen
- Batteriebetrieb (3x Mignon/AA/LR03 inkl., typ. Batterielevensdauer: 6 Monate)
- Manuelles Öffnen und Schließen von innen jederzeit am Drehrad möglich (Notfunktion)



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



### Anwendungsbeispiele im Smart Home:

Beim Öffnen der Haustür werden z. B. folgende Automationen ausgeführt:

- Alarmanlage wird unscharf geschaltet
- Beleuchtung wird angeschaltet
- Heizung fährt aus dem Eco-Modus wieder hoch

Lieferung ohne Smartphone

**149,95 €**

Artikel-Nr. 154952

Hinweis: Der Betrieb erfordert die Anbindung an einen Homematic IP Access Point, eine Smart Home Zentrale CCU3 oder eine Partnerlösung von Drittanbietern.

### Gleich mitbestellen: Schlüsselbundfernbedienung – Zutritt HmIP-KRCK

- Steuert den Homematic IP Türschlossantrieb mit drei voreingestellten Tasten zum Entriegeln, Verriegeln und Öffnen der Tür
- Je ein Zugangsprofil pro Fernbedienung – praktisch z. B. für Babysitter, Reinigungs- oder Pflegekräfte, um Berechtigungen einzuschränken
- Direktverknüpfung zum Türschlossantrieb: keine Internetverbindung notwendig
- Zusätzliche Taste zur Beleuchtungssteuerung, z. B. im Eingangsbereich



**39,95 €**

Artikel-Nr. 142561