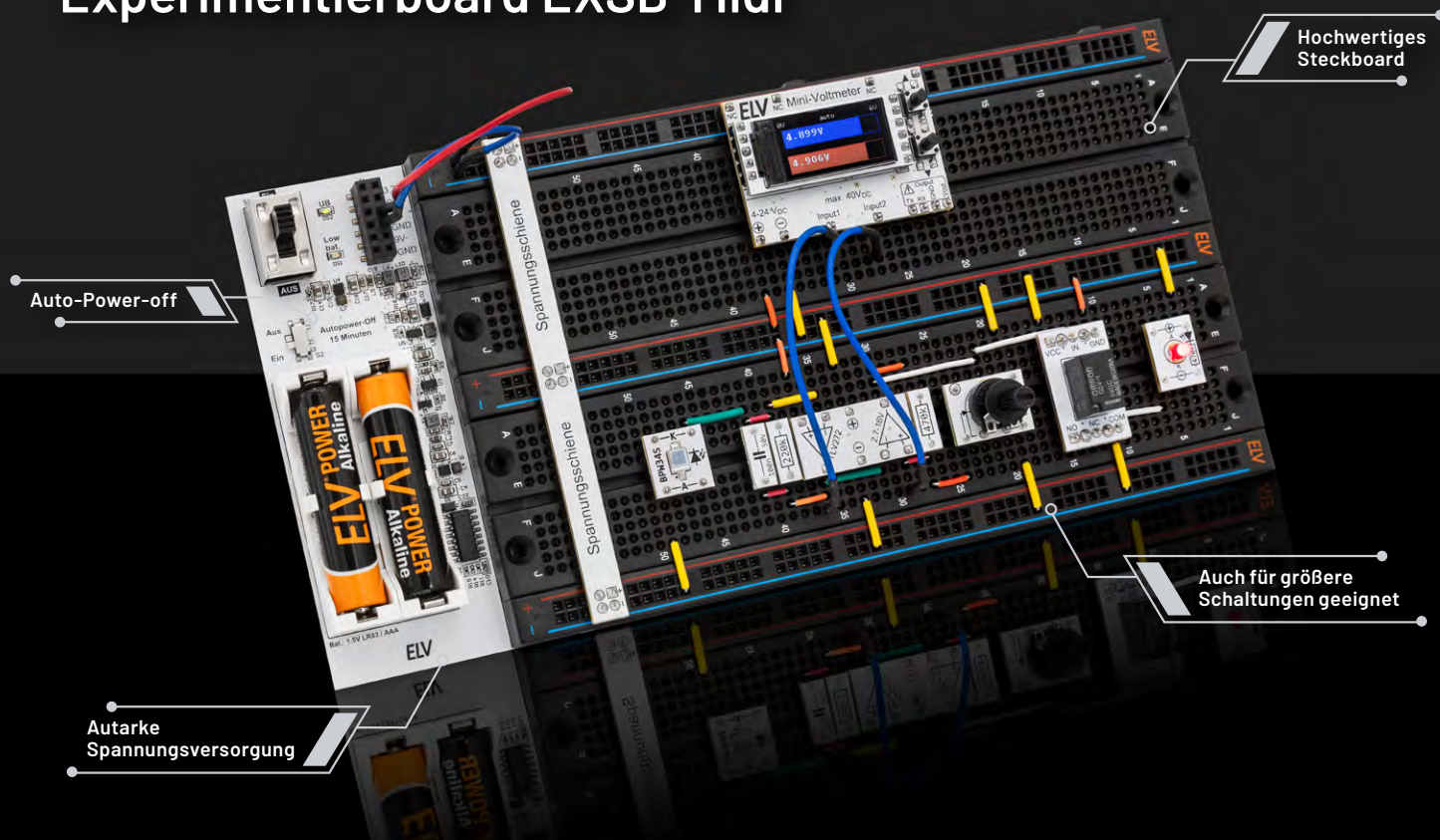


Unabhängigkeit für Experimentierschaltungen

Experimentierboard EXSB-Midi



Know-how: Regenerative Energien – Energiequelle Sonne

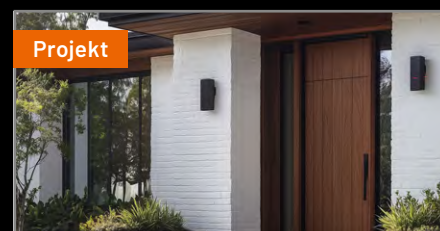
Leserwettbewerb: Homematic IP PC-Steuerung



Bausatz
Smart Home
Bodenfeuchtesensor Interface



Projekt
Grundig Satellit 2100 –
Die Restaurierung einer Ikone



Projekt
ELV Smart Hacks –
Tür und Tor mit Homematic IP

SMARTE TECHNIK ZEITLOSES DESIGN

homematic ^{IP}

NEU



Glastaster

HmIP-WGS | HmIP-WGS-A

- Bis zu vier individuell konfigurierbare Tasten und Quick-Action
- Hintergrundbeleuchtung für optisches Feedback
- Relaisausgang und Nebenstelleneingang für Tasterschaltungen
- Einfache Integration in viele Schalterprogramme (55er-Rahmen)
- Einfach nachgerüstet, per Funk gesteuert
- Einrichtung per Homematic IP App

Zur weißen Variante

Zur schwarzen Variante

Rahmen separat
erhältlich

129,95 €*

NEU



reddot winner 2025

Glas-Wandthermostat

HmIP-WGT | HmIP-WGT-A

- Mit zwei Touchflächen zur Temperaturregelung
- Anzeige von Raumtemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit
- Ansteuerung von Homematic IP Heizkörperthermostaten, Fußbodenheizungscontrollern und thermoelektrischen Stellantrieben
- Relaisausgang auch in der Lichtlösung einsetzbar
- Einfache Integration in viele Schalterprogramme (55er-Rahmen)
- Einfach nachgerüstet, per Funk gesteuert
- Steuerung direkt am Gerät, per App oder Sprache

Zur weißen Variante

Zur schwarzen Variante

Rahmen separat
erhältlich

149,95 €*



Glas-Wandthermostat mit CO₂-Sensor

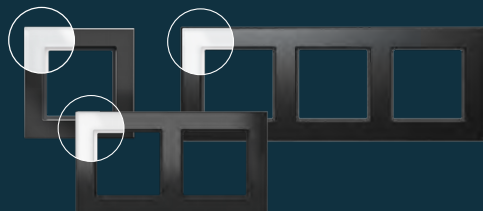
HmIP-WGTC | HmIP-WGTC-A

Zur weißen Variante

Zur schwarzen Variante

179,95 €*

NEU



Passende Glasrahmen

Für eine stilvolle Integration Ihrer Homematic IP Geräte bieten wir Ihnen passende Glasrahmen in Schwarz und Weiß als 1er-, 2er- und 3er-Ausführung.

Zu den Rahmen

Für die Verwendung ist ein Homematic IP Access Point oder eine Zentrale notwendig.

* Die angegebenen Preise sind unverbindlich, entsprechen dem Stand bei Redaktionsschluss und können sich aufgrund von Verfügbarkeit, Marktentwicklung oder tagesaktueller Kalkulation ändern.

Liebe Elektronik-Freunde,

in unserer letzten Ausgabe haben wir mit dem Smart Home Bewässerungsaktor den Grundstein für eine komfortable, automatische Gartenpflege gelegt. Doch jeder Gartenliebhaber weiß: Ein gesundes Pflanzenwachstum beruht auf dem perfekten Zusammenspiel von Wasser und Bodenfeuchtigkeit. Genau an dieser entscheidenden Schnittstelle setzen wir diesmal an – mit einer Kombination aus dem hochpräzisen Bodenfeuchtesensor SoMo1 und dem neuen ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor Interface, die Ihren Garten noch smarter macht.

Denn wer seinen Garten automatisiert bewässern möchte, braucht vor allem eines: zuverlässige Messwerte direkt aus der Erde. Nur so lassen sich Pflanzen exakt mit der Menge Wasser versorgen, die sie tatsächlich benötigen. Das spart Ressourcen, schützt Ihren Garten vor Überwässerung und sorgt für kräftiges Wachstum – ganz ohne Ihr Zutun. Vielleicht fragen Sie sich nun, warum wir erneut das Thema Gartenautomation aufgreifen. Ganz einfach: weil wirklicher Komfort immer aus gut aufeinander abgestimmten Komponenten entsteht. So zeigt auch ein Bewässerungsaktor erst in Kombination mit einem präzisen Sensor sein ganzes Potenzial.

In diesem Sinne: Genießen Sie Ihren Garten mit intelligenter Technik, die perfekt miteinander harmoniert.

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



Heinz-G. Redeker

Prof. Heinz-G. Redeker

Kennen Sie schon unsere ELVjournal App? Auch bequem über die Website nutzbar!

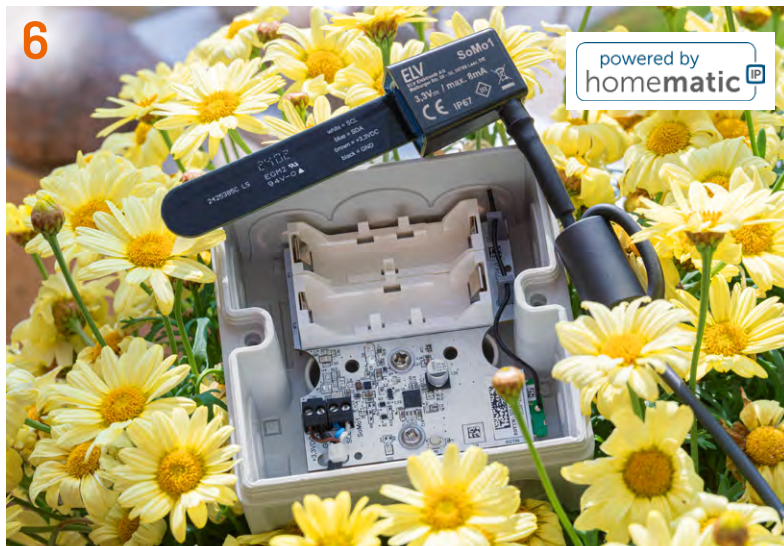
Die ELVjournal App, die es sowohl für Android- als auch für iOS-Systeme gibt, macht das Finden, Lesen, Weitergeben und insgesamt die Nutzung der ELVjournal Inhalte besonders einfach. Für alle, die kein Smartphone zur Hand haben, bietet die ELVjournal App aber auch die Möglichkeit, alle Ausgaben bequem an einem großen Bildschirm zu lesen. Die lieb gewonnenen Funktionen der App bleiben auch hier wie gewohnt nutzbar.

Schauen Sie doch mal rein!

[Zur ELVjournal Web-Ansicht](#)

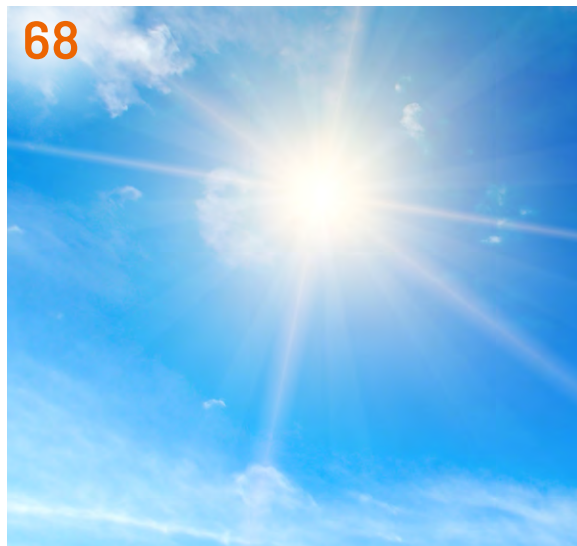


6



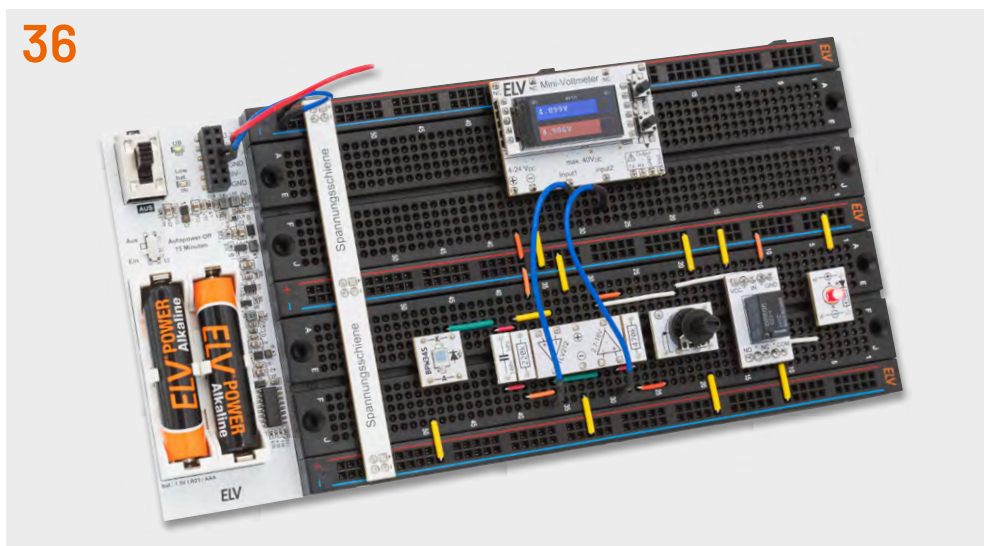
Smarter Bodenfeuchtesensor

68



Energiequelle Sonne

36



Batterieversorgtes Experimentierboard

65



Buchvorstellung

Bausätze

- 6 ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor Interface**
Smarte Gartenbewässerung
- 36 EXSB-Midi**
Experimentierboard mit autarker Spannungsversorgung

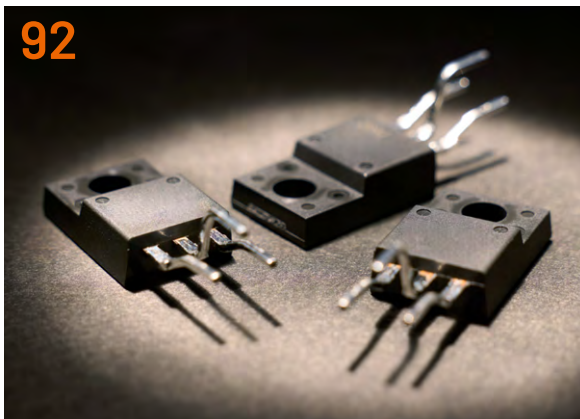
Leserwettbewerb

- 86 Homematic IP PC-Steuerung**

Projekte

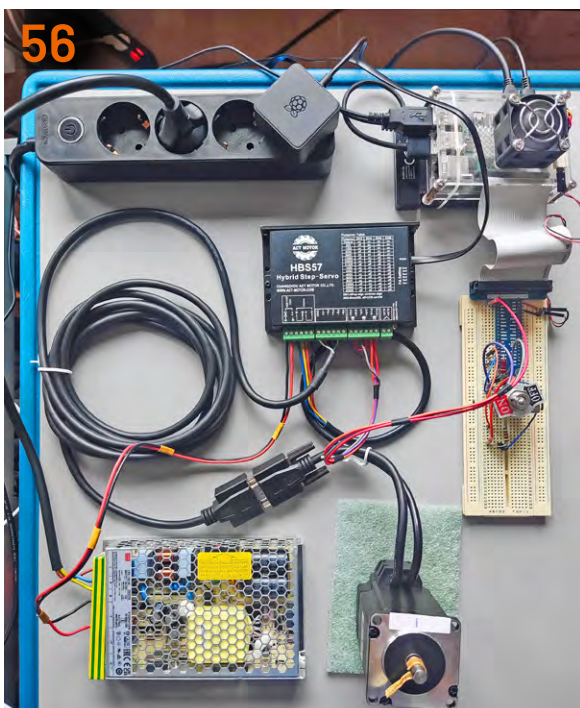
- 22 Transistoren als Schalter**
Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB
- 44 Grundig Satellit 2100**
Die Restaurierung einer Ikone
- 92 Spezielle Transistoren: FETs und MOSFETs**
Projekte für Elektroneinsteiger

92



Projekte für Elektronikneinsteiger

56



Schritt für Schritt - Closed Loop Steppers

44



Radiorestoration Satellit 2100

78



Tür und Tor mit Homematic IP

Know-how

- 56 Schritt für Schritt**
NEMA23-Motor und Controller/Driver mit RS232-Schnittstelle für Closed-Loop-Betrieb am Raspberry Pi
- 65 Buchvorstellung**
Einstieg in die Welt der Dioden, Transistoren und Grundsaltungen
- 68 Regenerative Energien**
Energiequelle Sonne - Grundlage unserer Existenz
- 78 ELV Smart Hacks**
Tür und Tor mit Homematic IP
- 100 Python & MicroPython: Programmieren lernen für Einsteiger**
Interaktiv mit Tkinter!

Außerdem

- 3 Editorial**
- 34 Leser fragen - Experten antworten**
- 54 Leser testen**
- 110 Die Neuen**
- 114 Service, Bestellhinweise, Impressum**
- 116 Vorschau**



ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor Interface Smarte Gartenbewässerung

Endlich nach Feierabend die Füße hochlegen und den Bienen beim Arbeiten zusehen. Einmal eingestellt, läuft die Gartenbewässerung mit dem ELV Smart Home Interface ELV-SH-SMSI und dem Bewässerungsaktor ELV-SH-WSM mühelos und voll automatisiert. Die Feineinstellung für die perfekte Bewässerung braucht zwar etwas Zeit, Ihr Rasen oder Ihre Pflanzen werden es Ihnen aber sicher danken. Dann wirkt der Rasen in Nachbarns Garten auch nicht mehr grüner! In Kombination mit dem Bodenfeuchtesensor SoMo1 lassen sich die Messwerte besonders einfach in Homematic IP integrieren und zur automatischen Steuerung nutzen – mit der Home Control Unit HCU1, dem Access Point und der App und natürlich auch mit der CCU3.

i Infos zum Bausatz ELV-SH-SMSI



Schwierigkeitsgrad:
leicht



Bau-/Inbetriebnahmezeit:
ca. 0,5 h



Besondere Werkzeuge:
keine



Löterfahrung:
nein



Programmierkenntnisse:
nein



Elektrofachkraft:
nein

Bodenfeuchte messen mit Homematic IP – der einfache Weg

Mit der [Smart Home Sensor-Base ELV-SH-BM-S](#), einem [Powermodul](#) und einem [Sensorinterface ELV-AM-INT1](#) war es bereits, wie im [Projekt](#) beschrieben, zuvor möglich, den Bodenfeuchtesensor SoMo1 für die Messung der Bodenfeuchte und für eine bedarfsabhängige Bewässerung zu nutzen. Der Einsatz mehrerer universeller Module war jedoch etwas umständlich und auf den Einsatz mit einer CCU3 beschränkt.

Das Messen der Bodenfeuchte wird mit dem [ELV-SH-SMSI](#) nun wesentlich einfacher und ist auch für die Nutzer der Homematic IP App mit dem Homematic IP Access Point oder der Home Control Unit möglich. Das Interface muss lediglich in ein passendes, wetterfestes Gehäuse (beispielsweise Spelsberg Abox) eingesetzt und mit dem bereits aus früheren Projekten bekannten Bodenfeuchtesensor SoMo1 verbunden werden.

Als ideale Partner für die automatisierte Bewässerung eignen sich der [Bewässerungsaktor ELV-SH-WSM](#) und das [Garten Ventil Interface ELV-SH-GVI](#). So wird neben der Bewässerung von Rasenflächen auch die optimierte Bewässerung von Hoch- oder Blumenbeeten zum Kinderspiel.

Zusammenbau und Inbetriebnahme

Bild 1 zeigt den Lieferumfang des komplett vorbestückten Bausatzes, Bild 2 die Platine und den Bestückungsdruck beidseitig im Detail.

Der Zusammenbau benötigt nur wenige Schritte: Antennenhalter anbringen, Platine in eine Abox 040 einsetzen (Abox-i 040-L oder Abox 040-L), Sensor vorbereiten, Ferritkern ergänzen und Sensor an die Schraubklemmen der Platine anschließen.

Schieben Sie die beiden Antennenhalter seitlich auf die Platine. Führen Sie die Antenne anschließend durch die oberen Löcher der Halter (Bild 3). Um ein Abscheren der kleinen Rastnasen an den Haltern beim Aufschieben auf die Platine zu vermeiden, biegen Sie den unteren Teil des Halters beim Aufschieben mit Ihrem Fingernagel oder einem flachen Werkzeug leicht nach unten.

Führen Sie den Kabelbinder von oben durch das linke der beiden Fixierlöcher vor den Schraubklemmen und führen Sie ihn dann durch das rechte Loch zurück nach oben. Der Rastkörper sollte sich anschließend dicht über der Platine befinden (Bild 4).

Wenn Sie die Gehäusevariante Abox 040-L verwenden, montieren Sie diese zunächst am Bestimmungsort, da die Platine sonst die Befestigungslöcher verdeckt. Dichten Sie anschließend die beiden Befestigungslöcher mit den beiden Gummiverschlässen ab (Bild 5).

Wenn Sie die Abox-i 040-L verwenden, können Sie diese in diesem Schritt oder nach der Platinenmontage montieren. Entfernen Sie vor der Montage der Platine für diese Gehäusevariante die Gummiverschlüsse aus dem Gehäuseboden (Bild 6).

Fixieren Sie nun die Platine mit zwei Schrauben am Gehäuseboden, wofür je nach Gehäuse unterschiedliche Befestigungslöcher in der Platine genutzt werden (Bild 7).

Im nächsten Schritt wird der Sensor SoMo1 für die Montage am Interface vorbereitet. Schieben Sie den Ferritkern auf das Sensorkabel und positionieren Sie diesen ca. 5,5 cm vom Sensorgehäuse entfernt. Wickeln Sie das offene Kabelende noch zweimal eng anliegend durch den Ferritkern (Bild 8).

Öffnen Sie die elastische Kabeldurchführung vor den Schraubklemmen mit einem spitzen Gegen-

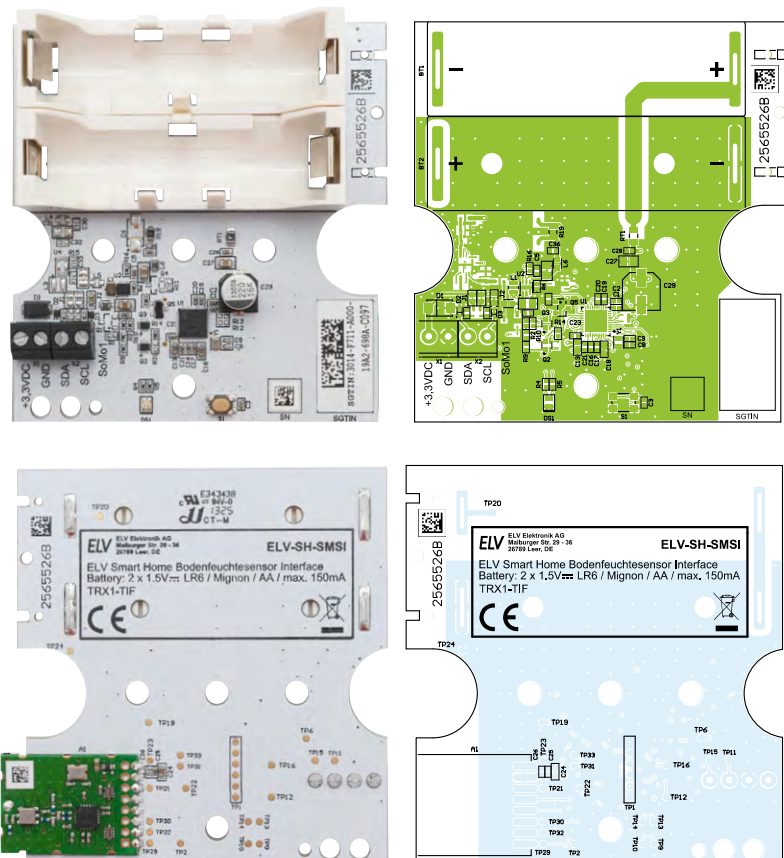


Bild 2: Platine und Bestückungsdruck des ELV-SH-SMSI von oben und unten (Abbildung verkleinert auf 74 % der Originalgröße)

stand. Führen Sie das Sensorkabel von außen in das Gehäuse ein. Schließen Sie das Sensorkabel am Interface an, wie in Tabelle 1 und Bild 9 gezeigt. Legen Sie die Batterien polrichtig ein. Das Bodenfeuchtesensor Interface ist anschließend bereit zum Anlernen an eine Zentrale. Es folgt abschließend die Positionierung sowie Kalibrierung des Sensors im Erdreich.

Zuordnung der Sensorleitungen

Tabelle 1

Klemme und Signal

+3,3VDC
GND
SDA
SCL

Kabelfarbe

Braun
Schwarz
Blau
Weiß

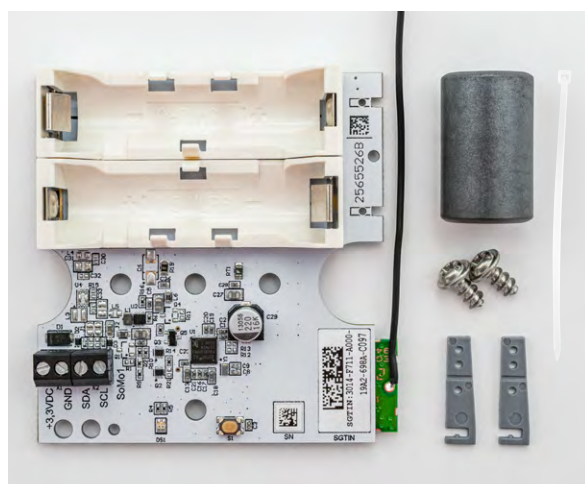


Bild 1: Lieferumfang des Bodenfeuchtesensor Interface ELV-SH-SMSI

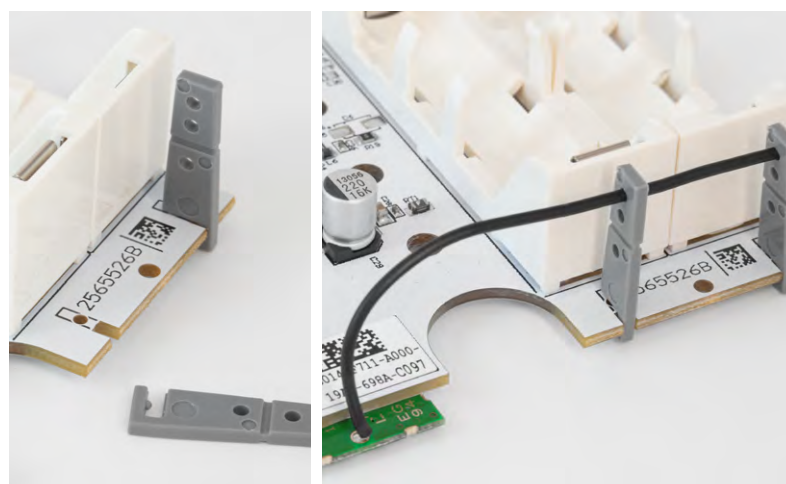
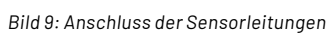
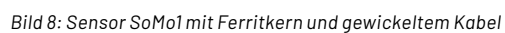
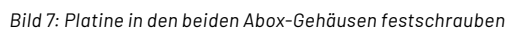
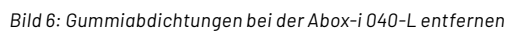
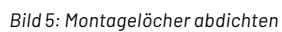
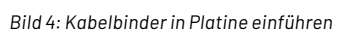


Bild 3: Antennenhalter einsetzen und Antenne verlegen



Bodenfeuchtesensor Interface am Access Point oder der Home Control Unit anlernen und konfigurieren

Wählen Sie den Eintrag „Gerät anlernen“ und folgen Sie dem Anmelde-Assistenten für die weitere Einrichtung des Interface. Ordnen Sie das ELV-SH-SMSI während des Anlernens einem Raum zu (Bild 10). Legen Sie gegebenenfalls einen neuen Raum an und geben Sie einen aussagekräftigen Namen für das Interface ein. Anschließend ist das Interface betriebsbereit.

Passen Sie ggf. über die Geräteliste noch Parameter zur Erfassung und Darstellung der Messwerte an (Bild 11). Über die beiden Referenzwerte Rohwert für 0 % und 100 % Bodenfeuchte können Sie den Mess- bzw. Anzeigebereich der Bodenfeuchte optimieren. Die dafür nötigen Rohwerte lassen sich durch Auswertung der Statusmeldungen bei entsprechenden Bedingungen ermitteln.

Details dazu finden Sie im Abschnitt „Kalibrierung des Sensors“.

Das Messintervall definiert den Abstand zwischen den regelmäßigen Messungen der Bodenfeuchte. Da sich die Bodenverhältnisse normalerweise sehr langsam ändern, genügt hier ein relativ großes Messintervall. Kürzere Messintervalle erhöhen die Stromaufnahme und verkürzen damit die Batterielaufzeit. Um während einer Kalibrierung schnell zu neuen Messwerten zu kommen, kann jedoch eine vorübergehende Verkürzung des Intervalls sinnvoll sein.

Die Statusanzeige der Bodentemperatur und Bodenfeuchte werden in Abhängigkeit vom aktuellen Messwert farbig dargestellt. So sehen Sie schnell, ob sich die Messwerte in einem neutralen oder kritischen Bereich befinden. Über die beiden Schieberegler können Sie die Schwellen für die jeweiligen Bereichswchsel individuell festlegen.

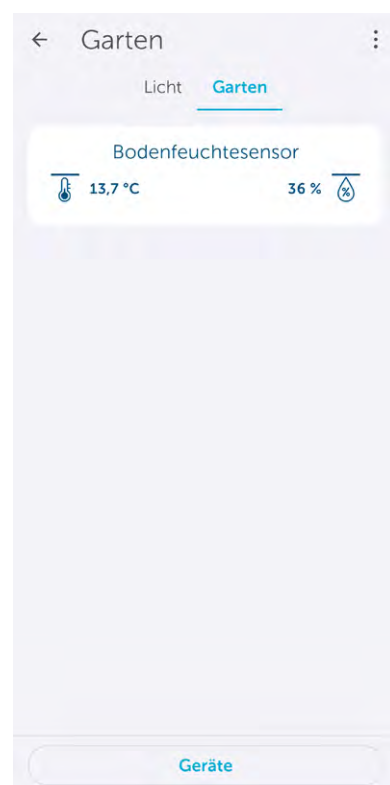
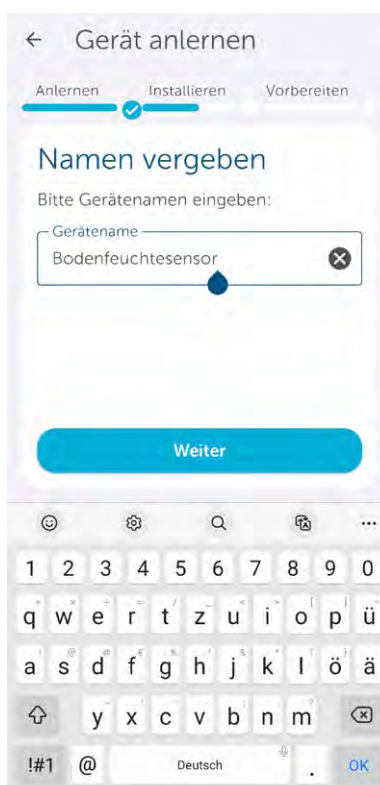
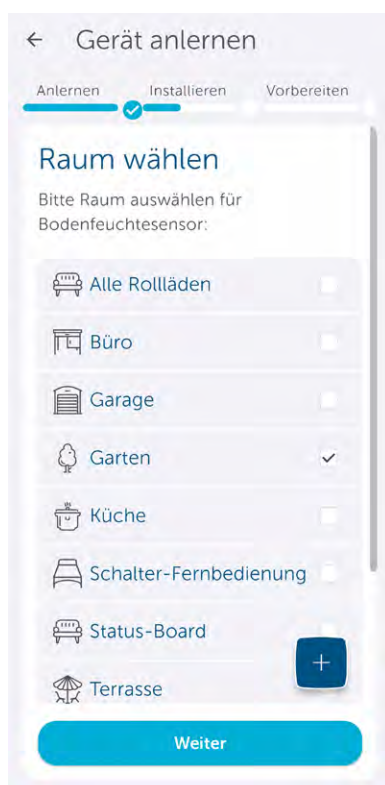


Bild 10: Einrichtungsassistent nach dem Anlernen

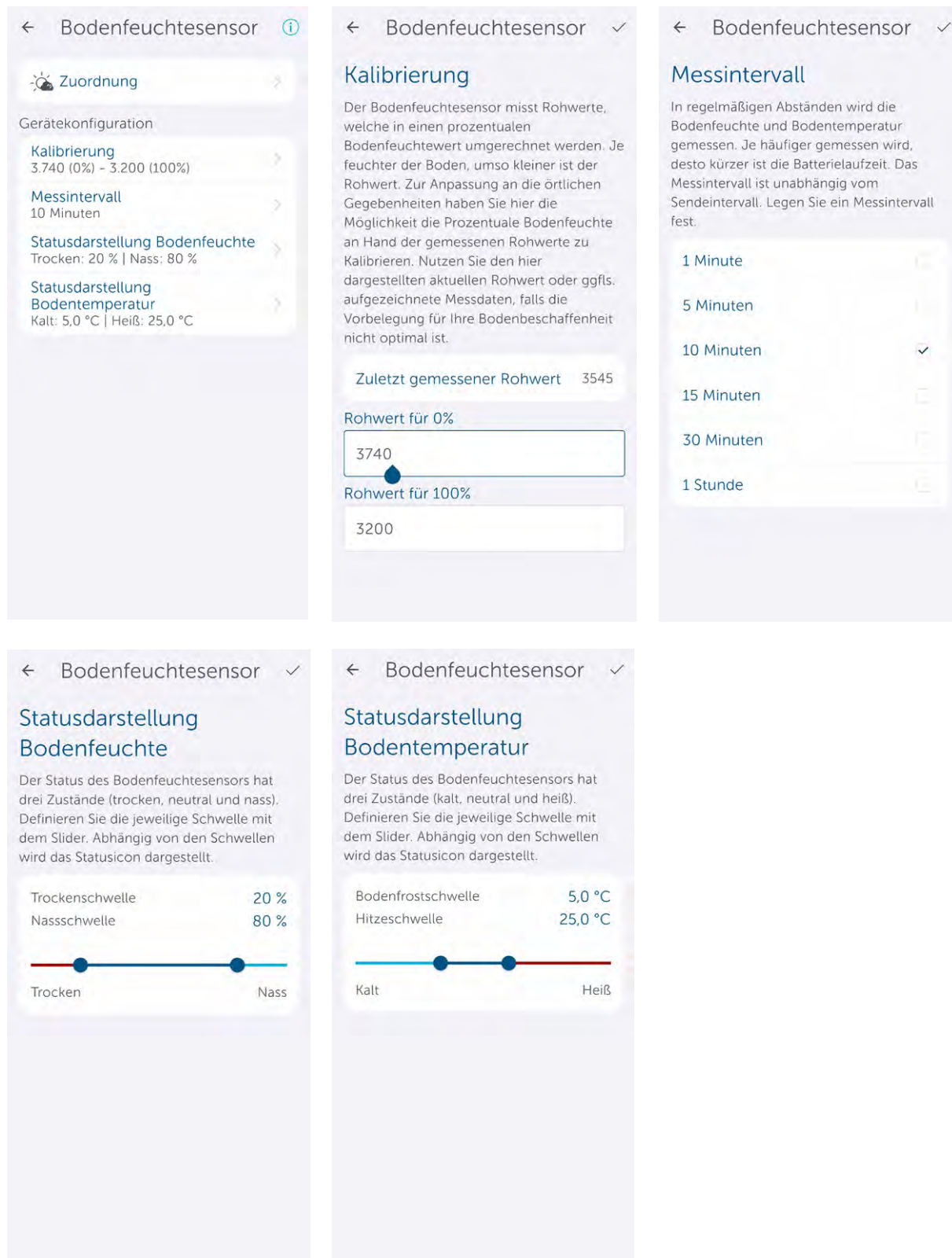
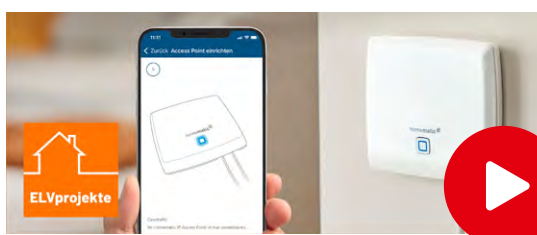


Bild 11: Konfiguration der Parameter zur Erfassung und Darstellung der Messwerte

Den Homematic IP Access Point ganz einfach einrichten

Bevor Sie Ihre Komponenten in Ihr Homematic IP System integrieren können, müssen Sie den Homematic IP Access Point und die App einrichten. Eine detaillierte Anleitung dazu finden Sie in unserem Video.



Bodenfeuchtesensor Interface an die CCU3 anlernen und konfigurieren

Loggen Sie sich auf der WebUI Ihrer CCU3 ein und klicken Sie oben rechts auf „Gerät anlernen“. Wählen Sie im Pop-up-Fenster „HmIP Gerät anlernen“, um den Anlernmodus für 60 Sekunden zu starten. Geben Sie im Folgedialog unter Posteingang die Beschriftung des Geräts und der Kanäle ein (Bild 12) und ordnen Sie diese einem Raum oder Gewerk zu (siehe [WebUI-Handbuch](#)).

Nach der Anmeldung an der CCU3 ist das Interface betriebsbereit. Wählen Sie auf der Startseite „Status und Bedienung“ → „Geräte“ und klicken Sie in der Liste auf das ELV-SH-SMSI, um die aktuellen Messwerte des Sensors zu sehen (Bild 13).

Im Reiter „Einstellungen“ → „Geräte“ lassen sich diverse Konfigurationsparameter der verschiedenen Gerätekanäle anpassen (Bild 14). Im Kanal 0 können Sie beispielsweise das Sendeintervall der Statusmeldungen und die Schwelle für Low-Bat konfigurieren. Stellen Sie im Kanal 1 Parameter zur Messwerterfassung ein. Da sich Bodentemperatur und Bodenfeuchte üblicherweise sehr langsam ändern, sollte ein langes Intervall gewählt werden, um die Batterien zu schonen. Sollte es bei der Messung der Bodenfeuchte zu unregelmäßig streuenden Werten des empfindlichen Sensors kommen, erhöhen Sie den Wert für die Filtergröße, um mehrfach schnell hintereinander zu messen und daraus einen gefilterten Mittelwert als Messergebnis zu erzeugen. Über

die Referenzwerte für 0 % und 100 % Bodenfeuchte optimieren Sie den Mess- bzw. Anzeigebereich der Bodenfeuchte. Die dafür nötigen Rohwerte können durch Auswertung der Statusmeldungen bei entsprechenden Bedingungen ermittelt werden. Weitere Details dazu finden Sie im Abschnitt Kalibrierung des Sensors.



Startseite Status und Bedienung Programme und Verknüpfungen Einstellungen											Geräte anlernen	Hilfe
Typenbezeichnung	Bild	Bezeichnung	Seriennummer	Interface/Kategorie	Übertragungsmodus	Name	Gewerk	Raum	Funktionstest	Aktion	Fertig	
ELV-SH-SMSI		ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor	0055631 ABA9882	HmIP-RF	Gesichert	ELV-SH-SMSI	Umwelt	Garten	Test OK --:--:--	Löschen Einstellen ☐ bedienbar ☒ sichtbar ☐ protokolliert	Fertig	
Ch. 1		ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor	0055631 ABA9882: 1		Gesichert	ELV-SH-SMSI:1	Umwelt	Garten	Test OK --:--:--		☐	
Ch. 2		ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor	0055631 ABA9882: 2	Sender	Gesichert	ELV-SH-SMSI:2	Umwelt	Garten	Test OK --:--:--		☐	
Ch. 3		ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor	0055631 ABA9882: 3	Sender	Gesichert	ELV-SH-SMSI:3	Umwelt	Garten	Test OK --:--:--		☐	
Ch. 4		ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor	0055631 ABA9882: 4	Sender	Gesichert	ELV-SH-SMSI:4	Umwelt	Garten	Test OK --:--:--		☐	
Ch. 5		ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor	0055631 ABA9882: 5	Sender	Gesichert	ELV-SH-SMSI:5	Umwelt	Garten	Test OK --:--:--		☐	

Bild 12: Namensvergabe und Zuordnung von Gewerk und Raum im Posteingang

ELV-SH-SMSI			
Energiesensor_Gas			
Energiesensor_Strom			

Kanal	Raum	Gewerk	Letzte Änderung	Control
Filter	Filter	Filter		
ELV-SH-SMSI:1	Garten	Umwelt	31.03.2025 14:35:14	Bodenfeuchte: 41 %
Statusmitteilung Bodenfeuchte / Bodentemperatur				Bodentemperatur: 22.5 °C
				Rohwert Bodenfeuchte: 3516

Bild 13: Anzeige der Messwerte in der Statusansicht

Name	Typenbezeichnung	Bild	Bezeichnung	Seriennummer	Interface	Firmware
ELV-SH-SMSI	ELV-SH-SMSI		ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor	0055631ABA9882	HmIP-RF	Version: 1.0.0

Kanalparameter Parameterliste schließen

Name	Kanal	Parameter
ELV-SH-SMSI:0	Ch.: 0	Zyklische Statusmeldung ☒  Anzahl der auszulassenden Statusmeldungen 0 (0 - 255) Anzahl der auszulassenden, unveränderten Statusmeldungen 250 (0 - 255) Low-Bat.-Schwelle 2.2 V (0.0 - 25.2) Reset per Gerätetaste sperren ☐  Routing aktiv ☒ 
ELV-SH-SMSI:1 Statusmitteilung Bodenfeuchte / Bodentemperatur	Ch.: 1	Filtergröße 1  Messintervall 10 min  Referenzwert 0 % Bodenfeuchte 3740 (1800 - 4200)  Referenzwert 100 % Bodenfeuchte 3200 (1800 - 4200) 
ELV-SH-SMSI:2 Entscheidungswert Bodentemperatur	Ch.: 2	Bei Unterschreitung des unteren Grenzwertes Entscheidungswert senden, wenn vorher der obere Grenzwert überschritten wurde. ☐  Entscheidungswert zyklisch senden ☐ Bei Überschreitung des oberen Grenzwertes Entscheidungswert senden, wenn vorher der untere Grenzwert unterschritten wurde. ☐  Entscheidungswert zyklisch senden ☐ Gesendeter Entscheidungswert, wenn unterer Grenzwert unterschritten 0 (0 - 255)  Gesendeter Entscheidungswert, wenn oberer Grenzwert überschritten 200 (0 - 255)  Unterer Grenzwert 4.0 (-20.0 - 55.0) Oberer Grenzwert 5.0 (-20.0 - 55.0)
ELV-SH-SMSI:3 Entscheidungswert Bodentemperatur	Ch.: 3	Bei Unterschreitung des unteren Grenzwertes Entscheidungswert senden, wenn vorher der obere Grenzwert überschritten wurde. ☐  Entscheidungswert zyklisch senden ☐ Bei Überschreitung des oberen Grenzwertes Entscheidungswert senden, wenn vorher der untere Grenzwert unterschritten wurde. ☐  Entscheidungswert zyklisch senden ☐ Gesendeter Entscheidungswert, wenn unterer Grenzwert unterschritten 0 (0 - 255)  Gesendeter Entscheidungswert, wenn oberer Grenzwert überschritten 200 (0 - 255)  Unterer Grenzwert 4.0 (-20.0 - 55.0) Oberer Grenzwert 5.0 (-20.0 - 55.0)
ELV-SH-SMSI:4 Entscheidungswert Bodenfeuchte	Ch.: 4	Bei Erreichen oder Unterschreitung des unteren Grenzwertes Entscheidungswert senden, wenn vorher der obere Grenzwert erreicht, oder überschritten wurde. ☐  Entscheidungswert zyklisch senden ☐ Bei Erreichen oder Überschreitung des oberen Grenzwertes Entscheidungswert senden, wenn vorher der untere Grenzwert erreicht, oder unterschritten wurde. ☐  Entscheidungswert zyklisch senden ☐ Gesendeter Entscheidungswert, wenn unterer Grenzwert erreicht, oder unterschritten wurde. 0 (0 - 255)  Gesendeter Entscheidungswert, wenn oberer Grenzwert erreicht, oder überschritten wurde. 200 (0 - 255)  Unterer Grenzwert 40 (0 - 100) Oberer Grenzwert 50 (0 - 100)
ELV-SH-SMSI:5 Entscheidungswert Bodenfeuchte	Ch.: 5	Bei Erreichen oder Unterschreitung des unteren Grenzwertes Entscheidungswert senden, wenn vorher der obere Grenzwert erreicht, oder überschritten wurde. ☐  Entscheidungswert zyklisch senden ☐ Bei Erreichen oder Überschreitung des oberen Grenzwertes Entscheidungswert senden, wenn vorher der untere Grenzwert erreicht, oder unterschritten wurde. ☐  Entscheidungswert zyklisch senden ☐ Gesendeter Entscheidungswert, wenn unterer Grenzwert erreicht, oder unterschritten wurde. 0 (0 - 255)  Gesendeter Entscheidungswert, wenn oberer Grenzwert erreicht, oder überschritten wurde. 200 (0 - 255)  Unterer Grenzwert 40 (0 - 100) Oberer Grenzwert 50 (0 - 100)

Bild 14: Konfigurationsparameter des Bodenfeuchte Interface

ELV-SH-SMSI:2 Entscheidungswert Bodentemperatur	Ch.: 2	Bei Unterschreitung des unteren Grenzwertes Entscheidungswert senden, wenn vorher der obere Grenzwert überschritten wurde.	☒ ?
		Entscheidungswert zyklisch senden	☐
		Bei Überschreitung des oberen Grenzwertes Entscheidungswert senden, wenn vorher der untere Grenzwert unterschritten wurde.	☒ ?
		Entscheidungswert zyklisch senden	☐
		Gesendeter Entscheidungswert, wenn unterer Grenzwert unterschritten	0 (0 - 255) ?
		Gesendeter Entscheidungswert, wenn oberer Grenzwert überschritten	200 (0 - 255) ?
		Unterer Grenzwert	4.0 (-20.0 - 55.0)
		Oberer Grenzwert	5.0 (-20.0 - 55.0)

Bild 15: Senden von Telegrammen bei Unter- oder Überschreitung von Grenzwerten aktivieren

Das Interface besitzt 4 Kanäle, die sich für bedingte Schaltbefehle zu verknüpften Aktoren nutzen lassen. Bei Kanal 2 und 3 können zwei verschiedene Schwellwertpaare für die Bodentemperatur definiert werden. Sollen Aktoren bei Über- oder Unter-

schreitung dieser Schwellen schalten, setzen Sie ein Häkchen, um die zugehörigen Telegramme zu senden (Bild 15). Bei Kanal 4 und 5 kann das Senden entsprechender Telegramme für zwei Bodenfeuchte-Schwellwertpaare konfiguriert werden.

Sensor kalibrieren

Abhängig vom vorhandenen Bodentyp fällt der mögliche Rohwertbereich des Sensors sehr unterschiedlich aus. Insbesondere ein hoher Tonanteil hat großen Einfluss auf den Wertebereich. Das bedeutet, dass die Rohwerte für trockene und nasse Böden mit verschiedener Zusammensetzung sehr verschieden sein können. Zudem kann der Boden für eine bestimmte Pflanze bereits deutlich zu feucht sein, während er für eine andere Pflanze noch eher trocken ist. Um den Anzeigebereich der Bodenfeuchte von 0 % bis 100 % optimal zu nutzen, wird der Sensor auf den jeweiligen Boden oder die Anforderungen der überwachten Pflanzen kalibriert. Dies kann auf unterschiedliche Weise erfolgen.

Methode 1:

Bodenprobe – schnell, aber nicht immer exakt

Die vermeintlich schnelle Methode: Entnehmen Sie eine größere Bodenprobe, geben Sie diese zusammen mit dem Sensor in einen Topf und lassen Sie sie trocknen. Nach erfolgter Messung und Aussendung der Messwerte sehen Sie sich den zugehörigen Rohwert an und tragen diesen als Referenzwert für 0 % ein. Anschließend füllen Sie den Topf bis zur Sättigung mit Wasser und werten erneut den zugehörigen Rohwert aus. Hier gilt es zu überlegen, ob die maximale Speicherfähigkeit des Bodens als Referenz herangezogen werden soll – indem Sie überschüssiges Wasser abtropfen lassen – oder ob Sie einen übersättigten Boden mit Staunässe als 100 % definieren möchten.

Vor Übernahme der Rohwerte sollten Sie immer genügend Zeit für mindestens eine zyklische Messung und die verzögerte Statusmeldung einplanen. Zur Beschleunigung des Vorgangs können Sie in der Konfiguration auch das Messintervall vorübergehend verkürzen. Warten Sie jedoch

mindestens 10 Minuten, bis Sie einen geänderten Bodenfeuchtezustand durch einen veränderten Rohwert ablesen. So lassen sich die physikalisch theoretisch möglichen Bereichswerte für trocken und feucht relativ schnell und gut für einen Bodentyp erfassen.

In der Praxis kann es anschließend dennoch zu anderen Messwerten kommen, da die relevanten elektromagnetischen Verhältnisse in einem Topf sich von den Verhältnissen in einem Gartenboden unterscheiden können.

Methode 2: beobachten und anpassen

Genauer, wenn auch langwieriger: Positionieren Sie den Sensor fest an der gewünschten Stelle in der Erde und beobachten Sie die Rohwerte über einen längeren Zeitraum mit trockenen und feuchten Perioden. Passen Sie anschließend die Referenzwerte entsprechend an. Achten Sie bei der Montage des Sensors im Boden darauf, dass der Sensor ohne Spiel fest in der Erde sitzt und Wasser nicht auf der Sensorfläche stehen bleibt, sondern leicht abfließen kann. Beseitigen Sie zudem Steine, Hohlräume oder andere Bodenanomalien nahe der Sensorfläche.



Automatische Bewässerung mit der Homematic IP App bei Einsatz von HCU1 oder Access Point einrichten

Um in der App eine Automatisierung für eine Bewässerung in Abhängigkeit der Bodenfeuchte einzurichten: Klicken Sie unten auf die drei Punkte (Mehr) und wählen Sie im Bereich „Sonstiges“ den Punkt „Automatisierung“ aus. Klicken Sie auf das große Plus am unteren Bildschirmrand, um eine neue Automatisierung anzulegen. Geben Sie einen passenden Namen ein. **Bild 16** zeigt markante Schritte für die Einrichtung dieser Automatisierung. Definieren Sie als Auslöser die Uhrzeit und aktivieren Sie alle Wochentage. Wählen Sie als Zusatzbedingung den Bodenfeuchtesensor aus und stellen Sie ein „kleiner als“ für den

gewünschten Feuchtwert ein. Klicken Sie auf das große Plus am unteren Bildschirmrand, um eine weitere Zusatzbedingung zu ergänzen. Hier wird als Bedingung eine Bodentemperatur von größer als 6 °C konfiguriert, damit nur während der Wachstumsphase eine Bewässerung erfolgt. Legen Sie im letzten Schritt als Aktion das Einschalten eines Bewässerungsaktors für die gewünschte Zeit fest.

Wichtig: Wenn Sie hier die Auswahl einer begrenzten Zeitdauer vergessen, käme es zu einer endlosen Bewässerung.

Die Automatisierung ist damit eingerichtet und Sie können die Vorzüge eines automatisierten Gartens genießen. Soll die Automation einmal vorübergehend deaktiviert werden: Wechseln Sie auf der Übersichtsseite der Automatisierung den Modus über den „Aktiv An/Aus“-Schalter.

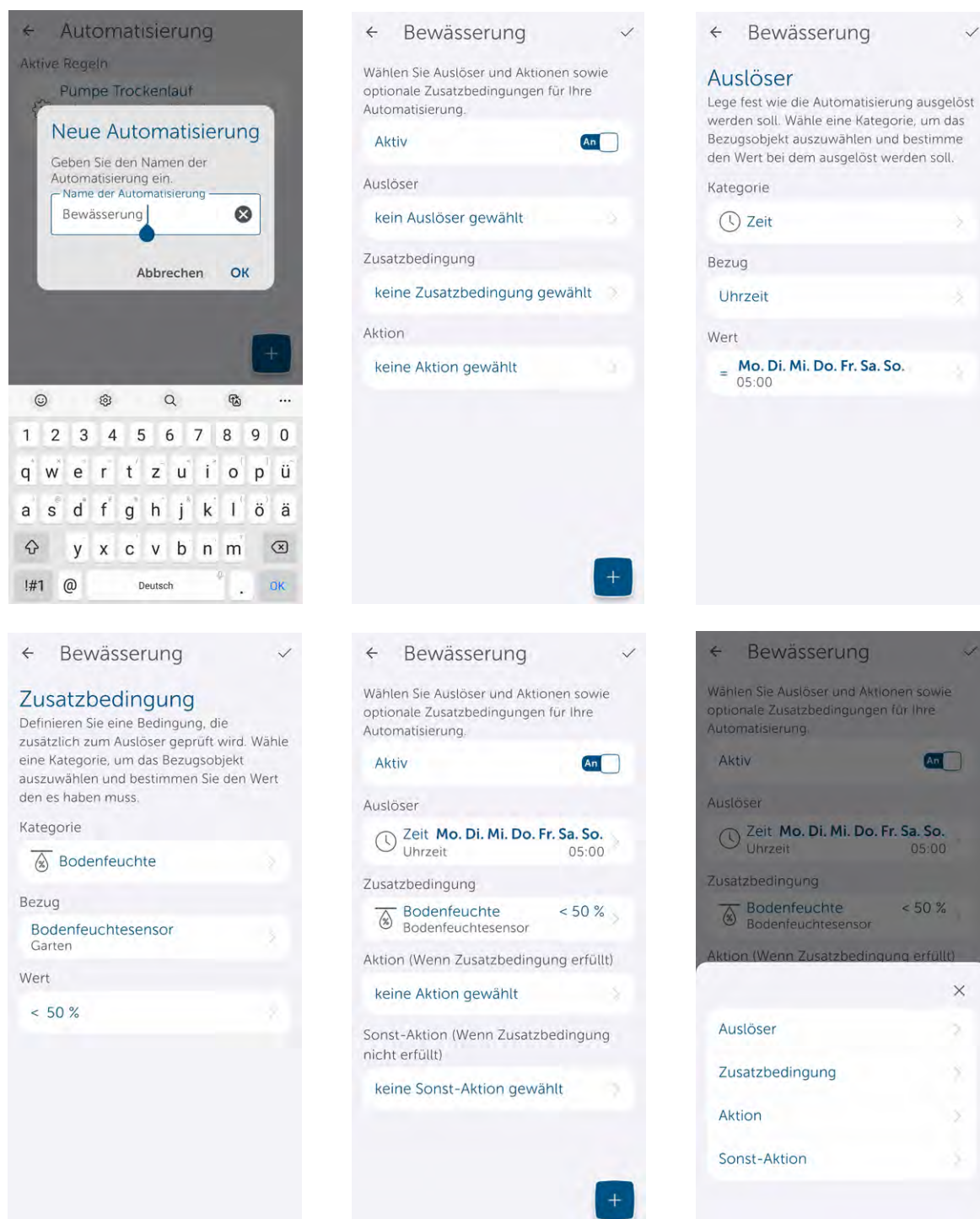


Bild 16: Automatische Bewässerung mit der Homematic IP App einrichten

← Bewässerung ✓

Zusatzbedingung

Definieren Sie eine Bedingung, die zusätzlich zum Auslöser geprüft wird. Wähle eine Kategorie, um das Bezugsobjekt auszuwählen und bestimmen Sie den Wert den es haben muss.

Kategorie

Bodentemperatur >

Bezug

Bodenfeuchtesensor >

Garten

Wert

> 6 °C >

← Bewässerung ✓

Wählen Sie Auslöser und Aktionen sowie optionale Zusatzbedingungen für Ihre Automatisierung.

Aktiv ☒ An

Auslöser

Zeit **Mo. Di. Mi. Do. Fr. Sa. So.** >

Uhrzeit 05:00 >

Zusatzbedingung

Bodenfeuchte < 50 % >

Bodenfeuchtesensor

Bodentemperatur > 6 °C >

Bodenfeuchtesensor

Aktion (Wenn Zusatzbedingung erfüllt)

keine Aktion gewählt >

Sonst-Aktion (Wenn Zusatzbedingung nicht erfüllt)

keine Sonst-Aktion gewählt >

+

← Bewässerung ✓

Aktion

Definieren Sie eine Aktion, die geschehen soll sobald die Automatisierung ausgelöst wird. Wähle eine Kategorie, um das Bezugsobjekt auszuwählen und bestimmen Sie den Wert den es haben soll.

Kategorie

Schalten >

Bezug

Pumpe >

Garage

Wert

Bitte wählen >

← Bewässerung ✓

Wert

Wählen Sie den Wert, der beim Auslösen der Automatisierung angenommen werden soll.

Wert

An ✓

Aus

Weitere Einstellungen

Einschaltdauer 1 Std. >

Ausführungsverzögerung 0 s >

← Bewässerung ✓

Wählen Sie Auslöser und Aktionen sowie optionale Zusatzbedingungen für Ihre Automatisierung.

Aktiv ☒ An

Auslöser

Zeit **Mo. Di. Mi. Do. Fr. Sa. So.** >

Uhrzeit 05:00 >

Zusatzbedingung

Bodenfeuchte < 50 % >

Bodenfeuchtesensor

Bodentemperatur > 6 °C >

Bodenfeuchtesensor

Aktion (Wenn Zusatzbedingung erfüllt)

Schalten An >

Pumpe

Sonst-Aktion (Wenn Zusatzbedingung nicht erfüllt)

keine Sonst-Aktion gewählt >

+

Fortsetzung Bild 16: Automatische Bewässerung mit der Homematic IP App einrichten



Automatische Bewässerung mit der CCU3 und Direktverknüpfungen

In diesem Beispiel wird eine automatische Bewässerung über Direktverknüpfungen zu einem [Gartenventil Interface ELV-SH-GVI](#) mit einem integrierten [HmIP-MOD-OC8](#) realisiert. Die Bewässerung soll dabei morgens um 5 Uhr beginnen und eine Stunde dauern, wenn der Boden für Wachstum warm genug, aber zu trocken ist. Für die UND-Verknüpfung dieser drei Bedingungen ist es erforderlich, die beiden in der Ansicht unteren (mit den höheren Kanalnummern) virtuellen Aktorkanäle des für die Bewässerung genutzten Aktors per AND zu verknüpfen ([Bild 17](#)). Sind diese Kanäle noch nicht sichtbar, deaktivieren Sie in den Einstellungen bei der Benutzerverwaltung den Modus der vereinfachten Verknüpfungskonfiguration ([Bild 18](#)). Weitere Informationen zu den daraus resultierenden umfangreichen Möglichkeiten finden Sie in den Berichten zur [Verknüpfungslogik der virtuellen Aktorkanäle](#) und in der [Funktionsbeschreibung der Aktorprofile](#). Zu den drei virtuellen Aktorkanälen werden nun Verknüpfungen zu den bedingten Schaltbefehl-Kanälen des Bodenfeuchtesensor Interface und zum Aktor-internen

Wochenzeitschaltprogramm angelegt. Im Beispiel wird Kanal 4 (Bodenfeuchte) mit Kanal 10 des Schaltmoduls verknüpft und ausgewählt, sodass dieser bei Unterschreitung des Bodenfeuchte-Schwellwerts einschaltet ([Bild 19](#)). Kanal 2 des Sensors (Bodentemperatur) wird mit Kanal 11 des Aktors verknüpft und so eingestellt, dass der Aktorkanal bei Überschreitung der Bodentemperatur-Schwelle eingeschaltet wird ([Bild 20](#)). Für Kanal 12 des Aktors wird das Wochenprogramm in den Geräteeinstellungen des Aktors für jeden Wochentag um 5 Uhr mit einer Einschaltdauer von einer Stunde aktiviert ([Bild 21](#)).

Wenn nun alle drei virtuellen Aktorkanäle durch die jeweiligen Sensorkanäle und das Wochenprogramm gemeinsam eingeschaltet sind, erfolgt auch das Einschalten des Realkanals des Aktors und damit das Bewässern des Gartens.

HmIP-MOD-OC8 000D1709A59088:8 Taster	Ch.: 8	Doppelklick-Zeit (Tastensperre) 0.0 s (0.0 - 25.5) Minstdauer für langen Tastendruck 0.4 s (0.0 - 25.5) Timeout für langen Tastendruck 2 Minuten
HmIP-MOD-OC8 000D1709A59088:9 Statusmitteilung OC-Ausgang	Ch.: 9	Eventverzögerung 1 Sekunde Zufallsanteil 1 Sekunde Geräte-LED deaktivieren ☐
GartenVentile:10 Schaltaktor	Ch.: 10	Verknüpfungsregel OR (ein, wenn mindestens ein Wert ein) Hilfe Aktion bei Spannungszufuhr Schaltzustand: Aus
Gartenventile:11 Schaltaktor	Ch.: 11	Verknüpfungsregel AND (ein, wenn beide Werte ein) Hilfe Aktion bei Spannungszufuhr Schaltzustand: Aus
Gartenventile:12 Schaltaktor	Ch.: 12	Verknüpfungsregel AND (ein, wenn beide Werte ein) Hilfe Aktion bei Spannungszufuhr Schaltzustand: Aus
HmIP-MOD-OC8 000D1709A59088:13 Statusmitteilung OC-Ausgang	Ch.: 13	Eventverzögerung 1 Sekunde Zufallsanteil 1 Sekunde Geräte-LED deaktivieren ☐

Bild 17: AND-Verknüpfung der virtuellen Aktorkanäle bei einem HmIP-MOD-OC8

me	Kennwort	Button für Anmeldung	Berechtigung	E-Mail	Telefonnummer	Automatisches Anmelden
Benutzerkonto - Konfiguration						
Benutzername: Admin			Sprache: Auto			
Passwort:			Benutzername-Button in der Anmeldung: ☒			
Passwort - Wiederholung:			Berechtigungsstufe: Administrator			
Achtung! Notieren Sie sich Ihr Passwort und bewahren es an einem sicheren Ort auf. Aus Sicherheitsgründen besteht keine (!) Möglichkeit, das Passwort zurückzusetzen oder zu umgehen.			Modus vereinfachte Verknüpfungskonfiguration aktivieren: ☐			
			Automatische Bestätigung der Servicemeldung 'Gerätekommunikation war gestört': ☐			
			Telefonnummer: E-Mail-Adresse:			
				Einstellungen übernehmen		
Startseite - Systeminformation						
Systemvariable hinzufügen						
Name	Beschreibung	Variablentyp	Werte	Maßeinheit	Aktion	

Bild 18: Vereinfachte Verknüpfungskonfiguration deaktivieren – oft auch als Aktivieren der „Expertenansicht“ bezeichnet

Sender			Verknüpfung			Empfänger		
Name	Seriennummer	Kanalparameter	Name	Beschreibung	Aktion	Name	Seriennummer	Kanalparameter
ELV-SH-SMSI:4	0055631ABA9882:4	Bearbeiten	ELV-SH-SMSI:4 mit GartenVentile:10	Standardverknüpfung Sender Entscheid	Löschen	GartenVentile:10	000D1709A59088:10	Bearbeiten

Profileinstellung - Sender

Profileinstellung - Empfänger
Schalter ein / aus
Bei Empfang des gewählten Entscheidungswertes wird der Schalter ein- bzw. ausgeschaltet.
Der Entscheidungswert und der obere/untere Grenzwert sind Kanalparameter des Senders und müssen korrekt konfiguriert sein, damit das Profil funktioniert. Die Einstellung kann von hier aus aufgerufen werden, indem die Taste 'Sender-Kanaleinstellung bearbeiten' betätigt wird.
Sender-Kanaleinstellungen [Bearbeiten](#)
Entscheidungswert **Oberer Grenzwert überschritten - aus / Unterer Grenzwert unterschritten - ein**
Einschaltverzögerung **Nicht aktiv**
Einschaltdauer **dauerhaft**
Ausschaltverzögerung **Nicht aktiv**
Ausschaltdauer **dauerhaft**

[Als neue Profilvorlage speichern.](#)
[Als neue Profilvorlage speichern.](#)

Bild 19: Kanal 10 des Aktors wird bei trockenem Boden aktiviert.

Sender			Verknüpfung			Empfänger		
Name	Seriennummer	Kanalparameter	Name	Beschreibung	Aktion	Name	Seriennummer	Kanalparameter
ELV-SH-SMSI:2	0055631ABA9882:2	Bearbeiten	ELV-SH-SMSI:2 mit Gartenventile:11	Standardverknüpfung Sender Entscheid	Löschen	Gartenventile:11	000D1709A59088:11	Bearbeiten

Profileinstellung - Sender

Profileinstellung - Empfänger
Schalter ein / aus
Bei Empfang des gewählten Entscheidungswertes wird der Schalter ein- bzw. ausgeschaltet.
Der Entscheidungswert und der obere/untere Grenzwert sind Kanalparameter des Senders und müssen korrekt konfiguriert sein, damit das Profil funktioniert. Die Einstellung kann von hier aus aufgerufen werden, indem die Taste 'Sender-Kanaleinstellung bearbeiten' betätigt wird.
Sender-Kanaleinstellungen [Bearbeiten](#)
Entscheidungswert **Oberer Grenzwert überschritten - ein / Unterer Grenzwert unterschritten - aus**
Einschaltverzögerung **Nicht aktiv**
Einschaltdauer **dauerhaft**
Ausschaltverzögerung **Nicht aktiv**
Ausschaltdauer **dauerhaft**

[Als neue Profilvorlage speichern.](#)
[Als neue Profilvorlage speichern.](#)

Bild 20: Kanal 11 des Aktors wird bei warmem Boden aktiviert.

HmIP-MOD-OC8
000D1709A59088:41
Wochenprogramm

Ch.:
41

Schaltzeitpunkt
Nr.: 01
Bedingung 1: Feste Uhrzeit
Uhrzeit 05:00
Schaltzustand Ein
Einschaltdauer Wert eingeben
1 x 1 Stunde
Wochentag Mo ☒ Di ☒ Mi ☒ Do ☒ Fr ☒ Sa ☒ So ☒
Zielkanäle 10 11 12 14 15 16 18 19 20 22 23 24 26 27 28 30 31 32 34 35 36 38 39 40
☐ ☐ ☒ ☐
Zielkanäle wählen 1. Virt Alle Keine

[Abbrechen](#)
[Übernehmen](#)
[OK](#)

Bild 21: Wochenprogramm für das tägliche Bewässern über Kanal 12 des Aktors

Automatisierte Bewässerung über ein Programm auf einer CCU3

Eine Alternative zu der Lösung über Direktverknüpfungen kann ein CCU-Programm darstellen. Hier lassen sich durch mehrere „Sonst, wenn...“ Blöcke sogar Abfragen auf verschiedene Schwellen einbauen und in Abhängigkeit von der gemessenen Bodenfeuchte unterschiedlich lange Bewässerungsdauern realisieren (Bild 22).

Im Beispiel erfolgt zuerst eine Abfrage auf eine Unterschreitung der Bodenfeuchte auf den niedrigeren Wert von 20 %, bei der dann eine Bewässerung von 60 Minuten erfolgt. Liegt die Bodenfeuchte zwischen 20 % und 40 %, erfolgt eine Bewässerung für 30 Minuten. Zusätzlich werden in den Bedingungsblöcken auch Temperaturschwellen abgefragt, um eine starke Bewässerung bei niedrigen Temperaturen und geringem Wachstum zu vermeiden. In gleicher Weise lassen sich

noch feinere Abstufungen der Abfragen und der resultierenden Bewässerungsdauer einbauen. Wichtig bei diesem Programm: Die Auslösung des Programms erfolgt allein durch das Zeitmodul um 5 Uhr und alle anderen Abfragen sind nur als zu prüfende Zusatzbedingungen eingebaut. Anderenfalls könnten Bewässerungen mehrfach pro Tag und zu strategisch ungünstigen Zeiten stattfinden. Außerdem müssen die abgefragten Bodenfeuchteschwellen bei tieferstehenden Bedingungsblöcken immer in aufsteigender Reihenfolge stehen, weil sonst eine Abfragebedingung mit höherer Schwelle bereits erfüllt wäre, ohne dass zuvor oder anschließend noch eine niedrigere Schwelle geprüft würde.

Name	Beschreibung	Bedingung (Wenn...)	Aktivität (Dann..., Sonst...)	Aktion
Bewässerungsautomatik		Zeit: Täglich um 05:00 Uhr beginnend am 25.03.2025 zu Zeitpunkten auslösen	Kanalauswahl: GartenVentile:10 sofort Kanalktion auf S=true,OT=3600	☐ systemintern
Bedingung: Wenn... Zeitsteuerung ▼ Täglich um 05:00 Uhr beginnend am 25.03.2025 zu Zeitpunkten auslösen ▼ UND Geräteauswahl ▼ ELV-SH-SMSI:1 bei Bodenfeuchte ▼ im Wertebereich kleiner als 20 % nur prüfen ▼ UND Geräteauswahl ▼ ELV-SH-SMSI:1 bei Bodentemperatur ▼ im Wertebereich größer als 5.00°C nur prüfen ▼ ODER ▼				
Aktivität: Dann... ☒ Vor dem Ausführen alle laufenden Verzögerungen für diese Aktivitäten beenden (z.B. Retriggern). Geräteauswahl ▼ GartenVentile:10 sofort ▼ Kanalktion ▼ S=true,OT=3600				
Bedingung: Sonst, wenn... Geräteauswahl ▼ ELV-SH-SMSI:1 bei Bodenfeuchte ▼ im Wertebereich kleiner als 40 % nur prüfen ▼ UND Geräteauswahl ▼ ELV-SH-SMSI:1 bei Bodentemperatur ▼ im Wertebereich größer als 8.00°C nur prüfen ▼ ODER ▼				
Aktivität: Dann... ☒ Vor dem Ausführen alle laufenden Verzögerungen für diese Aktivitäten beenden (z.B. Retriggern). Geräteauswahl ▼ GartenVentile:10 sofort ▼ Kanalktion ▼ S=true,OT=1800				
Aktivität: Sonst... ☐ Vor dem Ausführen alle laufenden Verzögerungen für diese Aktivitäten beenden (z.B. Retriggern).				

Bild 22: Programm zur automatischen Bewässerung mit zwei von der Bodenfeuchte abhängenden Bewässerungsdauern

Schaltungsbeschreibung

Der Mikrocontroller und das Funkmodul der Schaltung (Bild 23) werden aus zwei AA-Batterien über einen als reversible Sicherung dienenden PTC-Widerstand RT1 versorgt. Der Controller kommuniziert mit dem Funkmodul über eine SPI-Schnittstelle und erhält so beispielsweise Konfigurationsänderungen, die vom Controller intern dauerhaft gespeichert werden. Umgekehrt sendet der Controller über diese Schnittstelle Statusinformationen, Messergebnisse und Schaltbefehle per Funk zu den verknüpften Komponenten des Homematic IP Systems. Über die Systemtaste S1 lässt sich ein Werksreset durchführen: alle Konfigurationsparameter werden

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	ELV-SH-SMSI
Versorgungsspannung:	2x 1,5 V LR6/Mignon/AA
Stromaufnahme:	150 mA max./50 µA typ.
Batterielebensdauer (typ.):	3 Jahre
Empfängerkategorie:	SRD Category 2
Funk-Frequenzband:	868,0-868,6 MHz, 869,4-869,65 MHz
Duty-Cycle:	< 1 % pro h / < 10 % pro h
Funk-Sendeleistung:	10 dBm max.
Typ. Funk-Freifeldreichweite:	270 m
Externer Sensor:	SoMo1
Umgebungstemperatur:	-20 bis +55 °C
Abmessungen (B x H x T):	74 x 72 x 23 mm
Gewicht (inkl. Batterien):	80 g

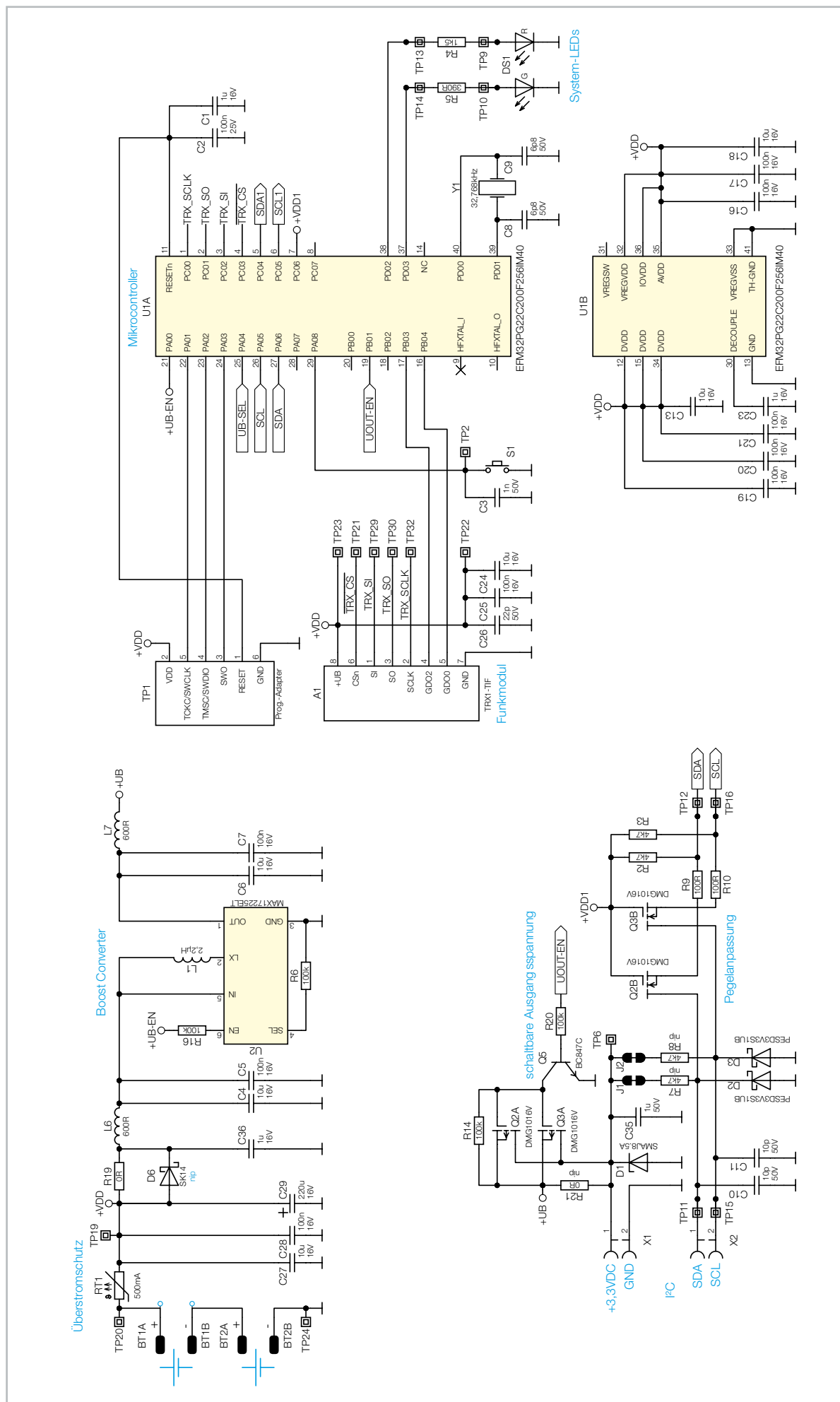


Bild 23: Schaltbild des ELV-SH-SMSI

wieder auf ihren ursprünglichen Wert zurückgesetzt. Über den Taster lässt sich aber auch der Anlernmodus des Geräts neu starten, wenn das Gerät noch nicht im System ist. Die System-LEDs DS1 geben dabei immer optisch Rückmeldung über den aktuellen Status. Ansonsten verrichtet der Controller ganz unscheinbar seinen Dienst, indem er zyklisch Messungen der Bodenfeuchte und der Bodentemperatur mit einem an den Schraubklemmen angeschlossenen Sensor SoMo1 durchführt. Ein interner Timer lässt den Controller dazu im defaultmäßig eingestellten Messintervall über +UB-EN den Spannungswandler U2 aktivieren, der aus der Batteriespannung eine stabile Gleichspannung von 3,3V (+UB) erzeugt. Über UOUT-EN und die Transistorstufen aus Q5, Q2A und Q3A wird diese Spannung dann zu dem über die Schraubklemmen angeschlossenen Bodenfeuchtesensor zu dessen Versorgung durchgeschaltet.

Über +VDD1 aktiviert der Controller zudem für die I²C-Leitungen die Pegelwandlerstufe aus Q2B und Q3B mit den zugehörigen Widerständen. Sobald die Messergebnisse der auf der Sensorplatine verbauten Sensoren ausgelesen wurden, schaltet der



Controller zur Stromverbrauchsminimierung die ganzen zuvor eingeschalteten Aktivierungspins wieder aus. Nun erfolgt intern noch eine Prüfung, ob sich Messwerte geändert haben und diese mit einer Statusmeldung per Funk mitgeteilt werden müssen oder ob eine konfigurierte Schwelle für die Aussendung eines bedingten Schaltbefehls an einen verknüpften Aktor erforderlich ist. Die Platine enthält zusätzlich noch einige alternative Bestückungsvarianten, die zur besseren Übersicht aber größtenteils nicht im Schaltbild dargestellt sind. Ansonsten sind unbestückte Bauteile im Schaltbild mit nip (not in place) gekennzeichnet (R7, R8, R21, D6).

Fazit

Die Kombination aus [Bodenfeuchtesensor Interface ELV-SH-SMSI](#) und [Bodenfeuchtesensor SoMo1](#) macht die Bewässerung von Rasen und Pflanzen über Homematic IP einfach und bequem. Die Messung von Bodenfeuchte und -temperatur ermöglicht präzise und individuelle Automatisierungen. Die Sensoren lassen sich wetterfest in einer [Aufputzdose Abox 040](#) verpacken. So ausgerüstet gehören vertrocknende Pflanzen oder stundenlanges Gießen der Vergangenheit an, und Sie können Ihren Garten rundum genießen.

ELV



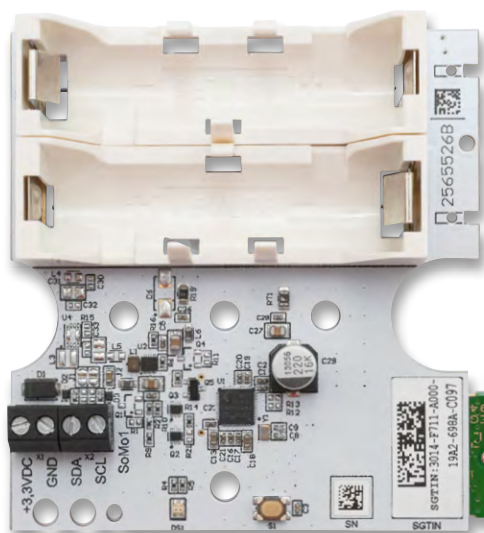
Stückliste	Widerstände:		Halbleiter:	
	0 Ω/SMD/0805	R19	EFM32PG22C200F256IM40-C	U1
	100 Ω/SMD/0402	R9, R10	MAX17225ELT/SMD	U2
	390 Ω/SMD/0402	R5	DMG1016V-7/SMD	Q2, Q3
	1,5 kΩ/SMD/0402	R4	BC847C/SMD	Q5
	4,7 kΩ/SMD/0402	R2, R3	SMAJ8.5A/SMD	D1
	100 kΩ/SMD/0402	R6, R14, R16, R20	PESD3V3S1UB/SMD	D2, D3
	PTC/0,5 A/6 V/SMD	RT1	Duo-LED/rot/grün/SMD	DS1
	Kondensatoren:		Sonstiges:	
	6,8 pF/50 V/SMD/0402	C8, C9	Speicherdrossel, SMD, 2,2 µH/1,5 A	L1
	10 pF/50 V/SMD/0402	C10, C11	Chip-Ferrite, 600 Ω bei 100 MHz, 0603	L6, L7
	22 pF/50 V/SMD/0402	C26	Quarz, 32,768 kHz, SMD	Y1
	1 nF/50 V/SMD/0402	C3	Taster mit 0,9-mm-Tastknopf, 1x ein, SMD, 2,5 mm Höhe	S1
	100 nF/16 V/SMD/0402	C5, C7, C16, C17, C19-C21, C25, C28	Schraubklemmen, 2-polig, Drahteinführung 90°, RM = 3,5 mm, THT, black	X1, X2
	100 nF/25 V/SMD/0402	C2	Batteriehalter mit THT-Batteriekontakten für 1x LR6	BT1, BT2
	1 µF/16 V/SMD/0402	C1, C23, C36	Sender-/Empfangsmodul TRX1-TIF	A1
	1 µF/50 V/SMD/0603	C35	Antennenhalter für Platinen	
	10 µF/16 V/SMD/0603	C13, C18, C24	Kabelbinder, 90 mm	
	10 µF/16 V/SMD/0805	C4, C6, C27	Zylinder-Ferrit-Ringkern, 17,5 (9,5) x 28,5 mm	
	220 µF/16 V/SMD	C29	Kunststoffschrauben, 4,0 x 8 mm	
			QR-Code-Aufkleber für HMIP Geräte, weiß	

ELV Smart Home Bodenfeuchtesensor Interface ELV-SH-SMSI

ELV

powered by
homematic IPAnwendungsbeispiel –
Lieferung ohne Abox
und SoMo1

ELV-SH-SMSI in Kombination mit einer Abox und dem SoMo1



NEU

EXKLUSIV

BAUSATZ

29,95 €*

Artikel-Nr. 161792

Zum Produkt

- Misst Bodenfeuchte und Bodentemperatur: Nutzen Sie die Messwerte für clevere Automatisierungen in Verbindung mit dem ELV-SH-WSM oder ELV-SH-GVI
- Sensorinterface für eine automatisierte Gartenbewässerung mit Homematic IP
- Rasen oder Pflanzen bedarfsgerecht bewässern: Passen Sie die Schwellenwerte einfach an Ihre Pflanzen und Bodenart an und nutzen Sie diese zum Schalten Ihrer Aktoren (z. B. mit dem ELV-SH-WSM)
- Zum Einbau in eine wetterfeste Aufputzdose Abox 040
- Vollkompatibel mit Homematic IP CCU3, Home Control Unit HCU, Access Point und App
- Batterielebensdauer (typ.): 3 Jahre

+ Gleich mitbestellen:

Bodenfeuchtesensor SoMo1

- Mit I²C-Schnittstelle zur Ansteuerung und Auswertung der Bodenfeuchte- und Temperaturmessungen
- Keine Korrosion wie bei ohmschen Messverfahren
- Elektronik ist durch vergossenes Gehäuse vor Feuchtigkeit geschützt
- Mit ELV-SH-SMSI als Homematic IP Sensor verwendbar
- Fertig aufgebaut – der Sensor muss nur noch angeschlossen werden



ELV

34,95 €*

Artikel-Nr. 157930

Zum Produkt

1 Verbindungsdose Abox-i 040-L

- Schutzart: IP65
- Selbstdichtende Einführungsmembranen
- Für Außeneinsatz geeignet, witterungsbeständig
- Abm. (B x H x T): 93 x 55 x 93 mm



12,95 €*

Artikel-Nr. 254372

Zum Produkt

2 Abzweigkasten Abox 040-L

- Schutzart: IP66
- Selbstdichtende Einführungsmembranen
- Für geschützten Außeneinsatz geeignet
- Abm. (B x H x T): 102 x 57 x 102 mm



6,95 €*

Artikel-Nr. 254245

Zum Produkt

* Die angegebenen Preise sind unverbindlich, entsprechen dem Stand bei Redaktionsschluss und können sich aufgrund von Verfügbarkeit, Marktentwicklung oder tagesaktueller Kalkulation ändern.



Transistoren als Schalter

Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

Teil 10

In diesem Teil unserer Serie zum PAD-PRO-EXSB beschäftigen wir uns mit Transistoren und der spannenden Frage, wie sich diese als Schalter einsetzen lassen. Dabei geht es insbesondere um die Auswahl der passenden Schaltungstechnik und die richtige Dimensionierung der Bauteile.

Transistoren im Einsatz: Verstärker, Schalter, Basis der Halbleitertechnologien

Transistoren waren Ausgangspunkt für die Entwicklung von Halbleitertechnologien und bilden die Grundlage für moderne Halbleiterbausteine wie z. B. Mikroprozessoren. Transistoren sind einfach zu handhaben und können als Verstärker oder als Schalter verwendet werden.

Wir zeigen in diesem Artikel, wie Sie Transistoren als Schalter nutzen können und was dabei zu beachten ist. Als Plattform zum Aufbau der Schaltungen dient das Bauteileset [PAD-PRO-EXSB](#) und ein Experimentierboard wie das [EXSB1](#), das [EXSB-Mini](#) ([Bausatz](#) oder [Fertiggerät](#)) oder ein gewöhnliches Steckboard.

Die Schaltungen können natürlich auch mit handelsüblichen Bauteilen auf Steckboards oder Loch-

rasterplatten nachgebaut werden. Da es sich um eine Experimentierschaltung und nicht um eine praxisorientierte Schaltung handelt, sollten vorzugsweise Steckboards verwendet werden.

Transistoren – Grundlagen

Zunächst wollen wir uns mit den Grundlagen der Transistoren beschäftigen. Wir unterscheiden zwei wichtige Technologien:

1. Bipolare Transistoren (BJT, Bipolar Junction Transistor), die in NPN- und PNP-Typen unterteilt sind
2. Unipolare MOSFET-Transistoren, die in N-Kanal- und P-Kanal-Typen gegliedert werden

Um die Funktionsweise von Transistoren auf einfache Weise zu erklären, verzichten wir auf detaillierte physikalische Eigenschaften, stattdessen erklären wir, wie ein Transistor elektrisch funktioniert. Wenn man sich Erklärungen in Lehrbüchern anschaut, wird zwischen

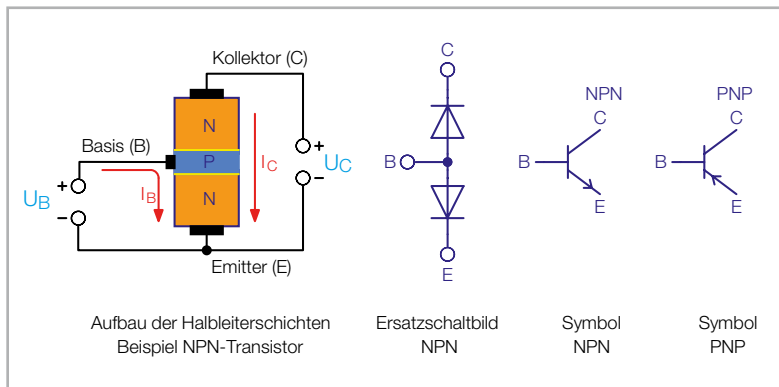


Bild 1: Aufbau der Halbleiterschichten und Schaltsymbole eines BJT-Transistors

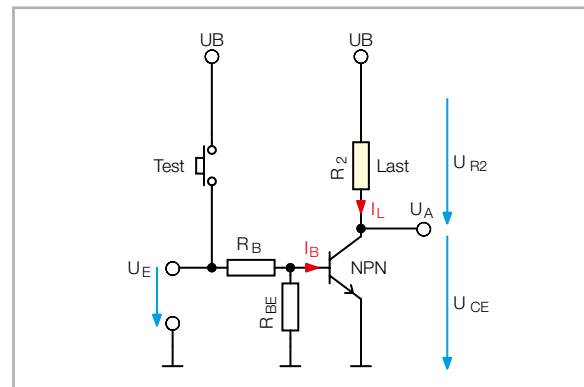


Bild 2: Grundsaltung eines NPN-Transistors

der technischen und der physikalischen Stromrichtung unterschieden. Zum besseren Verständnis beschränken wir uns auf die technische Stromrichtung, also von plus nach minus. Im Folgenden behandeln wir die beiden Transistorgrundtypen getrennt.

Bipolartransistor

Bild 1 zeigt am Beispiel eines NPN-Transistors den Aufbau der einzelnen Halbleiterschichten. Es gibt immer drei Schichten aus Halbleitermaterial, die übereinander angeordnet sind. Somit ergeben sich zwei PN-Übergänge. Die obere Schicht (Kollektor) und untere Schicht (Emitter) bestehen aus einem negativ dotierten N-Material und sind durch eine dünne Schicht P-Material (Basis) getrennt. Wenn eine positive Spannung an den Kollektor und eine negative Spannung an den Emitter angelegt wird und die Basis positiv gegenüber dem Emitter ist, wird der Transistor leitend und es fließt ein Strom (technische Stromrichtung) vom Kollektor zum Emitter. Der Strom zwischen Kollektor und Emitter wird durch einen viel geringeren Basisstrom gesteuert. Eine der wichtigen Kenndaten eines Transistors ist der Verstärkungsfaktor eines Transistors, der als Stromverstärkungsfaktor (h_{FE}) bezeichnet wird. Dieser Faktor beschreibt das Verhältnis zwischen dem Kollektorstrom (I_C) und dem Basisstrom (I_B). Mathematisch wird dies ausgedrückt als:

$$I_C = h_{FE} \times I_B$$

Ein Universaltransistor wie ein BC847 hat einen Verstärkungsfaktor (h_{FE}) von 200 bis 600 (je nach Kennbuchstabe A, B oder C hinter der Typenbezeichnung). Ein h_{FE} von 600 würde z. B. bedeuten, dass ein Basisstrom von 0,1 mA einen Kollektorstrom von 60 mA generieren könnte.

Wie man sieht, ist der Transistor ein Stromverstärker, bei dem die Basis mit einem Strom angesteuert wird. Aus diesem Grund wird in der Regel immer ein Basisvorwiderstand vor die Basis geschaltet. Der Verstärkungsfaktor h_{FE} spielt eine entscheidende Rolle bei der Berechnung der Dimensionierung eines Schalttransistors, wie wir später sehen werden. In Bild 2 ist eine Grundsaltung für einen NPN-Transistor dargestellt. Wird der im Schaltbild gezeigte Taster (Test) betätigt, fließt ein Strom durch die Basis des Transistors, wodurch dieser leitend wird und ein Strom vom Kollektor zum Emitter fließt.

Der Widerstand R_{BE} ist sehr wichtig, um die Basis auf einen definierten Pegel im Ruhezustand zu legen. Ohne diesen Widerstand „floatet“ der Eingang und hat keinen definierten Bezugspunkt. Wie aus dem Ersatzschaltbild des Transistors in Bild 1 ersichtlich ist, hat die Basis-Emitter-Verbindung eine Dioden-Charakteristik. Wenn ein ausreichender Strom von der Basis zum Emitter fließt, stellt sich bei einem Siliziumtransistor eine Spannung von etwa 0,7 V ein.

Dies zeigt sich auch deutlich in der Eingangskennlinie (Bild 3, rechts). In diesem Bild ist auch das Ausgangskennlinienfeld (links), das den Kollektorstrom (I_C) in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung (Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE}) bei

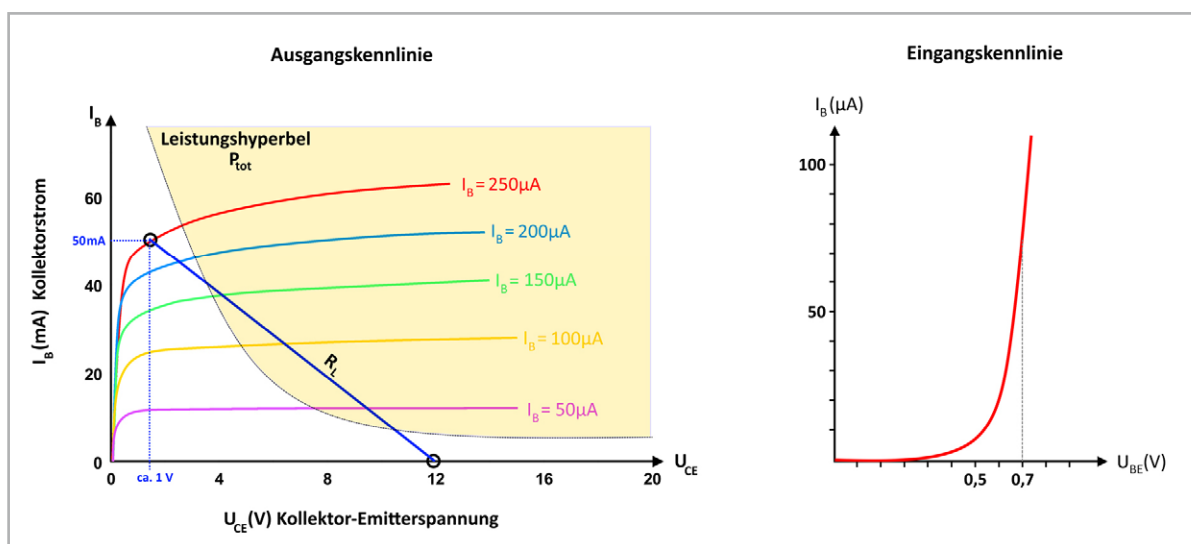


Bild 3: Kennlinien eines NPN-Transistors

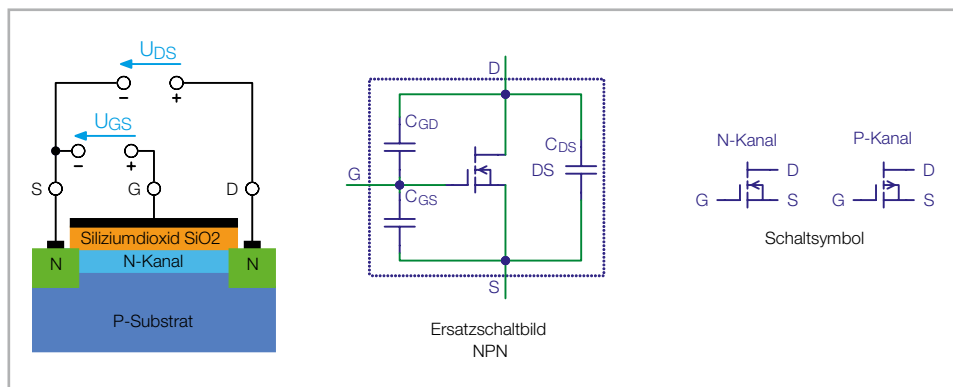


Bild 4: Aufbau der Halbleiterschichten und Schaltsymbole eines MOSFET-Transistors

verschiedenen Basisströmen darstellt, enthalten. Schauen wir uns den Kollektorstrom bei einem konstanten Basisstrom von z. B. 50 μA an. Man erkennt, dass ab einer bestimmten Spannung U_{CE} der Kollektorstrom nicht weiter ansteigt. Der Transistor befindet sich damit im Sättigungsbereich. Dieser Sättigungswert ist für unterschiedliche Basisströme dargestellt. Interessant für uns ist jedoch die blaue Gerade, die den Strom- und Spannungsverlauf an einem Kollektorwiderstand (R_L) zeigt. Mehr hierzu im Abschnitt „Transistor als Schalter“.

MOSFET-Transistor

Ein MOSFET-Transistor (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) beruht auf dem Prinzip des Feldeffekts, d. h. der Steuerung des Stromflusses durch ein elektrisches Feld. Bild 4 zeigt den Aufbau der Halbleiterschichten eines MOSFET-Transistors. Wir behandeln hier nur den Anreicherungstyp, d. h. den selbstsperrenden Typ (engl. Enhancement-Type), erkennbar an der gestrichelten Linie zwischen Drain (D) und Source (S). Es gibt auch den Verarmungstyp (engl. Depletion-Type), der in der Praxis jedoch selten anzutreffen ist.

Zwischen den Anschlüssen Drain und Source befindet sich ein sogenannter „Kanal“ wie in Bild 4 dargestellt. Drain und Source sind vergleichbar mit Kollektor und Emitter eines Bipolartransistors. Das Gate liegt isoliert über dem Kanal. Die Spannung am Gate erzeugt ein elektrisches Feld, das den Stromfluss zwischen Drain und Source steuert.

Im Gegensatz zum bipolaren Transistor erfolgt die Steuerung nicht über den Strom, sondern über die Spannung am Gate. Wenn keine Spannung am Gate anliegt (Gate = 0 V), gibt es keinen leitenden Kanal zwischen Source und Drain. Es gibt keine Elektronen, die den Strom transportieren können – der Transistor ist gesperrt. Wird am Gate eine positive Spannung angelegt (bezogen auf den N-Kanal-Typ), entsteht ein elektrisches Feld, das Elektronen aus dem Source-Bereich in den Bereich unter dem Gate zieht. Dadurch entsteht ein leitender Elektronenkanal zwischen Source und Drain, wodurch ein Strom fließen kann. Je nach Höhe der Gate-Spannung ändert sich der Widerstand zwischen Drain und Source. Damit der MOSFET zu leiten beginnt, muss die Gate-Spannung eine bestimmte Spannung $U_{GS, \text{min}}$ überschreiten. Diese Spannung ist je nach Typ unterschiedlich und im Datenblatt der Hersteller als $U_{GS, \text{Threshold}}$ (Schwellspannung) angegeben.

Das Ersatzschaltbild in Bild 4 zeigt, dass das Gate im Prinzip einen Kondensator zwischen Source und Drain darstellt. Es fließt kein Strom in das Gate, sodass die Ansteuerung nahezu leistungslos ist. Lediglich zum Laden und Entladen des Gate-Kondensators wird etwas Energie benötigt. Die Ausgangskennlinie in Bild 6 zeigt das Verhältnis der Drain-Source-Spannung U_{DS} zum Drain-Strom I_D bei unterschiedlichen Gate-Spannungen U_{GS} . Ab einer gewissen Spannung U_{DS} steigt der Drain-Strom nicht weiter an und der Transistor befindet sich in der Sättigung (dargestellt als Sättigungsbereich). Umgekehrt gibt es auch einen Bereich, in dem der Transistor im Linearbetrieb (Spannungsverstärker) arbeitet. MOSFETs gibt es als N-Kanal und P-Kanal, wobei die

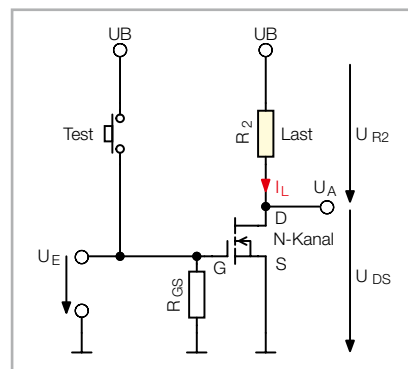


Bild 5: Grundsaltung eines N-Kanal-MOSFET-Transistors

Funktion identisch ist, nur die Polarität der Versorgungsspannung ist in diesem Fall unterschiedlich. Der Widerstand zwischen Drain und Source im eingeschalteten Zustand wird in den Datenblättern als $R_{DS(on)}$ bezeichnet (siehe Tabelle 2). Dieser Widerstand ist relativ klein, wodurch auch relativ wenig Spannung abfällt und der Transistor wenig Verlustleistung erzeugt, was ihn für Schaltanwendungen sehr beliebt macht.

Nachfolgend einige Hinweise zu der in Bild 5 dargestellten Grundsaltung. Mit der Taste „Test“ wird eine Spannung an das Gate des Transistors angelegt, die einer Spannung U_E am Gate entspricht. Der Transistor wird leitend und es fließt ein Strom (I_C) von Drain nach Source. Die Last, dargestellt durch den Widerstand R_L , wird mit Spannung versorgt, sobald eine Spannung am Gate angelegt wird. Der Widerstand R_{GS} ist erforderlich, um den internen Gate-Kondensator C_{GS} zu entladen, damit der Transistor wieder sperrt. Hier wird ein Problem bei der Ansteuerung von MOSFETs deutlich, denn der „Gate-Kondensator“ sollte relativ schnell aufgeladen, aber ebenso schnell auch wieder entladen werden. In unserer Grundsaltung wird über den Taster „Test“ das Gate sehr schnell aufgeladen und über den Widerstand R_{GS} entladen. In Bild 7 sind die Lade- und Entladekurven dargestellt. Flache Lade- bzw. Entladekurven am Gate bedeuten, dass der Transistor während dieser Zeit im Linearbetrieb arbeitet. Dies führt zu einer höheren Verlustleistung des Transistors und gilt sowohl für den MOSFET- als auch für den Bipolartransistor.

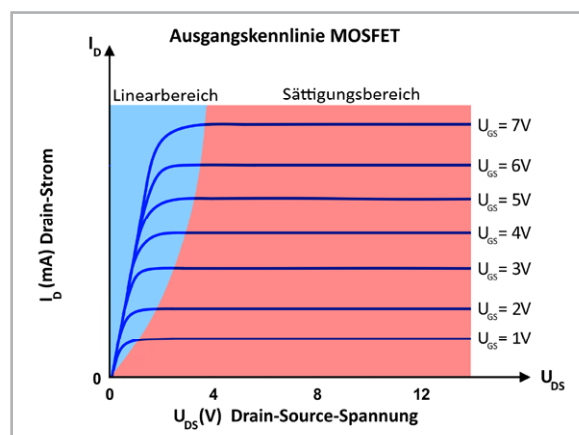


Bild 6: Ausgangskennlinie eines N-Kanal-MOSFET-Transistors

Bild 7: Schaltzeiten bei einem MOSFET-Transistor als Schalter

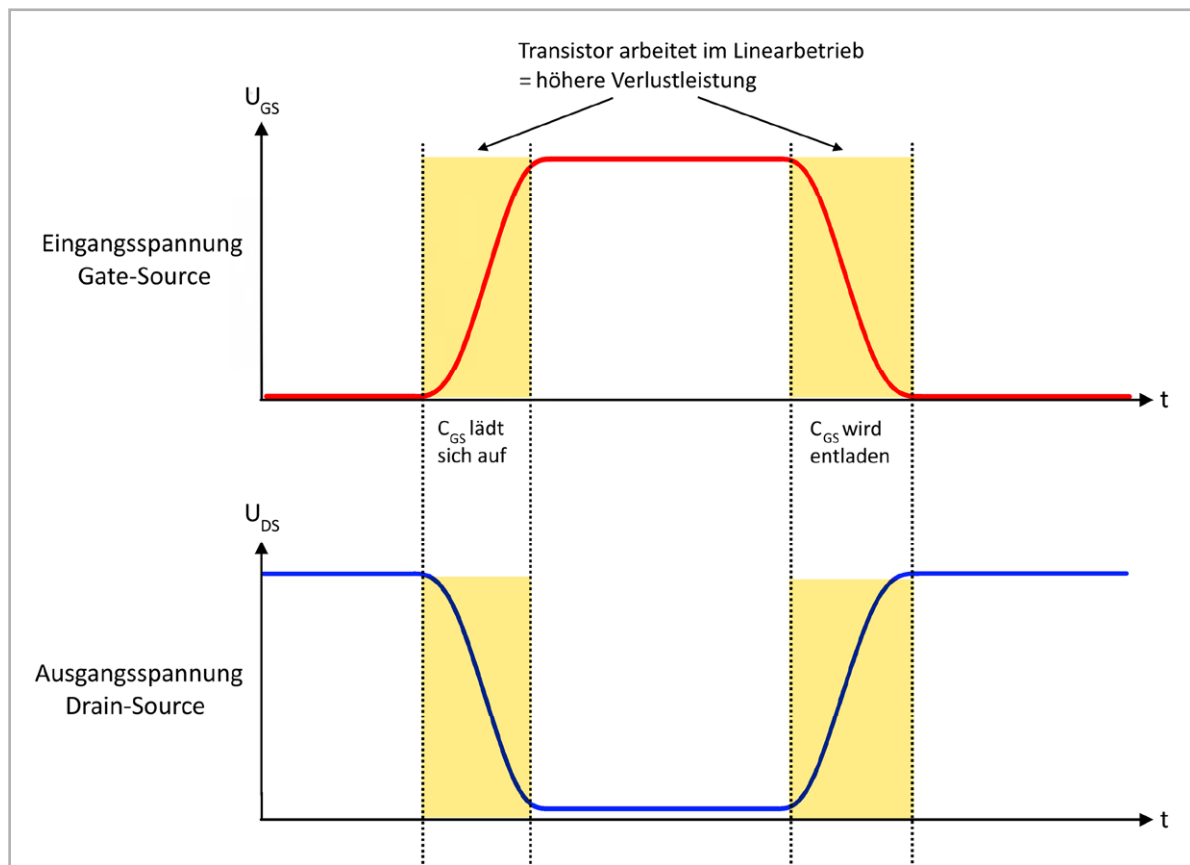


Tabelle 1	Vergleich MOSFET vs. BJT		
	Eigenschaft	BJT	MOSFET
	Ansteuerung	Steuerung durch Basisstrom	Steuerung durch Gate-Spannung
	Eingangsimpedanz	relativ niedrig	sehr hoch
	Rauschverhalten	geringer Rauschpegel	höherer Rauschpegel
	Schaltgeschwindigkeit	relativ langsam	sehr schnell, hoher Schaltdurchsatz
	Anwendungen	Analogtechnik, Verstärker	digitale Logik und Leistungsschaltungen

Bei der Auswahl des richtigen Transistortyps für die eigene Anwendung spielt der individuelle Anwendungsfall eine wichtige Rolle. Für analoge Verstärkerschaltungen und einfache Schaltaufgaben sind „normale“ Bipolartransistoren die beste Wahl. Für reine Schaltaufgaben und vor allem bei höheren Schaltströmen sollte ein MOSFET verwendet werden, da die Verlustleistung wesentlich geringer ist und somit auf eine Kühlung des Transistors verzichtet werden kann. Für unsere Aufgabenstellung „Transistor als Schalter“ hilft folgende Faustformel: bei Schaltströmen unterhalb von 1 A können Sie einen Bipolartransistor verwenden, oberhalb von 1 A ist hingegen ein MOSFET vorzuziehen. In [Tabelle 2](#) sind gebräuchliche Transistoren im SOT23-Gehäuse, also für kleine bis mittlere Leistungen, dargestellt.

Vergleich MOSFET vs. BJT

Nachdem wir uns mit den grundlegenden Funktionen der beiden Transistortypen beschäftigt haben, wollen wir nun die Unterschiede sowie die Vor- und Nachteile der beiden Transistortypen betrachten. In [Tabelle 1](#) sind die wichtigsten Kenndaten dazu dargestellt.

Tabelle 2	Technische Daten gängiger Transistoren			
	Typ	BC847C	BC857C	IRLML2502
	Technologie	bipolar (BJT)	bipolar (BJT)	MOSFET
	CM-Bezeichnung	CM-TB-BC847C-A	CM-TB-BC857C-A	CM-TF-IRLML2502-A
	Technologie	NPN	PNP	N-Kanal-MOSFET
	Betriebsspannung U _{CE} /U _{DS}	45 V	45 V	20 V
Tabelle 2	Strom I _C /I _D	100 mA	100 mA	3 A
	R _{DS(on)}	—	—	0,045 Ω
	Frequenz (f ₀)	300 MHz	300 MHz	1 MHz
	Verstärkung h _{FE}	600	600	—
	U _{GS} Threshold	—	—	0,6-1,2 V
	PTOT	0,25 W	0,25 W	0,8 W
Tabelle 2	Besonderheiten	Universal-Bipolartransistor Audio, HF und Sensorik		MOSFET-Schalttransistoren
	Datenblatt (Link)	Datenblatt	Datenblatt	Datenblatt
Tabelle 2	* nicht im PAD-PRO-EXSB enthalten			

Anwendungsbeispiele für Transistoren als Schalter

Die Ansteuerung bzw. der Arbeitspunkt eines Transistors entscheidet darüber, ob der Transistor im Schalter- oder Linearbetrieb (analoger Verstärker) arbeitet. Im Schalterbetrieb sollte ein Bipolartransistor grundsätzlich immer übersteuert werden. Beim MOSFET hingegen reicht das Überschreiten der minimalen U_{GS} aus, um den Transistor sicher durchzuschalten.

Im Folgenden zeigen wir einige Anwendungsbeispiele für den Einsatzzweck „Transistor als Schalter“. In **Bild 8** sind hierzu einige Beispiele für beide Transistortypen dargestellt. Schauen wir uns zunächst die beiden oberen Schaltungen für den Bipolartransistor an (**Bild 8a und 8b**). Hier wurde gegenüber der Grundschialtung aus **Bild 2** die Last durch eine LED bzw. ein Relais ersetzt. Da der NPN-Transistor über den Strom gesteuert wird, gilt es, den richtigen Basiswiderstand zu wählen bzw. zu berechnen.

Wir wissen, dass der Transistor einen definierten Stromverstärkungsfaktor hat (siehe **Tabelle 2**). Wir nehmen an, die Last hat einen Stromverbrauch von 30 mA (z. B. das Relais). Teilt man diesen Strom durch den Stromverstärkungsfaktor h_{FE} , erhält man den notwendigen minimalen Basisstrom (I_{Bmin}). Damit der Transistor sicher durchschaltet, wird er mit einem sogenannten Übersteuerfaktor $\ddot{u}$ multipliziert. So ist sichergestellt, dass der Transistor übersteuert und in die Sättigung geht. Für den Übersteuerungsfaktor $\ddot{u}$ wird in der Regel ein Wert zwischen 5 und 10 verwendet. Hier die Berechnung an einem Beispiel mit einer Last von 30 mA, wie in **Bild 9** dargestellt.

$$I_C = h_{FE} \times I_B$$

$$I_{Bmin} = \frac{I_C}{h_{FE}} \quad \text{Beispiel: } I_B = \frac{30 \text{ mA}}{600} = 0,050 \text{ mA} = 50 \mu\text{A}$$

$$I_B = \ddot{u} \times I_{Bmin} \quad \text{Beispiel: } I_B = 0,05 \text{ mA} = 10 \times 0,5 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} I_{Bmin} &= \text{minimaler Basisstrom} \\ I_B &= \text{errechneter Basisstrom} \\ \ddot{u} &= \text{Übersteuerungsfaktor} \end{aligned}$$

Mit der Kenntnis des erforderlichen Basisstroms und des Spannungsabfalls über der Basis-Emitter-Strecke kann der Vorwiderstand berechnet werden. Wir nehmen an, dass die Eingangsspannung U_E 0 bis 5 V entspricht. Den Widerstand R_{BE} vernachlässigen wir in unserer Berechnung, da dieser in der Praxis relativ groß gewählt wird (ca. 220 k Ω bis 1 M Ω) und wenig Einfluss auf die Berechnung hat. Um den Widerstand R_B berechnen zu können, benötigen wir nach dem ohmschen Gesetz die Spannung, die über dem Widerstand U_{RB} abfällt, sowie den Strom I_B . Die Berechnung sieht dann folgendermaßen aus:

$$U_{RB} = U_E - U_{BE} = 5 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 4,3 \text{ V}$$

$$R_B = \frac{U_E - U_{BE}}{I_B} = \frac{5 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{0,5 \text{ mA}} = \frac{4,3 \text{ V}}{0,5 \text{ mA}} = 8600 \Omega \approx 8,6 \text{ k bis } 10 \text{ k (E12)}$$

$$\begin{aligned} R_B &= \text{Basiswiderstand} \\ U_{BE} &= \text{Spannung Basis – Emitter ca. } 0,7 \text{ V} \\ U_{RB} &= \text{Spannungsabfall über } R_B \\ U_E &= \text{Eingangsspannung (Beispiel } 5 \text{ V)} \end{aligned}$$

Wir erhalten also einen errechneten Basiswiderstand von 8600 Ω . Da dies ein recht „krummer“ Wert ist, nehmen wir den nächstliegenden Widerstand der Reihe E12, und zwar 8,2 k Ω oder 10 k Ω .

Wenn die Last z. B. aus einer LED mit einem Strom von ca. 30 mA oder darunter besteht, können Sie als Standardwert immer einen Widerstand von ca. 10 k Ω nehmen und sind damit immer auf der sicheren Seite (siehe **Bild 8a und 8b**).

Bei einem MOSFET ist kein Gate-Vorwiderstand erforderlich, da kein Strom in das Gate fließt. Beispiele mit einem N-Kanal-MOSFET sind in **Bild 8c und 8d** zu sehen.

Die Dimensionierung des Widerstands R_{GS} ist eine Entscheidung zwischen dem Stromverbrauch der Steuerschaltung und der Schaltgeschwindigkeit des Transistors. Die Kapazität am Gate (kann einige nF betragen) sollte möglichst schnell entladen werden, was durch einen entsprechend kleinen Widerstand erreicht wird. Hierdurch steigt allerdings auch die Stromaufnahme, denn bei einem High-Signal am Gate muss der zusätzliche Strom durch den Widerstand R_{GS} berücksichtigt werden. Bei einer Steuerspannung von 5 V und einem R_{GS} von 1 k Ω fließen 5 mA durch den Widerstand R_{GS} . Dies stellt für die Steuerelektronik, die den Strom liefern muss, im Allgemeinen kein Problem dar. Wenn Sie mit einem MOSFET jedoch hohe Lasten schalten wollen und zudem noch mit einer relativ hohen Schaltfrequenz, z. B. mit einer PWM (Pulsweitenmodulation) ansteuern, können hohe Verlustleistungen auftreten.

Um ein schnelles Schalten des Transistors bei hoher Schaltleistung zu ermöglichen, ist eine spezielle Ansteuerungstechnik notwendig. **Bild 10** zeigt eine sogenannte Push-Pull-Treiberschaltung. Die deutsche Übersetzung für Push-Pull wäre „drücken“ und „ziehen“ und beschreibt das beschleunigte Laden und Entladen des Gate-Kondensators. Wie in **Bild 10** zu sehen, wird der Ladestrom über den Transistor Q2 und der Entladestrom über Q3 geschaltet. Angesteuert werden die beiden Transistoren von einem weiteren Transistor Q1. Auf diese Weise verkürzen sich die Lade- und Entladezeiten, das Gate wird sehr schnell umgeladen und die Schaltflanken werden kürzer. Dies minimiert zudem die Verlustleistung. Solche Push-Pull-Treiber kann man diskret aufbauen oder einen fertigen integrierten Schaltkreis verwenden.

Hinweise zum Betrieb mit Relais

Bild 8 zeigt Anwendungsbeispiele mit einem Relais. Die parallel zum Relais geschaltete Diode, auch Freilaufdiode genannt, erfüllt eine Schutzfunktion. Die Erregerwicklung des Relais erzeugt beim Abschalten negative Spannungsspitzen (bedingt durch Selbstinduktion). Diese können im schlimmsten Fall den Schalttransistor zerstören. Um die Spannungsspitzen zu vermeiden, wird eine Schutzdiode parallel zur Relaiswicklung geschaltet. Die Diode ist in Sperrrichtung geschaltet, nur bei einer negativen Spannung wird die Diode leitend und begrenzt so die Induktionsspannung.

Im Set vom PAD-PRO-EXSB ist ein fertiges Relaismodul mit integriertem Schalttransistor vorhanden (siehe **Bild 11**). Eine detaillierte Beschreibung finden Sie in Teil 1 dieser Serie (siehe Übersicht am Ende dieses Beitrags).

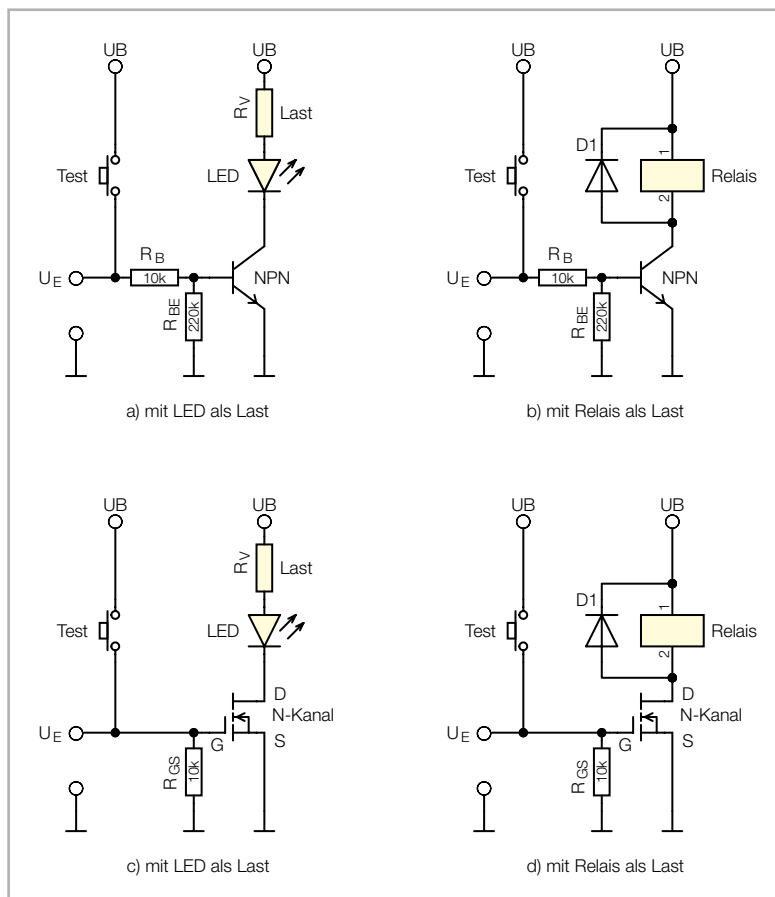


Bild 8: Grundsaltungen mit LED oder Relais als Last

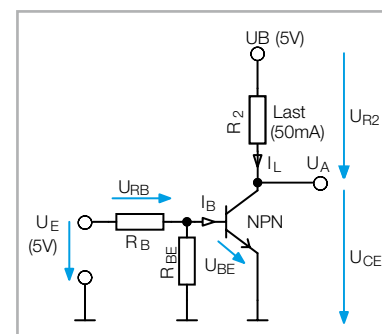


Bild 9: Grundsaltungen zur Berechnung von R_B

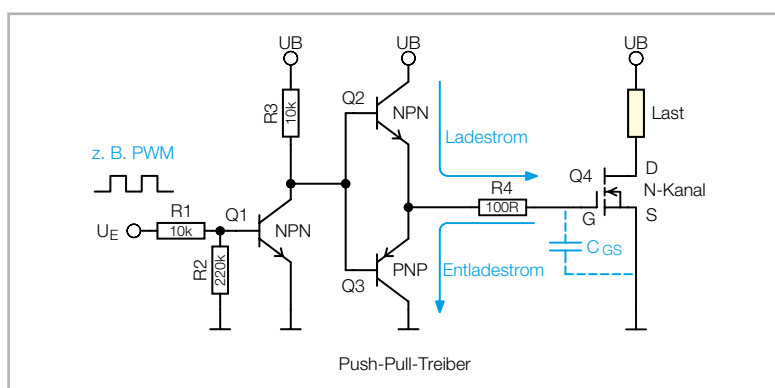


Bild 10: Push-Pull-Treiberschaltung

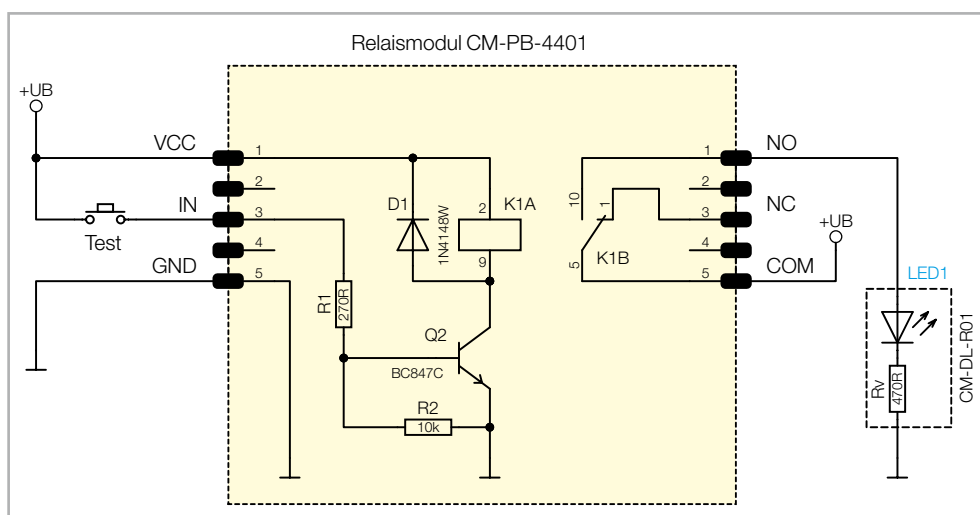


Bild 11: Fertiges Relaismodul aus dem PAD-PRO-EXSB-Set

Mit diesem Relaismodul sparen Sie sich den Aufbau der Treiberstufe. Bild 18 und Bild 19 zeigen den Aufbau auf einem Steckboard mit zugehörigem Verdrahtungsplan. Mit dem Taster wird testweise ein High-Signal auf den Steuereingang IN gelegt. Zur Kontrolle, ob das Relais auch schaltet, ist als Verbraucher eine LED an die Schaltkontakte angeschlossen. Im Abschnitt „Nachbau der Beispielschaltungen“ finden Sie einen Nachbauvorschlag für diese Testschaltung mit Relais.

Betriebsspannung mit Transistoren schalten

Ein weiterer Anwendungsfall für den Schalttransistor ist das Schalten einer Versorgungsspannung. Dieser Anwendungsfall kommt vor, wenn die Versorgungsspannung einer Schaltung elektronisch geschaltet werden soll, wie es häufig in mikroprozessorgesteuerten Schaltungen der Fall ist.

Der Einsatz ist sinnvoll, wenn Sie z. B. mit einem Taster das Gerät ein- bzw. ausschalten wollen. Bei den bisherigen Schaltungsbeispielen wurde die Last mit einem Schalttransistor gegen Masse geschaltet, was auch als Low-Side-Schalter bezeichnet wird. Bei Schalten einer Betriebsspannung wird hingegen ein High-Side-Schalter verwendet, wie in Bild 12 dargestellt. Hier liegt der Verbraucher mit einer Seite gegen Masse, während über den Schalttransistor (Q2) die Versorgungsspannung zugeschaltet wird. Um die Ansteuerung einfacher zu gestalten, wird ein zusätzlicher Transistor (Q1) benötigt, der die Basis von Q2 nach Masse schaltet und mit einer positiven Spannung angesteuert wird. In Bild 12 sind beide Varianten für BJT und MOSFET dargestellt.

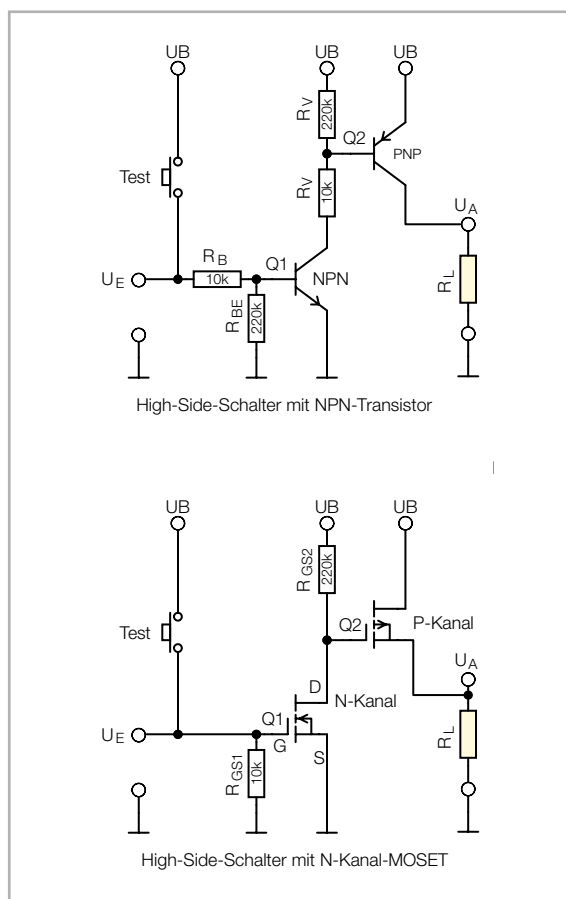


Bild 12: Grundsaltungen für High-Side-Schalter

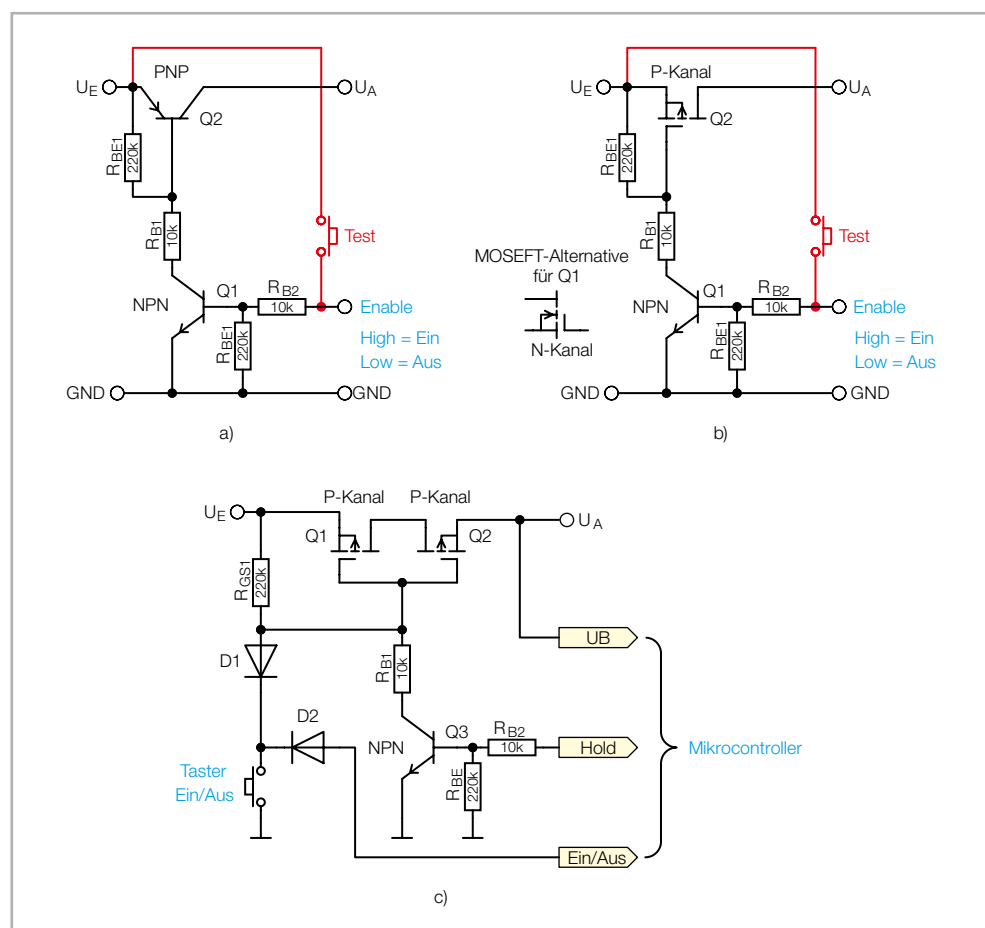


Bild 13: Praxisorientierte Grundsaltungen für High-Side-Schalter

In Bild 13 sind beide Grundsaltungen noch einmal etwas anders dargestellt. So erkennen Sie eine praxisorientierte Schaltung leichter wieder, die Sie z. B. schon einmal in Schaltbildern gesehen haben. Bild 13c zeigt den Ausschnitt einer fertigen Schaltung aus dem Schaltbild des LED-Testers [LED-T2](#). Die Funktionsweise im Zusammenspiel mit einer Steuerung durch einen Mikrocontroller wollen wir uns im Detail anschauen.

Statt eines P-Kanal-Transistors wie im Beispiel b werden hier zwei Transistoren (Q1 und Q2) hintereinandergeschaltet. Dies hat den Grund, dass eine Spannung auf der Ausgangsseite (z. B. aufgeladener ELKO) nicht mehr auf den Eingang gelangen kann. Im Beispiel b kann über die interne Body-Diode (im Schaltsymbol nicht erkennbar) Strom auf den Eingang zurückfließen. Dieser Effekt ist unter Umständen nicht erwünscht.

Die drei Anschlüsse (Ub, Hold und Ein/Aus) führen zum Mikrocontroller, der an die Ausgangsspannung UA angeschlossen ist. Der Einschaltvorgang läuft wie folgt ab:

Durch Betätigen des Tasters „Ein/Aus“ werden über die Diode D1 die zusammengeschalteten Gates der beiden Transistoren (Q1, Q2) auf Massepotential gelegt, wodurch diese durchschalten und die Eingangsspannung UE zum Ausgang UA leiten. Sobald der Mikrocontroller mit Spannung versorgt wird, gibt dieser ein High-Signal auf den PORT „Hold“ (muss in der Firmware programmiert werden). Über den Widerstand RB2 wird der Transistor Q3 angesteuert, der wiederum die beiden Gates der Transistoren Q1 und Q2 auf Masse zieht und die Spannungsversorgung zum Ausgang aufrechterhält.

Der ganze Vorgang dauert nur wenige Millisekunden, sodass ein kurzer Tastendruck ausreicht, um diese Selbsthaltung zu aktivieren. Solange der Controller das Signal „Hold“ aufrechterhält, bleibt die Versorgungsspannung bestehen. Zum Ausschalten muss dem Mikrocontroller mitgeteilt werden, dass eine Abschaltung erwünscht ist und das Signal „Hold“ auf Low-Potential gelegt werden soll. Diese „Mitteilung“ erfolgt über einen erneuten Tastendruck.

Über die Diode D2 wird der Ausgang „Ein/Aus“, der vom Controller über einen Pull-up-Widerstand auf High gehalten wird, kurzzeitig auf Massepotential gelegt. Der Controller erkennt diesen Pegelwechsel und das Signal „Hold“ wird deaktiviert, sodass die Selbsthaltung gelöst

und die Spannungszufuhr unterbrochen wird. Je nach Firmware-Programmierung kann damit auch ein automatisches Abschalten (Auto-Power-off) implementiert werden.

Nachbau der Beispielschaltungen

Für einige der hier vorgestellten Grundsaltungen gibt es Aufbauvorschlüsse mit dem Experimentierset PAD-PRO-EXSB. Zum Set, das alle notwendigen Bauteile enthält, wird zusätzlich noch eine Aufbauplattform benötigt. Dies kann die Experimentierplattformen EXSB1, das EXSB-Mini oder ein „normales“ Steckboard sein. Die Kontakte der Steckboards sind in der Regel nummeriert: Spalten von links nach rechts mit 1 bis 63 und die Reihen mit den Buchstaben A bis F. Dies kann sich je nach Hersteller geringfügig unterscheiden. Anhand der Nummerierung kann man die Position der Bauteile und Brücken in den Bildern abzählen und auf die eigene Schaltung übertragen.

WICHTIG: Das Steckboard muss so platziert werden, dass sich Pin 1 auf der rechten Seite befindet. Ist das Steckboard andersherum gedreht, stimmen die Positionen nicht mehr mit den Bildern überein.

Die elektrischen Verbindungen werden mit starren und flexiblen Steckbrücken hergestellt, die im Experimentierset enthalten sind. Bild 15 zeigt den Verdrahtungsplan für die beiden Grundsaltungen aus Bild 8a und 8c. Entsprechende Fotos von Aufbauten auf einem Steckboard bzw. EXSB-Mini sind in Bild 16 und Bild 17 zu sehen. Auch für die Relais-Testschaltung aus Bild 11 gibt es Hinweise für den Aufbau (Bild 18 bis Bild 20).

Versorgungsspannung

Die Spannungsversorgung für die dargestellten Schaltungen sollte 5 V betragen. Für das universelle Steckboard kann man auf unterschiedliche Spannungsversorgungen zurückgreifen (Bild 14).

Über eine USB-Buchse kann ein Steckernetzteil oder ein Ladegerät mit Micro-USB-Stecker als Spannungsquelle genutzt werden.

Die Variante mit einer Klemmleiste dient zum Anschluss einer externen Spannungsversorgung wie z. B. einem Netzteil oder einer Batterie. **Achten Sie dabei unbedingt auf die korrekte Polung!**

Eine komfortable Lösung bietet auch das ELV Powermodul [PM-SB1](#), das mit zwei Batterien ausgestattet ist und somit autark arbeitet oder die in diesem Journal vorgestellte Variante [EXSB-Midi](#). **ELV**

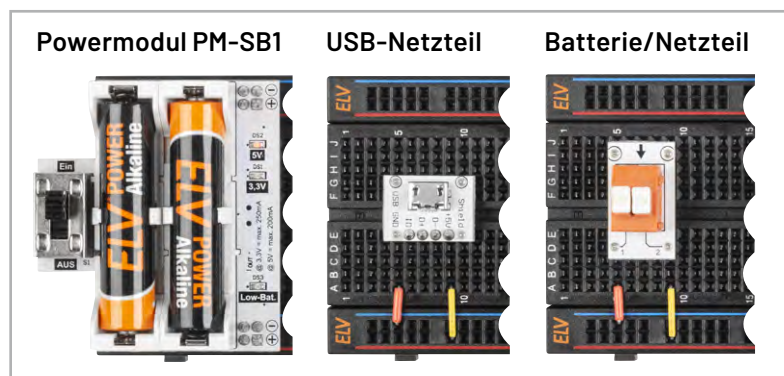


Bild 14: Unterschiedliche Varianten der Spannungsversorgung: mittels Powermodul PM-SB1, per 5-V-USB-Steckernetzteil oder einer Klemmleiste zum Anschluss an ein Labornetzteil oder eine Batterie

Alle bisher erschienenen Teile dieser Artikelserie zum PAD-PRO-Experimentierset finden Sie im ELVshop:

ELVjournal 3/2023	Teil 1: Professionell experimentieren – Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB	Artikel-Nr. 253473
ELVjournal 5/2023	Teil 2: Audioverstärker mit MEMS-Mikrofon – Anwendungsschaltung mit dem Prototypenadapter	Artikel-Nr. 253711
ELVjournal 6/2023	Teil 3: NE555-Grundsaltungen – Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter	Artikel-Nr. 253836
ELVjournal 1/2024	Teil 4: Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB	Artikel-Nr. 253948
ELVjournal 2/2024	Teil 5: LEDs richtig ansteuern – Anwendungsschaltungen mit dem PAD-PRO-EXSB	Artikel-Nr. 254100
ELVjournal 3/2024	Teil 6: Alarmanlage mit Vibrationssensor – Anwendungsschaltungen mit dem PAD-PRO-EXSB	Artikel-Nr. 254146
ELVjournal 5/2024	Teil 7: Komparatorschaltungen mit Operationsverstärkern – Anwendungsschaltungen mit dem PAD-PRO-EXSB	Artikel-Nr. 254212
ELVjournal 6/2024	Teil 8: Aufbau einer Kojak-Sirene mit dem PAD-PRO-EXSB	Artikel-Nr. 254265
ELVjournal 1/2025	Teil 9: Experimente mit der Fotodiode BPW34 – Anwendungsschaltungen mit dem PAD-PRO-EXSB	Artikel-Nr. 254411

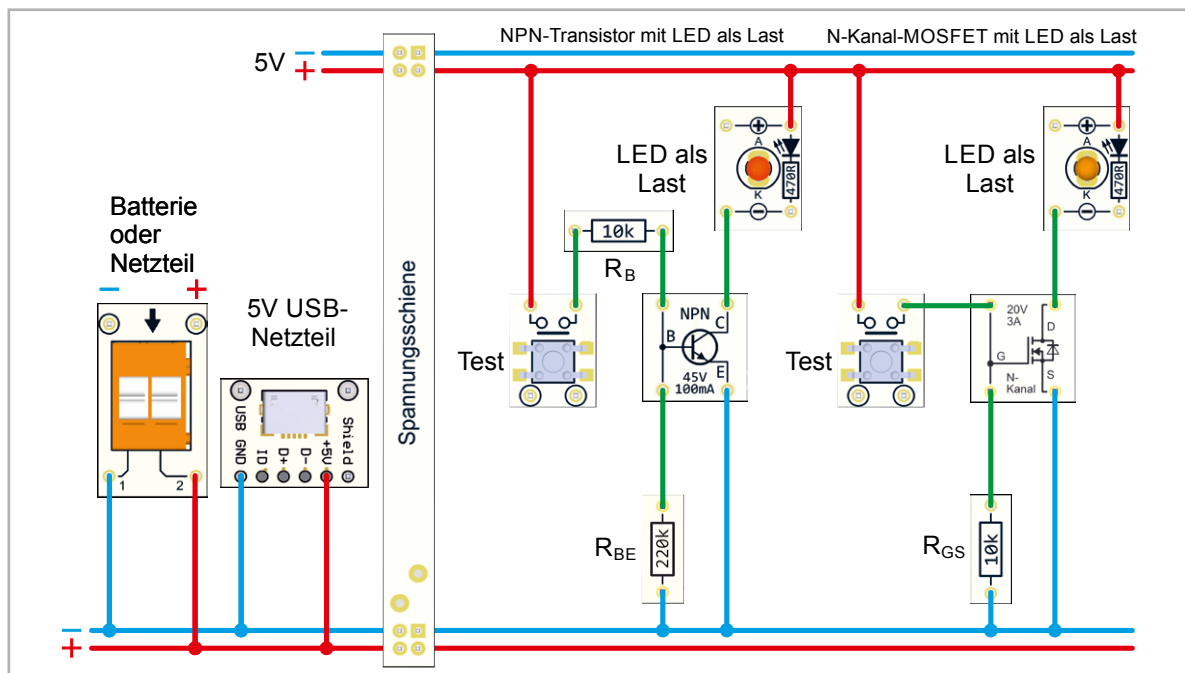


Bild 15: Anschlussplan für die Transistorgrundschaltungen

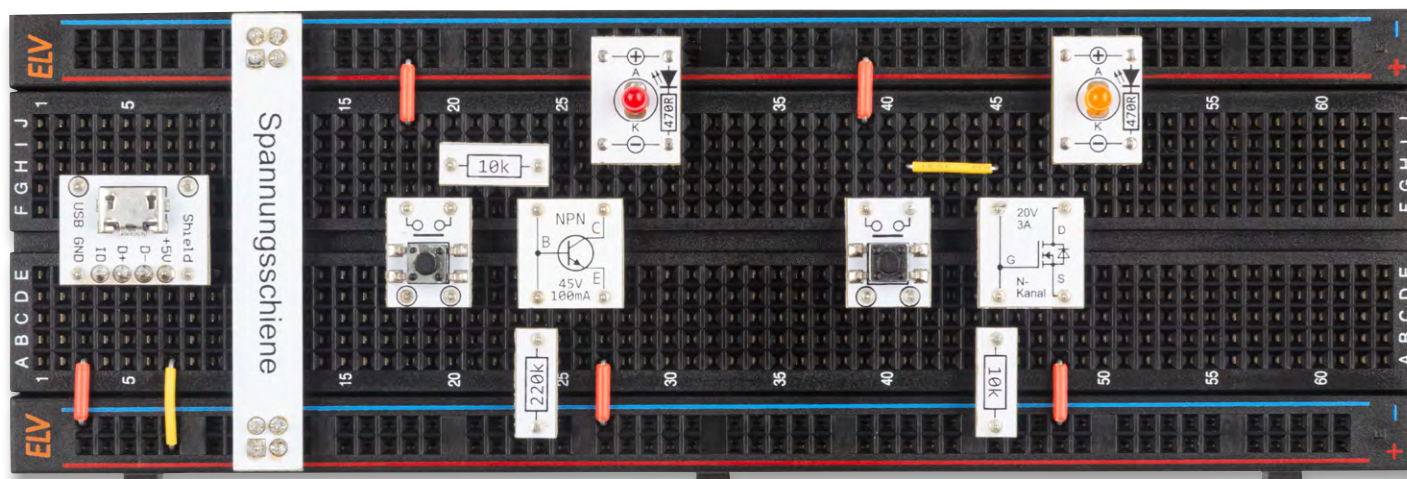


Bild 16: Aufbau der Transistorgrundschaltungen auf einem Steckboard

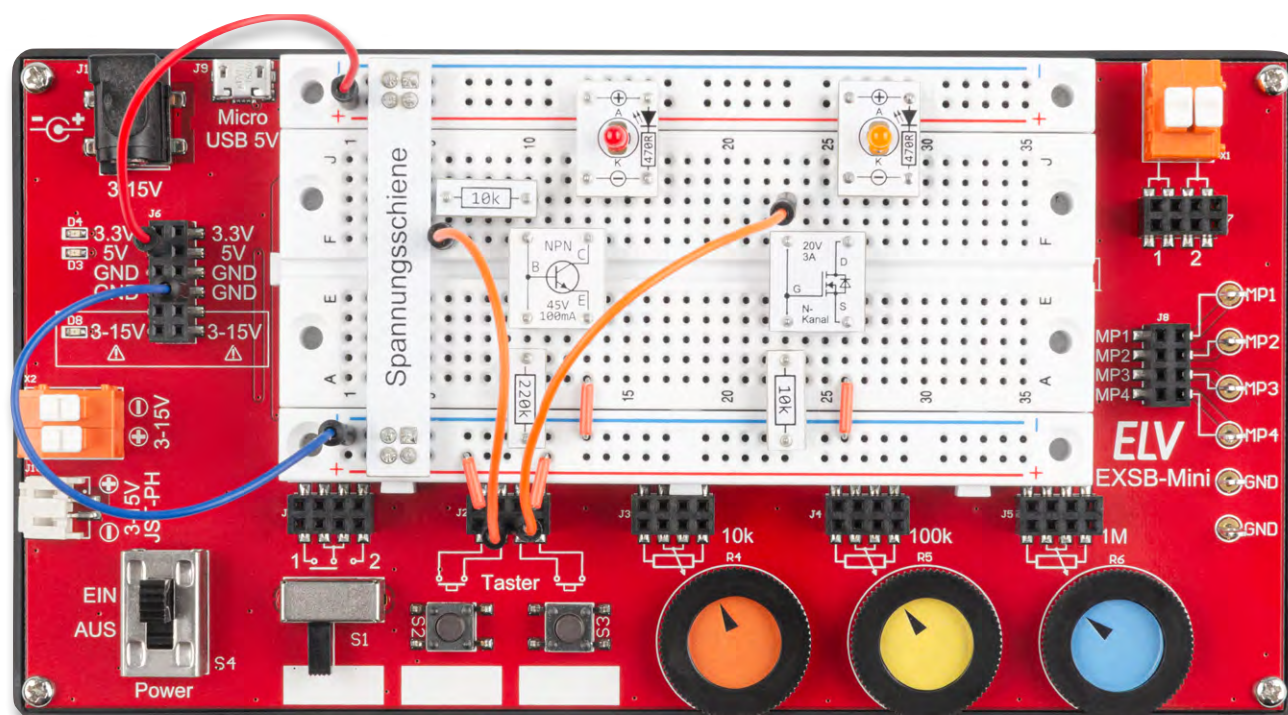


Bild 17: Aufbau der Transistorgrundschaltungen auf einem EXSB-Mini

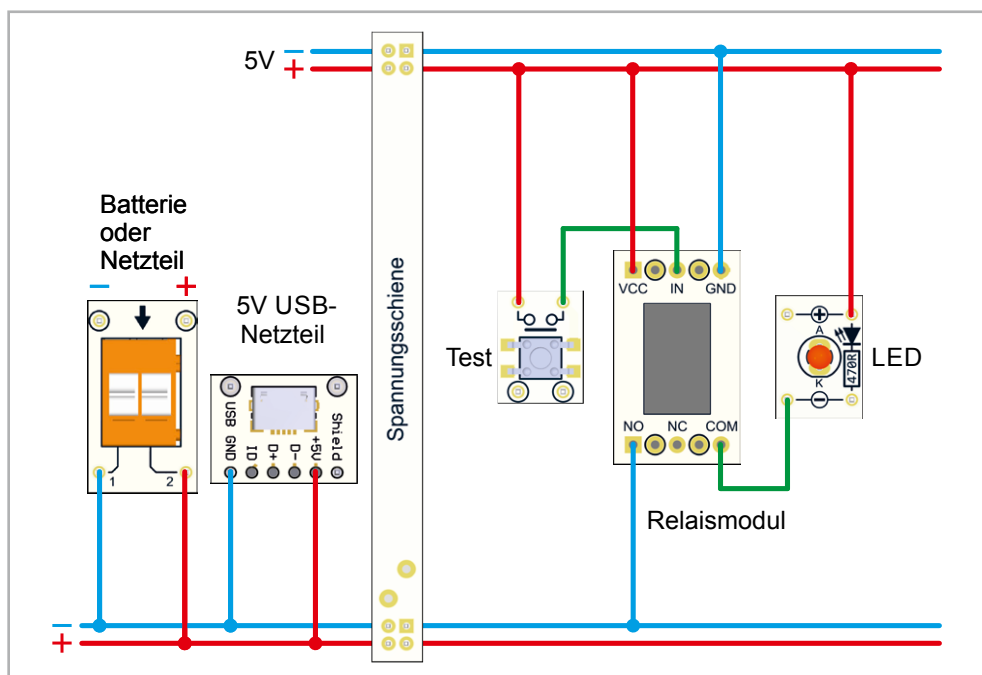


Bild 18: Anschlussplan für die Relais-Testschaltung

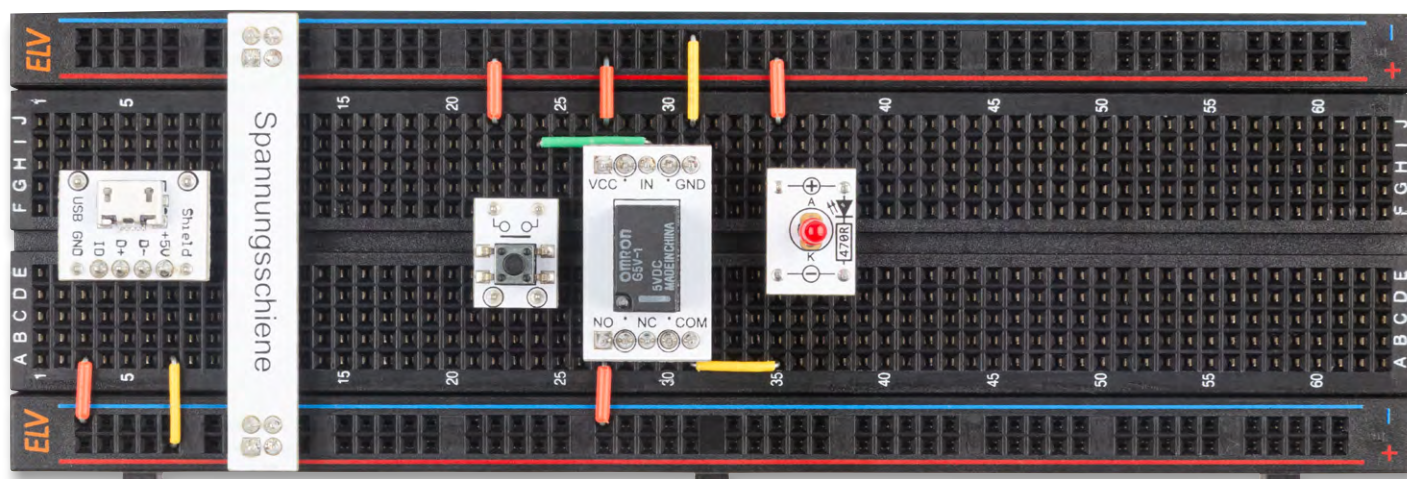


Bild 19: Aufbau der Relais-Testschaltung auf einem Steckboard

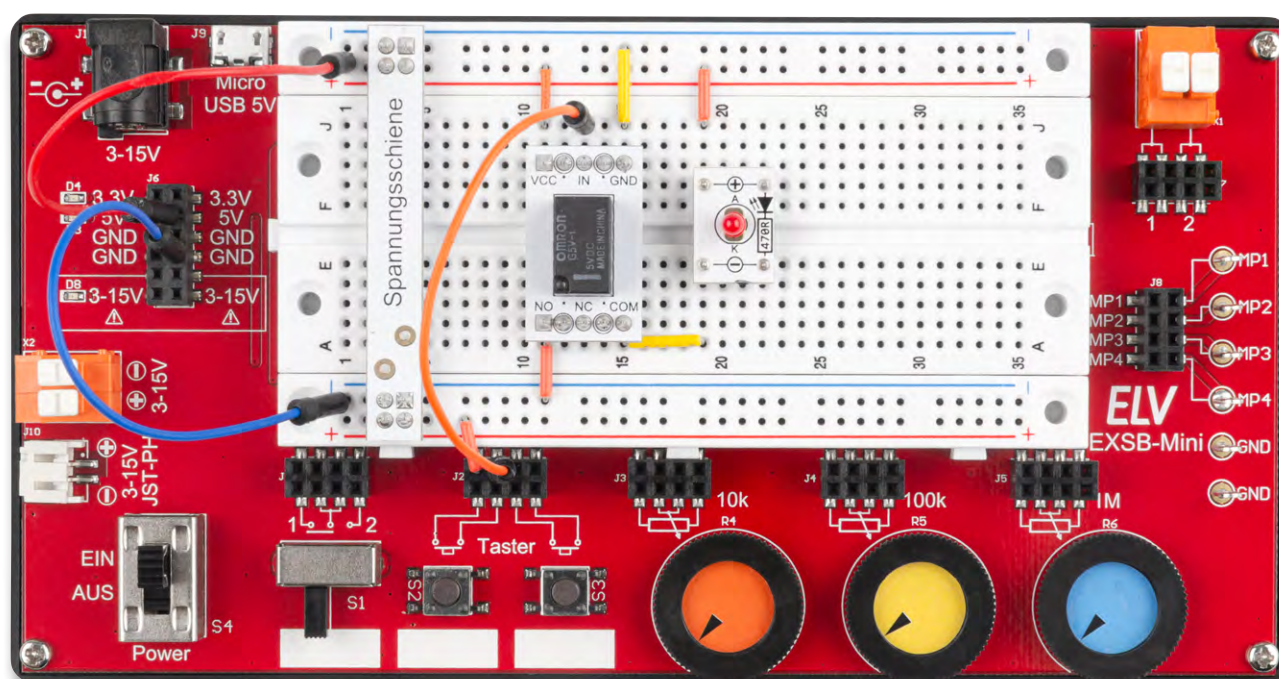


Bild 20: Aufbau der Relais-Testschaltung auf einem EXSB-Mini

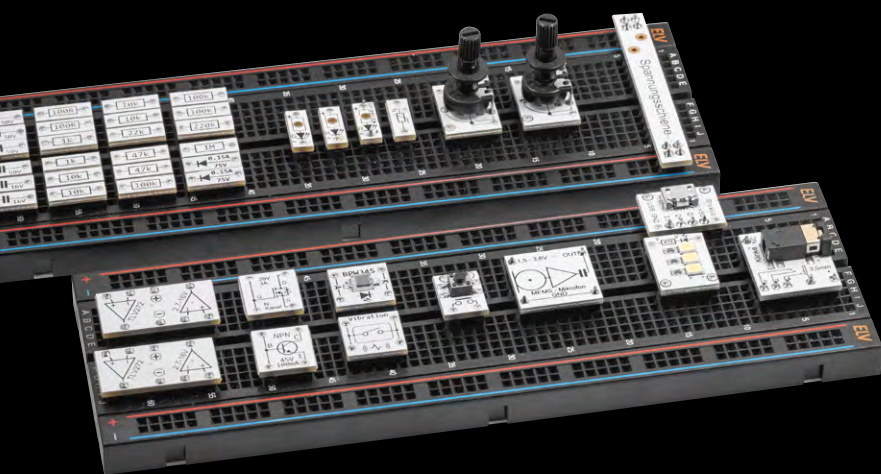
Grundlagen verstehen mit Experimentiersets

ELV

Experimentierset Operationsverstärker inkl. Make:-Sonderausgabe

Das Experimentierset umfasst 43 Adapter-Module, ein Breadboard, Steckkabel und einen Ohrhörer, mit denen Sie die im Sonderheft vorgestellten „Schaltungen für grundlegende Experimente mit Operationsverstärkern“ nachbauen können.

+ Experimentierset – einzeln: Artikel-Nr. 158147 – 39,95 €*



Zum Set

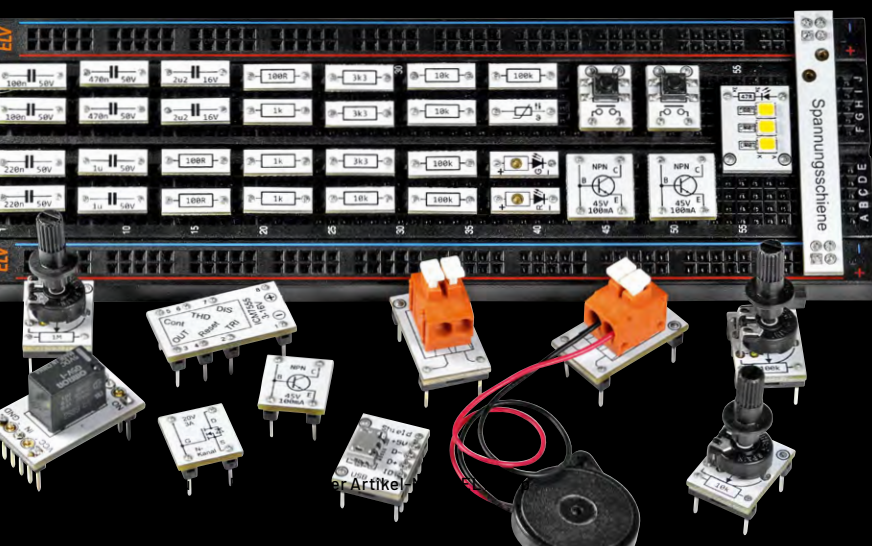
49,95 €*^{*}

Artikel-Nr. 253005

Experimentierset Prototypenadapter inkl. Make-Sonderausgabe

Das Experimentierset enthält 45 Bauteile wie Kondensatoren, LEDs, Widerstände, Transistoren, Relais und mehr, mit denen Sie verschiedene Schaltungen für grundlegende Elektronikexperimente auf dem enthaltenen Breadboard aufbauen können.

+ Experimentierset – einzeln: Artikel-Nr. 155901 – 29,95 €*^{*}



Zum Set

44,95 €*^{*}

Artikel-Nr. 252102



Kostenlos

Sonderausgabe „Prototypenadapter, Experimentierboards und Messgeräte“

Das Sonderheft gibt spannende Einblicke in die faszinierende Welt der Elektronik und vermittelt die Grundlagen des Breadboards und des innovativen PAD-Systems. Wir zeigen Ihnen praktische Lösungen für Elektronikexperimente und den Aufbau von Prototypenschaltungen – ganz ohne Löten. Dank unserer vielseitigen Prototypenadapter, Experimentierboards und präzisen Messgeräte lassen sich Bauteile schnell, sicher und flexibel integrieren – ideal für kreatives Tüfteln und Entwickeln.

Zum Sonderheft

Sonderausgabe „Prototypenadapter-Professional-Experimentiererset“

Dieses Sonderheft widmet sich dem Prototypenadapter-Professional-Experimentiererset PAD-PRO und zeigt anhand von zehn praxisnahen Beispielschaltungen, wie einfach und schnell sich Elektronikprojekte ohne Löten umsetzen lassen. Ob Einsteiger oder Profi – das Heft liefert inspirierende Anleitungen und Ideen für eigene Experimente, von einfachen Grundsaltungen bis hin zu komplexeren Anwendungen. Ideal zum Nachbauen, Anpassen und Lernen!

Zum Sonderheft

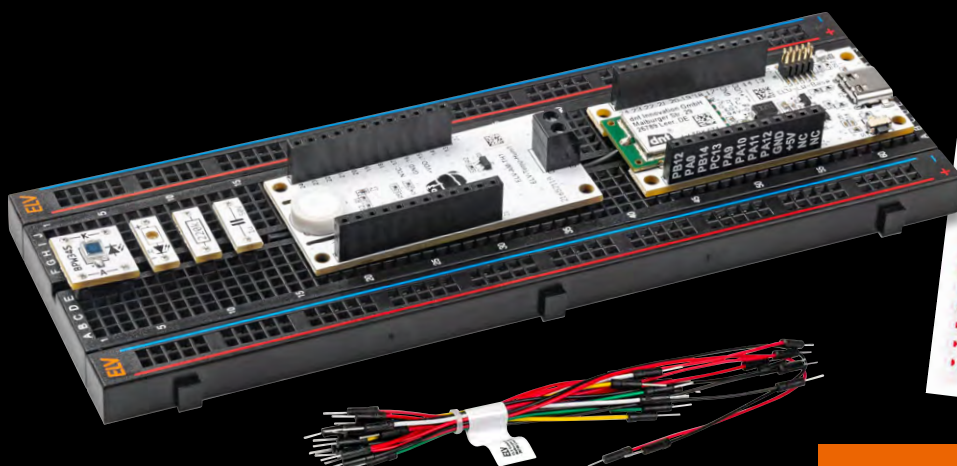
Kostenlos



Experimentierset – LoRaWAN®-Programmierung inkl. Make-Sonderausgabe

Das LoRaWAN®-Experimentierset enthält ein Basis-Board mit einem LoRaWAN®-Funkmodul für den Einstieg in das Internet der Dinge (IoT). Ein besonderes Merkmal dieses Sets ist das Aufsteckmodul mit einem Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor, das Umweltdaten präzise erfasst.

➕ **Experimentierset – einzeln:** Artikel-Nr. 160827 – 49,95 €*



Zum Set

64,90 €*
Artikel-Nr. 254161

* Die angegebenen Preise sind unverbindlich, entsprechen dem Stand bei Redaktionsschluss und können sich aufgrund von Verfügbarkeit, Marktentwicklung oder tagesaktueller Kalkulation ändern.



Leser fragen

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.

Frage von Herrn Kvapil zum Homematic IP Bewegungsmelder HmIP-SMO-A-2 ([Artikel-Nr. 156227](#)):

Ich betreibe schon diverse IP-Thermostate von Homematic an meinem Access Point. Nun möchte ich mein Außenlicht mit einem Bewegungsmelder steuern (mit dem HmIP-SMO-A-2).

Frage 1: Kann ich künftig über die App dann auch in die Automatik eingreifen und das Licht auch ohne Sensorerkennung einschalten? Es ist gedacht als Dauerlicht z. B. bei einer Feier, sodass nicht ständig die Beleuchtung per Bewegung ein- und ausgeschaltet. Danach soll wieder alles auf Automatik zu schalten sein.

Und Frage 2: Lässt sich das Licht dann auch per Alexa-Sprachsteuerung dauereinschalten. Und danach per Sprachbefehl wieder zurück in die automatische Funktion (gesteuert über den Bewegungsmelder)?

Antwort von ELV: Ihre Fragen können wir Ihnen wie folgt beantworten:

Zu Frage 1: Hierzu ist die Beleuchtung direkt über die App einzuschalten. Die Beleuchtung bleibt dann so lange eingeschaltet, bis diese über die App wieder ausgeschaltet wird. Fortan wird das Licht dann wieder über den Bewegungsmelder geschaltet.

Zu Frage 2: Auch das ist möglich. Wenn der Schaltaktor per Sprachbefehl eingeschaltet wird, ist die bewegungsabhängige Steuerung des Aktors nicht mehr aktiv. Erst nach dem Ausschalten des Schaltaktors (per Sprachbefehl oder per App-Bedienung) kann der Aktor wieder über den Bewegungsmelder geschaltet werden.

Wichtig: Achten Sie bei dem Sprachbefehl bitte darauf, dass direkt der Aktor und nicht die Gruppe aus Bewegungsmelder und Aktor ausgelöst wird. Im letzteren Fall wird der Aktor ansonsten nach Ablauf der in der Gruppe hinterlegten Einschaltdauer wieder abgeschaltet.

Frage von Frau Zalich zum Universalthermostat UT 300 (Artikel-Nr. 149012):

Ich habe bei Ihnen ein Universalthermostat UT 300 erworben. Leider hält es nicht die eingestellte Temperatur. Ich wollte es für einen Kühlschrank verwenden. Eingestellte Temperatur zwischen 7 und 9 °C. Aber im Kühlschrank sind dann konstant um die 1 Grad.

Antwort von ELV: Unseres Erachtens wird ein Programmierungsfehler vorliegen. Der UT300-Thermostat unterstützt sowohl den Heiz- als auch den Kühlbetrieb. Im Kühlbetrieb ist die Ausschalttemperatur die kleinere Temperatur. Im Heizbetrieb ist die Ausschalttemperatur die höhere Temperatur. Möglicherweise haben Sie 9 °C (also die höhere Temperatur) als Ausschalttemperatur programmiert.

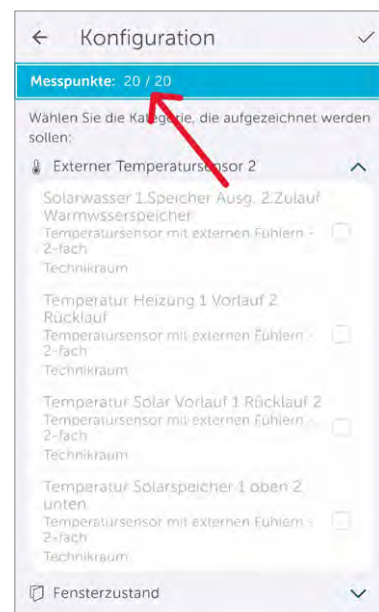
Frage von Herrn Jentsch zu der Messdatenfunktion in der Homematic IP App:

Mein neuer Homematic IP 2-Kanal-Tempersensor HmIP-STE2-PCB soll in meiner Homematic IP App unter Messdaten angezeigt werden. Mit meinen Raumthermostaten bekomme ich das hin. Diesen neuen Sensor kann ich allerdings nicht auswählen. Könnten Sie mir behilflich sein?

Antwort von ELV: In Ihrem Fall sind bereits 20 Messpunkte ausgewählt worden (siehe auch Ihr Screenshot rechts). Mehr als 20 Messpunkte lassen sich in einer Cloud-Installation (Verwendung des Access Points) nicht auswählen.

Lösung 1: Sie löschen andere Messpunkte, sodass sich dann der HmIP-STE2-PCB Sensor auswählen lässt.

Lösung 2: Sie verwenden eine HCU1 Zentrale, bei der die Messdaten lokal auf dem USB-Stick auf der Zentrale gespeichert werden und keine Begrenzung auf maximal 20 Messpunkte gegeben ist.



Frage von Herr Kammerer zum HmIP-BBL Jalousieaktor (Artikel-Nr. 151333):

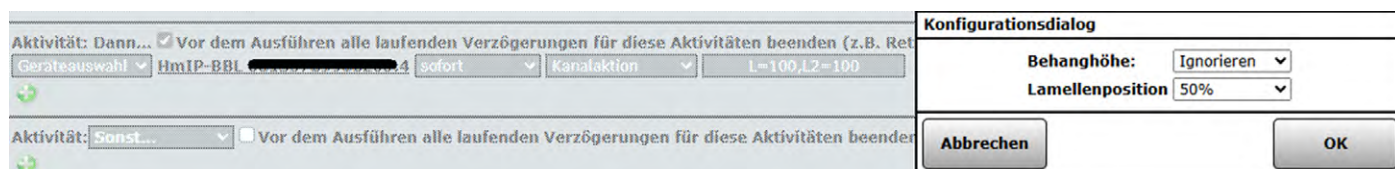
Ich möchte per CCU3-Zentralenprogramm ausschließlich die Lamellenposition verändern. Die Lamellen sollen sich auf 50 % öffnen. Nach Auslösung des Programms erfolgt jedoch keine Reaktion.

Antwort von ELV: Es ist immer notwendig, neben der Lamellenposition auch einen Befehl für die Behanghöhe zu setzen. Soll Letztere nicht verändert werden, wählen Sie den Wert „101 %“.

Beachten Sie hierzu auch den folgenden Screenshot:



Alternativ lässt sich die Steuerung auch via Kanalaktion wie folgt realisieren:

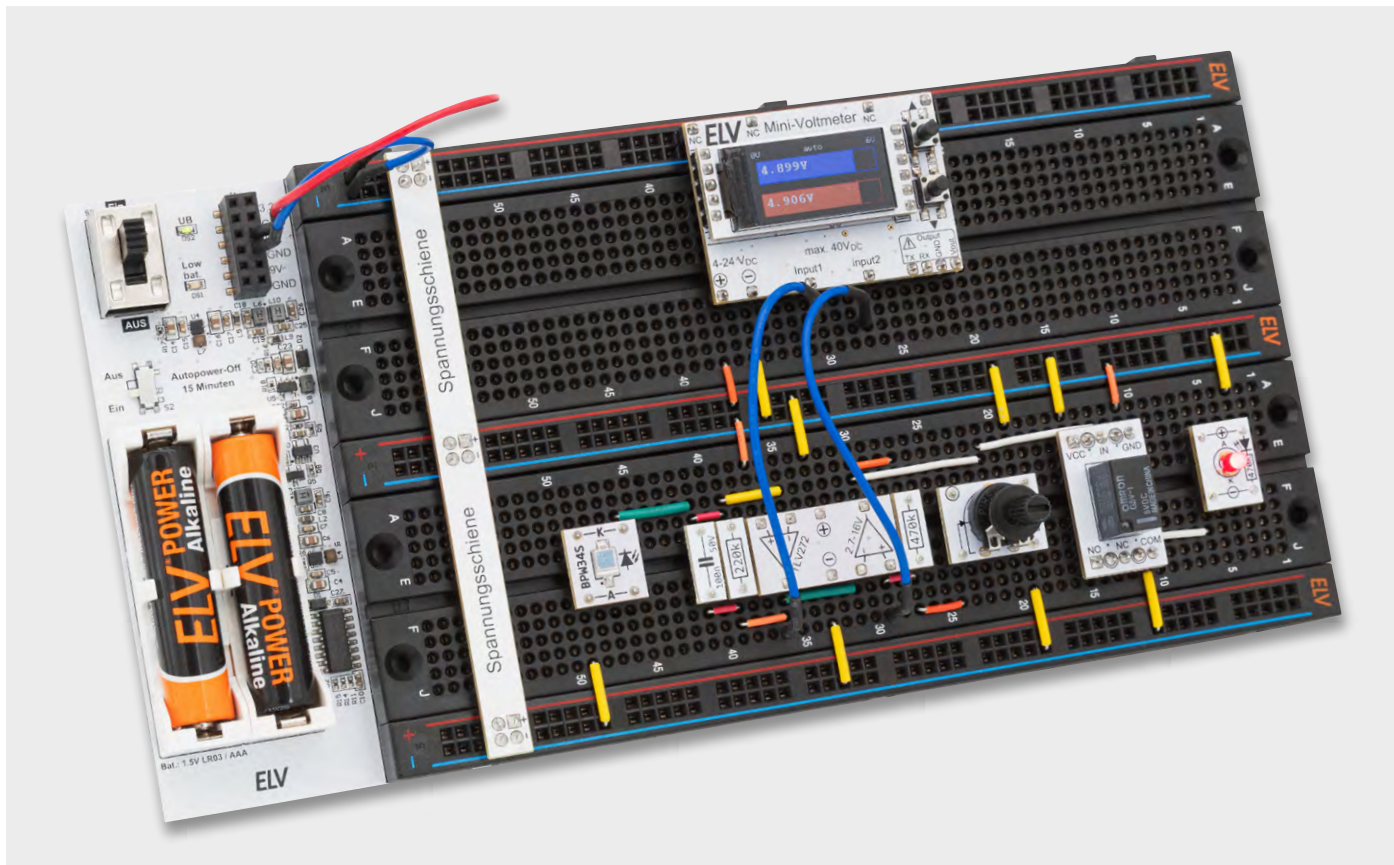


Technische Fragen?

Sie erreichen uns **montags bis donnerstags von 9.00-16.30 Uhr** und **freitags von 9.00-15.00 Uhr**. Halten Sie bitte Ihre ELV Kundennummer (wenn vorhanden) bereit.



[Kontaktformular](#)



EXSB-Midi

Experimentierboard mit autarker Spannungsversorgung

Das Experimentierboard EXSB-Midi dient zum Aufbau von Experimentierschaltungen und arbeitet dabei völlig unabhängig von einer externen Versorgungsspannung – dank integrierter Batterien. Diese generieren mittels Spannungswandler drei unterschiedliche Versorgungsspannungen von 3,3 V, 5 V und 9 V.

Infos zum Bausatz EXSB-Midi



Schwierigkeitsgrad:
leicht



Bau-/Inbetriebnahmezeit:
ca. 0,25 h



Besondere Werkzeuge:
keine



Lötfähigkeit:
nein



Programmierkenntnisse:
nein



Elektrofachkraft:
nein

Das neue Experimentierboard **EXSB-Midi** schließt die Lücke zwischen dem EXSB-Mini und dem EXSB1. Der entscheidende Vorteil ist die Spannungsversorgung über zwei integrierte Batterien. Endlich ohne externe Spannungsversorgung arbeiten bzw. experimentieren! Die Batterien generieren mittels Spannungswandler drei unterschiedliche Versorgungsspannungen: 3,3 V, 5 V und 9 V.

Ein weiteres Feature ist die Auto-Power-off-Funktion. Das Telefon klingelt oder es ist jemand an der Tür, und schon bleibt das Gerät versehentlich eingeschaltet. Um die Batterien zu schonen, schaltet Auto-Power-off die Versorgungsspannung automatisch nach 15 Minuten ab. Natürlich kann diese Funktion bei Bedarf auch deaktiviert werden.

Das relativ große Steckboard mit seinen 1480 Kontakten bietet reichlich Platz – auch für den Aufbau größerer Schaltungen. Wenn Sie auf die Schnelle eine Schaltung aufbauen möchten und keine passende Spannungsversorgung zur Verfügung steht, liegen Sie mit diesem Board genau richtig. Es bietet genügend Platz für 2-reihige Schaltungslinien, die in der Mitte von einem Spannungsversorgungsterminal unterbrochen sind.

Bild 1 zeigt, wie auch eine etwas größere Schaltung mit einem Mini-Spannungsmodul bequem Platz auf diesem Board findet; die Übersicht bleibt dabei erhalten. Für unser Beispiel haben wir die bewährten ELV Bauteile im PAD-Format verwendet. Die ELV PAD-Prototypenadapter ermöglichen einen einfachen Aufbau, denn die Module passen auf alle ELV Experimentierboards. Kein Anpassen, keine Suche nach passenden Teilen, einfach loslegen!

Funktionen und Einstellmöglichkeiten

In Bild 2 sind alle wichtigen Elemente des EXSB-Midi aufgezeigt und beschrieben. Auf der linken Seite ist die Elektronik untergebracht, wobei sich ein Teil davon unterhalb der Batteriehalter befindet. Über

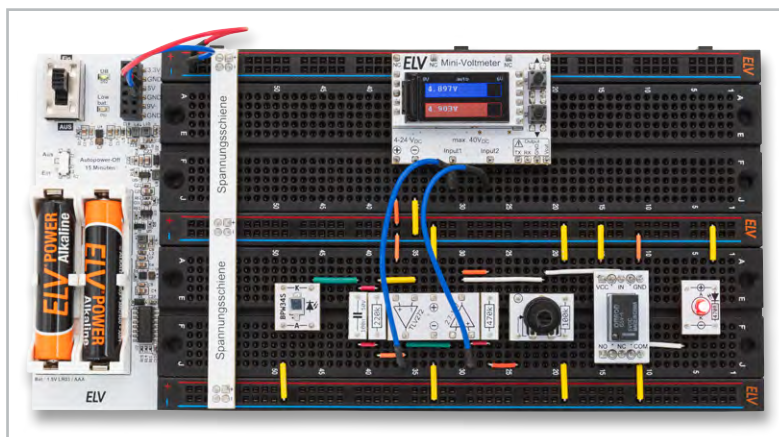


Bild 1: Beispielschaltung mit einem **Mini-Voltmeter-Modul** auf dem EXSB-Midi

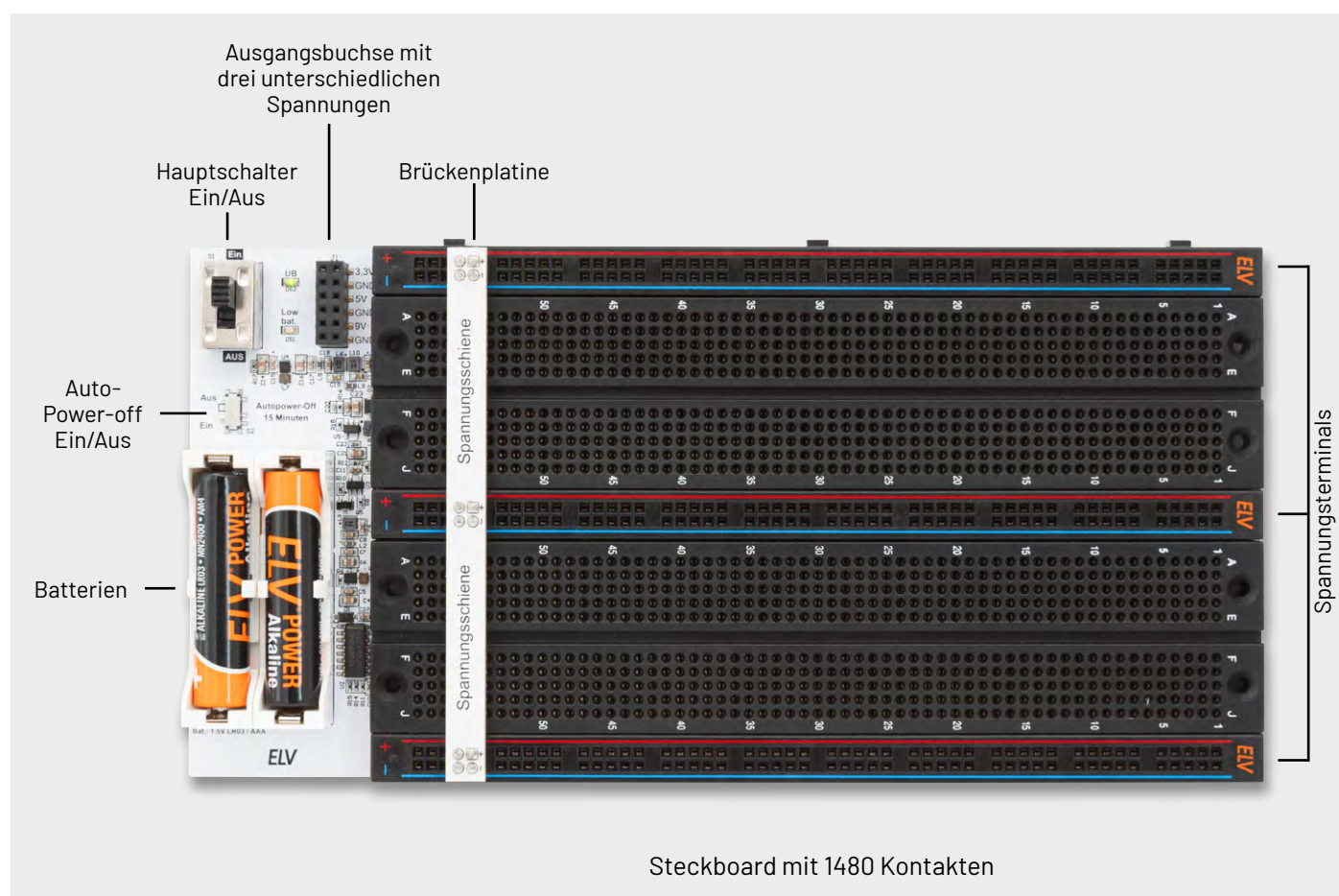


Bild 2: Die Bedienelemente des EXSB-Midi

den Hauptschalter wird die Versorgungsspannung ein- bzw. ausgeschaltet. Daneben befindet sich die Ausgangsbuchse, an der Sie die Spannungen 3,3 V, 5 V und 9 V entnehmen können. Die Anschlüsse GND sind alle miteinander verbunden und stellen den Minuspol der Ausgangsspannung dar.

Mit dem kleinen Schiebeschalter können Sie die Auto-Power-off-Funktion aktivieren bzw. deaktivieren. Ist die Funktion aktiviert, schaltet der Timer nach 15 Minuten das EXSB-Midi ab. Im Lieferumfang ist auch eine sogenannte Brückenplatine enthalten, mit der Sie die drei Spannungsterminals bei Bedarf verbinden können (Bild 3). Die Brückenplatine kann an einer beliebigen Stelle platziert werden.



Bild 3: Ansichten der Brückenplatine

Schaltung

Da die Ausgangsspannung größer als die Batterieingangsspannung ist, muss diese hochtransformiert werden. Im Schaltbild (Bild 4) ist zu erkennen, dass für jede Ausgangsspannung ein Step-up-Wandler, auch Boost-Converter genannt, vorhanden ist. Für die beiden Ausgangsspannungen 3,3 V und 5 V sind dies die Wandler U1 und U4 vom Typ [MAX17225](#). Die 9-V-Ausgangsspannung wird mit U5 vom Typ [TPS61040](#) generiert. Eine detaillierte Beschreibung der Funktionsweise eines Step-up-Wandlers finden Sie [hier](#).

Schauen wir uns zunächst den Spannungsverlauf beginnend mit der Batteriespannung im Detail an. Die Batteriespannung (2x 1,5 V/AAA-Batterie) gelangt zunächst auf einen speziellen Sicherungswiderstand RT1, der einen positiven Temperaturkoeffizienten (PTC – Positive Temperature Coefficient) besitzt. Der PTC ist reversibel, d. h., bei Überlastung erhöht sich der Widerstand und begrenzt so den Strom. Ist die Überlastung nicht mehr vorhanden, kühlt der PTC ab und nimmt wieder seinen Kaltwiderstand (ca. 1 Ω) an.

Der nachfolgende Hauptschalter S1 (Ein/Aus) ist 2-polig ausgeführt. Über S1A gelangt die Batteriespannung zum Transistor Q1, der zusammen mit Q2 einen elektronischen Schalter bildet, der durch ein Low-Signal an den beiden zusammengeführten Gate-Anschlüssen leitend wird. Der zweite Schal-

terpol S1B generiert beim Einschalten einen kurzen Spannungsimpuls, mit dem der elektronische Schalter aktiviert und der Auto-Power-off-Timer zurückgesetzt wird.

Schauen wir uns an, was genau passiert, wenn der Schalter S1 von der Stellung „Aus“ in die Stellung „Ein“ gebracht wird. Wie schon erwähnt, liegt an Q1 jetzt die Batteriespannung an. Im Normalfall sind Q1 und Q2 noch nicht leitend. Im Einschaltmoment wird mit S1B über R13 und C12 ein kurzer Spannungsimpuls generiert, der dafür sorgt, dass der Transistor Q4 leitend wird. Die Kollektor-Emitter-Strecke von Q4 legt die beiden Gate-Anschlüsse von Q1 und Q2 an Masse (Low Potential), woraufhin dieser elektronische Schalter leitend wird. Die Schaltung wird nun, wenn auch nur kurzfristig, mit Spannung versorgt. Entscheidend ist nun die Funktion des Auto-Power-off-Timers, der im Wesentlichen aus dem Zählerbaustein U2A besteht. Das Datenblatt des CD4060 kann [hier](#) heruntergeladen werden.

Im Blockschaltbild Bild 5 ist das Innenleben des CD4060 dargestellt. Es handelt sich um einen Binärzähler mit 14 Stufen mit einem integrierten Oszillator. Sobald dieser Baustein mit Spannung versorgt wird, startet der interne Oszillator, dessen Frequenz bei ca. 10 Hz durch die Bauteile R11, R14 und C10 bestimmt wird. Diese Basisfrequenz wird durch 14 hintereinander geschaltete Flip-Flops heruntergeteilt. Jedes Flip-Flop sorgt für eine Teilung durch 2. Bei 14 Stufen ergibt sich so ein Teilverhältnis von 2^{14} (16384) am Ausgang Q14. Im Normalfall, also nach einem Reset, liegt der Q14-Ausgang (Pin 3) auf Low Potential. Durch die Teilung der Oszillatorfrequenz mit dem Teilungsverhältnis von 16384 wechselt der Q14-Ausgang nach 15 Minuten auf High Potential. Diese Funktion nutzen wir als Auto-Power-off-Timer. Der Q14-Ausgang führt zum Transistor Q3. Beim einem Low-Pegel an der Basis wird der Transistor Q3 leitend und steuert den Transistor Q4 an, der wieder-

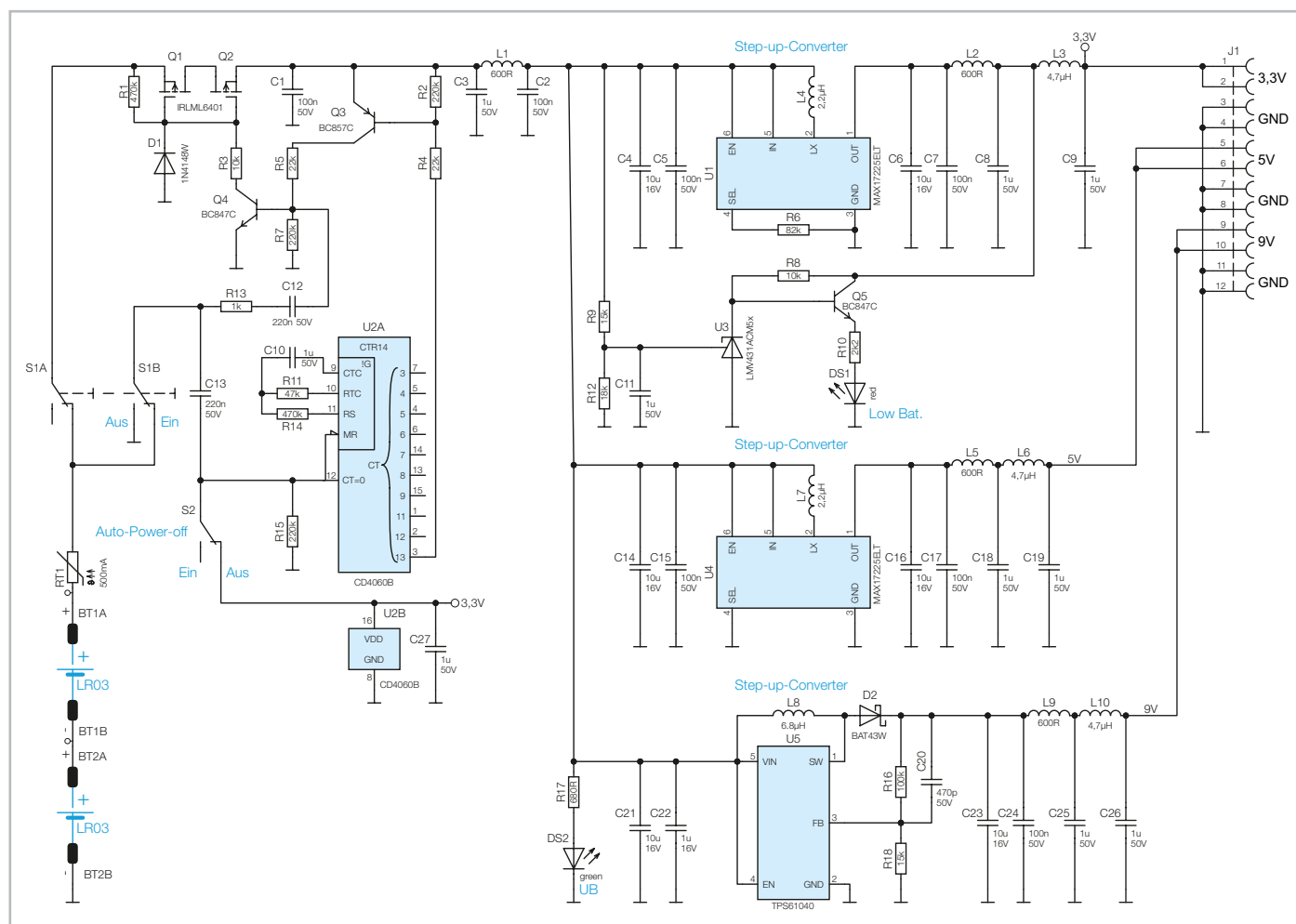
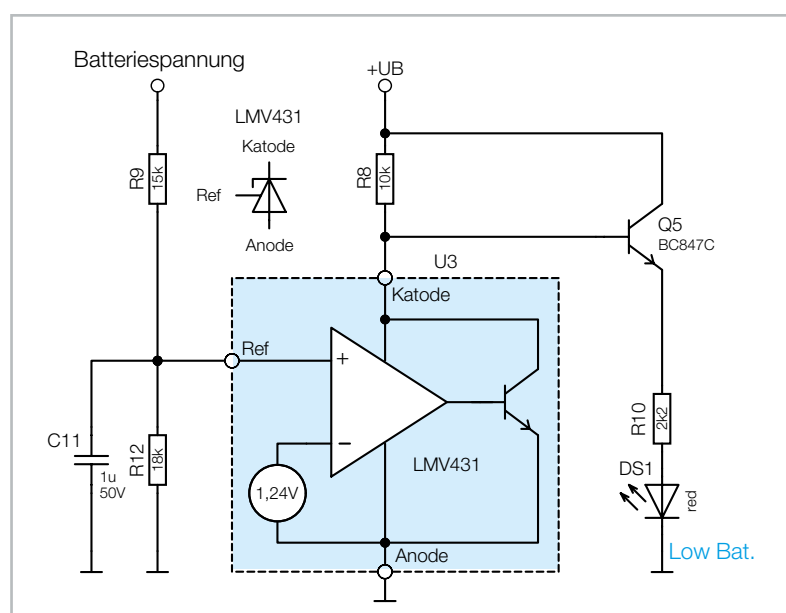


Bild 4: Schaltbild des EXSB-Midi

[illegible]

Um die Schaltung verstehen zu können, müssen wir uns die Funktion des LMV431 genauer anschauen. Eine interne Spannungsreferenz von 1,24 V ist mit dem invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers verbunden. Der Ausgang steuert einen NPN-Transistor, dessen Kollektor zugleich mit der Versorgungsspannung verbunden ist. Dieser Anschluss wird als Katode bezeichnet. Wir nutzen den LMV431 als Komparator, da keine Rückkopplung vom Ausgang zum Eingang besteht. Sinkt die Spannung am Eingang „Ref“ unter die interne Referenzspannung

von 1,24 V, geht der Ausgang des Operationsverstärkers auf Low Potential. Durch den internen Transistor findet eine Invertierung statt, und die Spannung am Anschluss „Katode“ steigt. Hierdurch wird der Transistor Q5 angesteuert, und die LED (DS1) leuchtet. Dies signalisiert dem Anwender, dass die Batteriespannung unter die kritische Marke von 2,3 V abgefallen ist und ein Batteriewechsel notwendig wird.

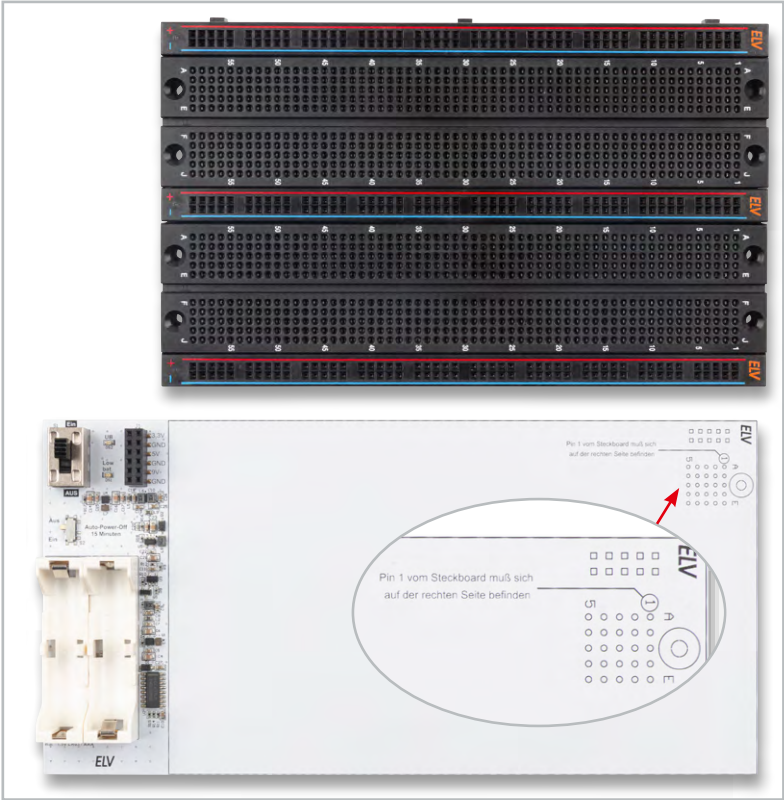


Bild 7: Fertig aufgebaute Platine und das Steckboard vor der Montage



Bild 8: An den markierten Stellen werden die Klebefüße angebracht.

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	EXSB-Midi
Versorgungsspannung:	2x 1,5 V LR03/Micro/AAA
Stromaufnahme:	max. 500 mA
Ausgangsspannungen:	3,3 V (max. 250 mA) 5 V (max. 180 mA), 9 V (max. 70 mA)
Sonstiges:	Auto-Power-off (deaktivierbar/15 min) Low-Bat.-Anzeige
Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
Abmessungen (B x H x T):	200 x 100 x 18 mm
Gewicht:	215 g/235 g (ohne/mit Batterien)

Stückliste

Widerstände:	
680 Ω/SMD/0402	R17
1 kΩ/SMD/0402	R13
2,2 kΩ/SMD/0402	R10
10 kΩ/SMD/0402	R3, R8
15 kΩ/SMD/0402	R9, R18
18 kΩ/SMD/0402	R12
22 kΩ/SMD/0402	R4, R5
47 kΩ/SMD/0402	R11
82 kΩ/SMD/0402	R6
100 kΩ/SMD/0402	R16
220 kΩ/SMD/0402	R2, R7, R15
470 kΩ/SMD/0402	R1, R14
PTC/0,5 A/6 V/SMD	RT1
Kondensatoren:	
470 pF/50 V/SMD/0402	C20
100 nF/50 V/SMD/0603	C1, C2, C5, C7, C15, C17, C24
220 nF/50 V/SMD/0603	C12, C13
1 µF/16 V/SMD/0402	C22
1 µF/50 V/SMD/0603	C3, C8-C11, C18, C19, C25-C27
10 µF/16 V/SMD/0805	C4, C6, C14, C16, C21, C23
Halbleiter:	
MAX17225ELT/SMD	U1, U4
CD4060B/SMD	U2
LMV431/SMD	U3
TPS61040/SMD	U5
IRLML6401/SMD	Q1, Q2
BC857C, SMD	Q3
BC847C/SMD	Q4, Q5
1N4148W/SMD	D1
BAT43W/SMD	D2
LED/rot/SMD/0603	DS1
LED/grün/SMD/0603	DS2
Sonstiges:	
Chip-Ferrit, 600 Ω bei 100 MHz	L1, L2, L5, L9
Speicherdrossel, SMD,	
4,7 µH/0,7 A	L3, L6, L10
2,2 µH/1,5 A	L4, L7
6,8 µH/0,94 A	L8
Schiebeschalter, 2x um	S1
Schiebeschalter, 1x ein, SMD	S2
Buchsenleiste, 2x 6-polig, SMD	J1
Batteriehalter mit THT-Batterie-	
kontakten für LR03	BT1, BT2
Stiftleisten, 2x 2-polig, gerade, THT	J1, J2, J3
Gehäusefüße, selbstklebend, transparent	

Nachbau

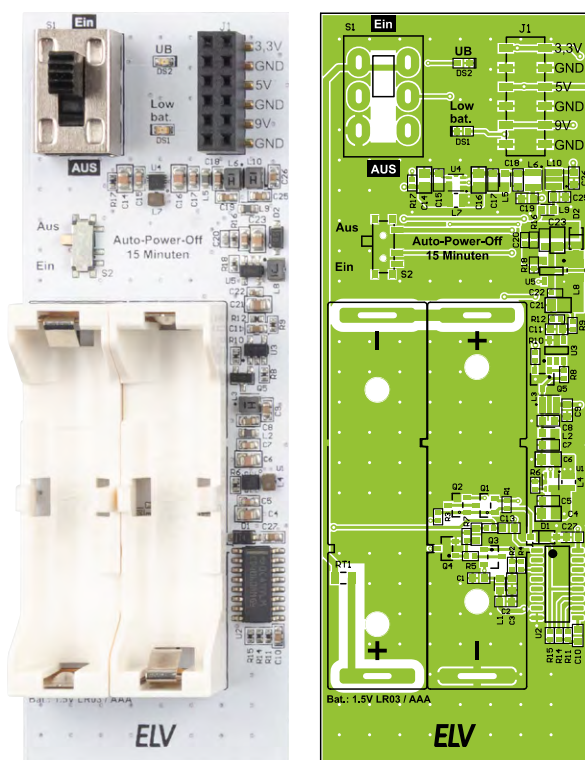
Der Nachbau gestaltet sich recht einfach, da es sich um einen sogenannten ARR-Bausatz handelt. Das Kürzel ARR steht für „Almost Ready to Run“, was bedeutet, dass die Schaltung fast fertig aufgebaut ist und mit sehr geringem Aufwand fertiggestellt werden kann. Diese Arbeiten kommen in der Regel ohne zusätzliche Werkzeuge aus, und es sind keine Lötarbeiten notwendig.

In unserem Fall muss lediglich das Steckboard auf die Platine aufgeklebt werden. Hierbei ist auf die korrekte Einbauposition zu achten. Die Position sollte so wie in [Bild 7](#) dargestellt verwendet werden, also so, dass Pin 1 auf der rechten Seite ist. Von der Funktion her ist es egal, wie herum man das Board aufklebt. Für spätere Anwendungsbeispiele ist es jedoch vorteilhaft, wenn die Nummerierung einheitlich ist.

Nachdem die rückseitige Schutzfolie entfernt wurde, kann das Steckboard aufgeklebt werden.

Achtung! Die Klebekraft ist sehr stark – einmal fixiert lässt sich das Board nicht mehr ohne Beschädigung von der Platine lösen!

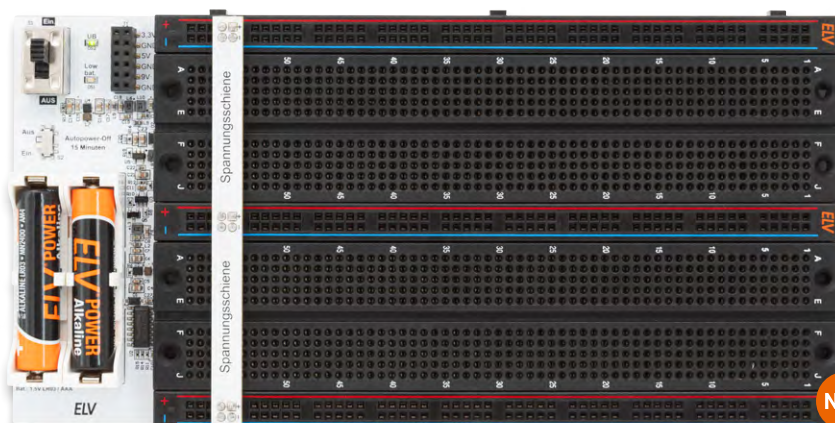
Zum Schluss werden auf der Platinenunterseite 5 Klebefüße angebracht (siehe [Bild 8](#)). **ELV**



Experimentierboard EXSB-Midi

ELV

- Experimentierschaltungen ohne externe Versorgungsspannung: Dank integrierter Spannungsversorgung – versorgt über zwei Batterien (nicht inkl.)
- Gängige Versorgungsspannungen von 3,3 V, 5 V und 9 V stehen zur Auswahl
- Auto-Power-off-Funktion schaltet die Versorgungsspannung nach 15 Minuten automatisch ab (deaktivierbar)
- Kompakte Bauweise: Auf nur 20 x 10 cm finden 1480 Kontakte Platz
- Schutzbeschaltungen gegen Kurzschluss und Überlastung
- Voll kompatibel mit all unseren Prototypenadaptern (PADs)
- High-Quality-Steckboard
- Inkl. Brückenplatine (Spannungsschiene) zum Verbinden der Spannungslinien auf dem Board
- **ARR-Bausatz**, es sind somit keine Lötarbeiten erforderlich – lediglich das Steckboard und die Gehäusefüße müssen aufgeklebt werden



EXKLUSIV

BAUSATZ

39,95 €*

Artikel-Nr. 162190

Zum Produkt

* Die angegebenen Preise sind unverbindlich, entsprechen dem Stand bei Redaktionsschluss und können sich aufgrund von Verfügbarkeit, Marktentwicklung oder tagesaktueller Kalkulation ändern.

Das ELV-Modulsystem

Gestalten Sie Ihre Lösung



Experimentierplattform für LoRaWAN® ELV-BM-TRX1



- Für Experimente mit Ultra Low Power und Long-Range-Sensoren für LoRaWAN®
- Verwendung im lizenzfreien Frequenzband (863-870 MHz)
- Sehr stromsparend
- Hohe Funkreichweite: typ. bis zu 15 km Freifeld
- Stand-alone einsetzbar, Breadboard-kompatibel
- Plug-&-Play-Funktionalität: Experimente einfach möglich
- Fertig aufgebaut – kein Löten erforderlich
- Experimentierbeispiel bereits aufgespielt – kann sofort als Experimentierplattform mit Firmware-Beispiel genutzt werden



[Zum Produkt](#)

24,95 €*

Artikel-Nr. 158052

Smart Home Sensor-Base ELV-SH-BM-S



- Ausgewählte Applikationsmodule aus dem ELV-Modulsystem direkt mit Homematic IP nutzen
- Flexible Versorgung über eines der Powermodule aus dem ELV-Modulsystem
- Stand-alone als 8-Kanal-Kontaktinterface nutzbar
- 8 Kanäle für direkte Verknüpfungen und 8 Messwertkanäle für Sensordaten
- Low-Power-Design ermöglicht Batteriebetrieb



[Zum Produkt](#)

29,95 €*

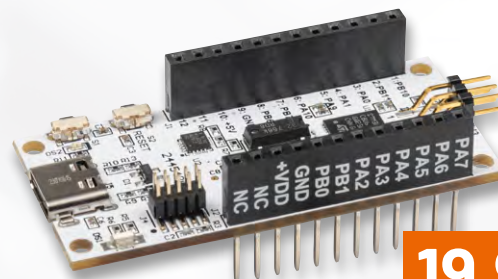
Artikel-Nr. 158314

Hinweis: Die ELV Smart Home Sensor-Base ist ausschließlich für den Betrieb an der Smart Home Zentrale CCU3 vorgesehen. Eine Implementierung in die Homematic IP Cloud (App) ist aktuell nicht vorgesehen.

Basismodul Mikrocontroller ELV-BM-MCU



- Experimentier- und Lernplatine zur Programmierung von Mikrocontrollern
- Einfache Inbetriebnahme durch Nutzung der Arduino-Entwicklungsumgebung
- Energiesparmodus: Im Sleep-Modus verbraucht der Prozessor nur 3 µA
- Kompatibel mit dem ELV-Modulsystem – mit ELV-PM-LR03 und ELV-EM-PP1 können eigene batteriebetriebene Prototypen entwickelt werden



[Zum Produkt](#)

19,95 €*

Artikel-Nr. 160856

Hinweis: Die ELV-BM-MCU ist frei/individuell programmierbar

Legende

● Kompatibel mit ELV-LW-Base

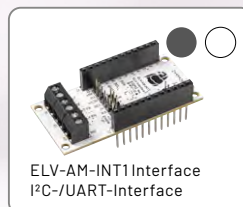
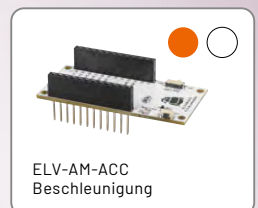
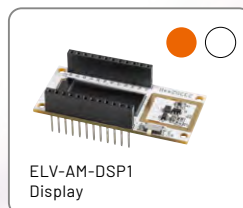
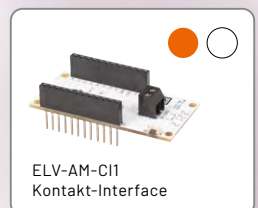
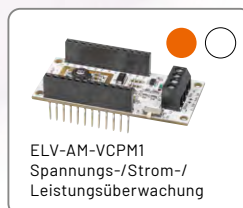
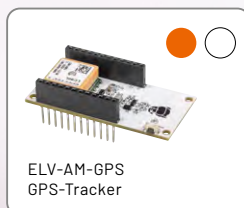
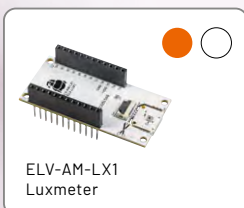
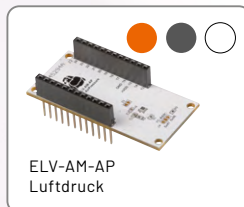
● Kompatibel mit ELV-SH-BM-S

○ Kompatibel mit ELV-BM-MCU

Die Powermodule

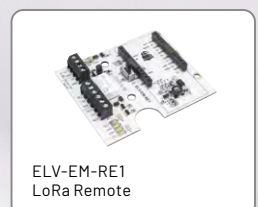
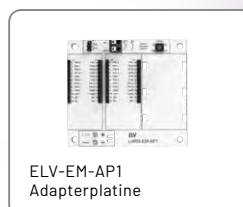
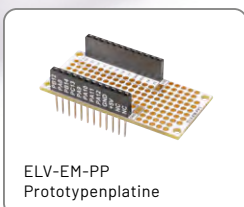


Die Applikationsmodule



Erweiterungsmodule und Zubehör

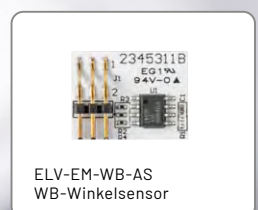
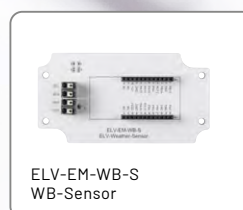
Erweiterungsmodule



Modulares Gehäuse



Wetterboard



Grundig Satellit 2100

Die Restaurierung einer Ikone

Seit Jahrzehnten ist das Radio eine unentbehrliche Quelle für Informationen und Unterhaltung. Kaum ein Radiotyp verkörpert jedoch den Geist weltweiter Kommunikation so sehr wie das Weltempfängergerät. Diese hochentwickelten Geräte ermöglichten es den Hörern, Sendungen aus der ganzen Welt zu empfangen, sie brachten Nachrichten, Kultur und Musik aus fernen Ländern in die Wohnzimmer rund um den Globus. Im Gegensatz zu herkömmlichen Haushaltsradios waren Weltempfänger speziell für den Empfang internationaler Kurzwellensendungen konzipiert, was sie für Journalisten, Diplomaten und Radio-Enthusiasten gleichermaßen unverzichtbar machte.



Über den Autor

Manuel Caldeira schloss sein Studium der Elektrotechnik an der University of Natal (Durban) 1985 ab. Direkt nach der Universität begann er, bei Siemens (Südafrika) zu arbeiten. Danach ging er in die Wirtschaft, anstatt in der Technik zu bleiben. Schließlich kehrte er zur Elektronik zurück und restauriert alte Röhrenradios. Er tüftelt so ziemlich an allem, was ihm auf dem Gebiet der Elektronik gefällt. Von seinem Wohnsitz auf Madeira aus betreibt Manuel Caldeira auf Youtube den Kanal [Electronics Old and New by M Caldeira](#), der sich hauptsächlich mit Röhrenradios beschäftigt. In den vergangenen acht Jahren hat er dazu mehr als 610 Videos veröffentlicht. Mittlerweile hat er mehr als 28.000 Abonnenten.



Bild 2: Das letzte Modell vor dem Einzug der Digitalisierung (Quelle: hifi-archiv.info)

Jenseits seiner technischen Vorzüge markiert das Satellit 2100 einen Wendepunkt in der Radiogeschichte. Es zählt zu den letzten großen analogen Weltempfängern, bevor das digitale Zeitalter begann, die Radiotechnik grundlegend zu verändern. Geräte wie das Satellit 2100 wurden von Reisenden, Journalisten und Funkenthusiasten verwendet, die auf Kurzwelle angewiesen waren, um aktuelle Nachrichten und Unterhaltung aus aller Welt zu empfangen. Noch heute ist dieses Modell bei Sammlern hochbegehrt – nicht nur wegen seiner beeindruckenden Empfangsleistung, sondern auch aufgrund seiner historischen Bedeutung als einer der letzten rein analogen Weltempfänger von Grundig, bevor digitale Anzeigen und PLL-Synthesizer Einzug hielten (siehe Bild 2).

All diese Aspekte – das herausragende Design, der historische Stellenwert und die technische Raffinesse – machen das Satellit 2100 zu einem idealen Objekt für eine Restaurierung. Es wieder zum Leben zu erwecken, bedeutet nicht nur, ein Stück Ingenieurskunst zu bewahren, sondern auch, das handwerkliche Können und die technische Kreativität einer Ära zu würdigen, in der der Kurzwellenfunk seinen Höhepunkt erlebte.

Was kostet ein Grundig Satellit 2100?

Heute ein Grundig Satellit 2100 für die Restaurierung zu erwerben, ist sowohl eine Chance als auch eine Herausforderung. Diese Radios wurden in den 1970er-Jahren zwar in großer Stückzahl produziert und international verkauft, doch gut erhaltene oder restaurierungsfähige Exemplare werden zunehmend seltener. Mit wachsender Nachfrage von Sammlern und Liebhabern sind die Preise auf dem Secondhandmarkt entsprechend gestiegen.

Der Kaufpreis für ein Satellit 2100 hängt stark vom Zustand, der Vollständigkeit und der Herkunft ab. Ein nicht funktionierendes oder „nur für Teile“ geeignetes Gerät findet man mit etwas Glück für 50 bis 100 Euro. Vollständige, aber ungetestete oder defekte Geräte liegen meist bei 150 bis 250 Euro. Ein funktionsfähiges Gerät im guten optischen Zustand kostet oft mehr als 300 Euro, während neuwertige

Exemplare oder Geräte in Originalverpackung auf Auktionsplattformen oder bei Spezialhändlern auch die 500-Euro-Marke überschreiten.

Ein weiterer Grund für die steigenden Preise ist die Praxis des Ausschachtens. Verkäufer zerlegen Radios und verkaufen Einzelteile separat, dies ist besonders online weit verbreitet. Knöpfe, Skalen, Lautsprechergitter, Platinen oder selbst die Teleskopantenne erzielen einzeln oft überraschend hohe Preise.

Dies mag für Restauratoren zwar praktisch sein, wenn ein seltenes Ersatzteil benötigt wird – gleichzeitig sinkt jedoch die Zahl der brauchbaren kompletten Geräte auf dem Markt, was die Preise für un-restaurierte Exemplare weiter steigen lässt.

Die eigentlichen Restaurierungskosten gehen über den Kaufpreis hinaus. 50 bis 100 Euro sollten mindestens für Ersatzteile eingeplant werden: neue Elektrolytkondensatoren, Skalenlampen, Schalter, Potentiometer, Lautsprecherschaumstoff (falls nötig) und eventuell Transistoren oder Dioden bei Defekten.

Wenn kosmetische Arbeiten anstehen – etwa verblasste Aufdrucke erneuern, Gehäuseschäden reparieren oder fehlende Knöpfe ersetzen – kommen weitere Kosten hinzu. Werkzeuge wie Signalgenerator, Multimeter, Lötstation und Abgleich-Werkzeuge sind hilfreich, aber nicht zwingend nötig. Für diejenigen, die alles selbst restaurieren, muss je nach Zustand des Radios und Restaurierungsumfangs mit insgesamt 200 bis 400 Euro gerechnet werden. Das klingt zunächst viel, ist aber für einen Weltklasseempfänger, der nach erfolgreicher Restaurierung mit einer Spitzenleistung, einem eigenen Charakter und Sammlerwert glänzt, durchaus gerechtfertigt. Und natürlich ist das Erfolgserlebnis, ein selbst restauriertes Gerät in Betrieb zu nehmen, ohnehin unbezahlbar.

Vorbereitung ist alles

Bevor es richtig losgeht, ist es grundsätzlich eine gute Idee, möglichst viele Referenzmaterialien zusammenzutragen. Unverzichtbar ist das vollständige Service-Handbuch mit Schaltplänen, Abgleichdaten, Platinenlayouts und mehr. Glücklicherweise sind diese Handbücher noch recht leicht online in Foren, Archiven oder auf Sammler-Websites zu finden.

Ebenso wertvoll sind Restaurationsberichte von anderen – ob als detaillierte Forenbeiträge oder Schritt-für-Schritt-Videos auf YouTube. Sie liefern wichtige Einblicke in bekannte Schwachstellen, knifflige Arbeitsschritte oder clevere Tricks, die man in offiziellen Dokumentationen vergeblich sucht.

Auf meinem eigenen [Youtube-Kanal](#) gibt es z. B. Videos zur vollständigen Restaurierung von zwei Satellit-2100-Geräten, inklusive aller Problemlösungen, Reparaturschritte und meiner Lehren aus Fehlern. Viele andere haben ihre Projekte ebenfalls dokumentiert – ein Fundus an wertvollen Tipps.

Sich vorab zu informieren, spart am Ende Zeit, bewahrt vor Fehlern und liefert oft neue Ideen. Mein Rat: zuerst die Hausaufgaben machen – dann loslegen.

Was macht das Satellit 2100 so besonders?

Trotz harter Konkurrenz auf dem Markt der Mehrbandempfänger in den 1970er-Jahren setzte sich das Grundig Satellit 2100 mit mehreren herausragenden Merkmalen deutlich von seinen Mitbewerbern ab:

1. Doppel-Superhet für Kurzwele

Anders als viele Empfänger dieser Zeit mit Einkreisempfängern nutzt das Satellit 2100 ein Doppel-Superhet-Prinzip für die Kurzwellenbereiche (siehe Bild 3). Diese Architektur verbessert die Unterdrückung von Spiegelfrequenzen und die Selektivität erheblich – vor allem in den dicht belegten Bereichen des Kurzwellenbands. Mit einer Zwischenfrequenz von 2 MHz, die dann auf 460 kHz umgesetzt wird, erreicht das Gerät eine hohe Abstimmgenauigkeit und Stabilität. Damit war es ein echter Weltklasse-Empfänger und ideal für ernsthaftes DXing (Langstreckenempfang).

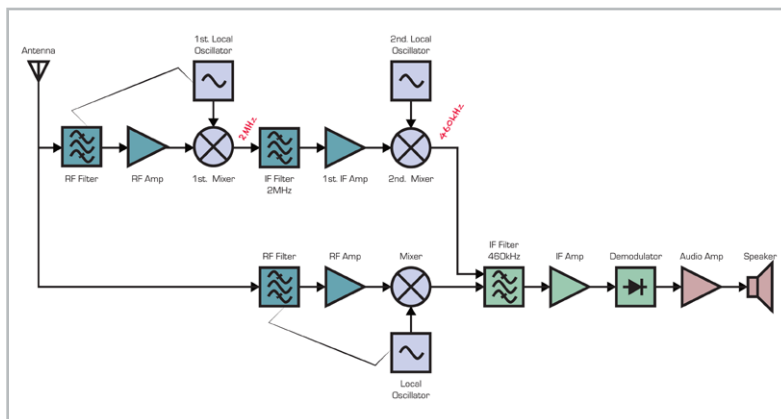


Bild 3: Blockschaltbild des AM-Teils: zeigt Doppelumwandlung für Kurzwele

2. Trommel-Dreheswitcher für die Kurzwellenbänder (SW3-10)

Ein weiteres mechanisches Highlight ist der Trommel-Dreheswitcher, der die Kurzwellen-Teilbänder SW3 bis SW10 anwählt. Statt komplette Signalpfade für jedes Band zu duplizieren, bleibt der Haupt-Kurzwellenkreis konstant, während nur die frequenzspezifischen Abstimm- und Filtermodule mechanisch per Trommel zugeschaltet werden. Durch diese elegante Lösung bleibt das Radio kompakt und zuverlässig, während gleichzeitig eine hohe Selektivität über einen breiten Bereich von Kurzwellenfrequenzen erhalten bleibt. Die Struktur dieses Systems ist in den heller schattierten Abschnitten von Bild 4 dargestellt, die die spezifischen Komponenten zeigen, die für jedes Band in die Schaltung einbezogen werden.

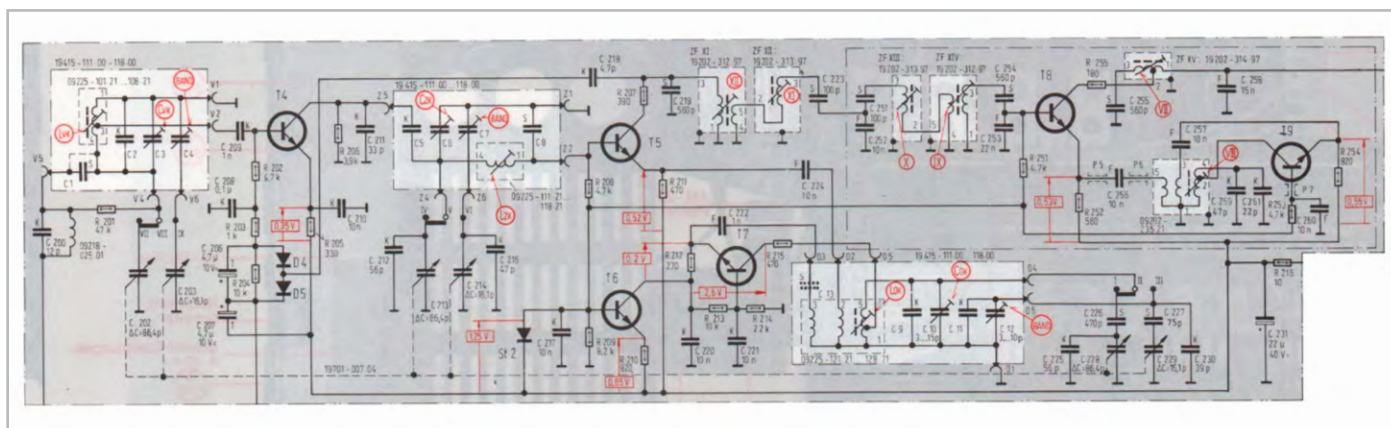


Bild 4: Frequenzspezifische Tuning- und Filterblöcke (Light Shades) werden über den Barrel-Selektor in die Basisschaltung eingeschleift, um verschiedene Bereiche auf SW zu wählen.

3. Integrierte, bandübergreifende Abstimmung innerhalb der Kurzwellenbereiche

Anstelle eines separaten Feinabgleichs oder eines alleinigen Zeitlupen-Abstimmknopfs verfügt das Satellit 2100 über ein cleveres Dual-Skalen-System innerhalb jedes Kurzwellenbands. Der Nutzer kann damit zwischen einem weiten Bereich und einer engen Bandbreite für wichtige Kurzwellen-Sendegebiete wählen. Beispiel: Auf SW6 reicht der normale Bereich von 10,5 bis 13,2 MHz, während im Bandspreiz-Modus nur 11,6 bis 12,1 MHz abgedeckt werden – genau das kommerzielle 25-Meter-Band (siehe Bild 5). Das erhöht die Auflösung spürbar und erleichtert das präzise Abstimmen bei viel Funkverkehr auf dem Band erheblich.



Bild 5: Normal- und Spread-Wahlschalter ermöglicht „Feinabstimmung“ innerhalb der SW-Bänder.

4. Herausragende Audioqualität

Ein weiteres Glanzstück des Satellit 2100 ist seine exzellente Klangqualität, die es deutlich von vielen anderen portablen Weltempfängern seiner Zeit abhebt. Es verfügt über einen großen Breitbandlautsprecher in Kombination mit einem Hochtöner, was für einen weiten Frequenzgang und einen vollen, detailreichen Klang sorgt. Der Breitbandlautsprecher übernimmt Bass- und Mittenbereiche, während der Hochtöner klare Höhen liefert – ideal für Nachrichten, Musik und Kurzwellenempfang gleichermaßen. Auch die Verstärkerschaltung ist mit Blick auf hohe

Klangtreue ausgelegt: Sie liefert niedrige Verzerrungen und hohe Leistungsreserven für eine klare Wiedergabe auch bei höheren Lautstärken. Diese Liebe zum Detail sorgt dafür, dass das Satellit 2100 auch heute noch mit seinem warmen, ausgewogenen Klang überzeugt – perfekt für ausgedehnte Hörsessions.

Unser Restaurationsobjekt: erste Inspektion und bekannte Schwachstellen

Das Exemplar, das ich in dieser Serie restauriere, wurde in optisch gutem Zustand erworben (Bild 6) – ein vielversprechender Startpunkt. Der Verkäufer beschrieb es als „ungeprüft“ – ein dehnbarer Begriff, der alles von voll funktionsfähig bis komplett defekt bedeuten kann. Deshalb habe ich es nicht gleich eingeschaltet: Ein alter Empfänger kann durch voreiliges Einschalten Schäden erleiden oder bestehende Probleme verschärfen.



Bild 6: Unser Restaurationskandidat: Sieht außergewöhnlich gut aus, aber wie ist der tatsächliche Zustand? Das Abenteuer beginnt ...

Die folgenden Bilder zeigen typische Schwachstellen, die man bei einer ersten Sichtkontrolle beachten sollte. Mein Gerät wirkt vollständig und sauber, doch es ist wichtig, bekannte Schwachstellen frühzeitig zu erkennen.

Zwei häufige Problemzonen im oberen Bereich des Geräts zeigt Bild 7: verbogene oder abgebrochene Teleskopantennen sowie beschädigte oder festsitzende Bandschalter. Letztere neigen zu innerer Verschmutzung oder Abnutzung, was sich in hakeliger oder unzuver-



Bild 7: Antennen und Schalter – oft ein Thema

lässiger Funktion äußert. Glücklicherweise lassen sich diese Mängel meist mit Kontaktreiniger und vorsichtiger Schmierung beheben. Schwieriger ist es mit beschädigten Antennen: Zwar sind Originalersatzteile verfügbar, allerdings oft zu hohen Preisen. Umso erfreulicher ist es, dass bei meinem Exemplar die Antenne gerade und unversehrt ist und sich die Schalter frei bewegen lassen – ein gutes Zeichen, auch wenn ein Blick ins Innere noch aussteht.

Bild 8 richtet den Fokus auf die Frontplatte und die Schiebeschalter. Diese Kunststoffasten neigen mit zunehmendem Alter zur Sprödigkeit und brechen nicht selten ab – besonders bei Geräten mit intensiver Nutzung. In vielen Fällen lassen sich die Tasten mit Epoxidharz reparieren, alternativ gewinnt der 3D-Druck als zuverlässige Lösung zunehmend an Bedeutung. Allerdings sind auch originale Ersatzteile, falls überhaupt noch erhältlich, nicht vor altersbedingter Brüchigkeit gefeit – und somit oft keine dauerhafte Lösung. Bei diesem Gerät sind zum Glück alle Tasten vollständig und unversehrt erhalten, wenn auch ihre Funktionstüchtigkeit noch zu prüfen ist.



Bild 8: Die Wahlschalter sind oft abgebrochen oder fehlen.

Bild 9 zeigt die rotierende Bandtrommel für die Kurzwellenbereiche SW3 bis SW10. Dieses mechanisch komplexe, elegant konstruierte Bauteil ist anfällig für Probleme wie Fehlstellungen, Durchrutschen oder völliges Festsetzen infolge verharzter Schmierstoffe oder gebrochener Gestänge. Ein unsachgemäßer Funktionstest mit Gewalt kann hier schnell Schäden verursachen. Umso wichtiger ist es, diese Einheit nach dem Öffnen des Gehäuses vorsichtig zu reinigen und zu prüfen.

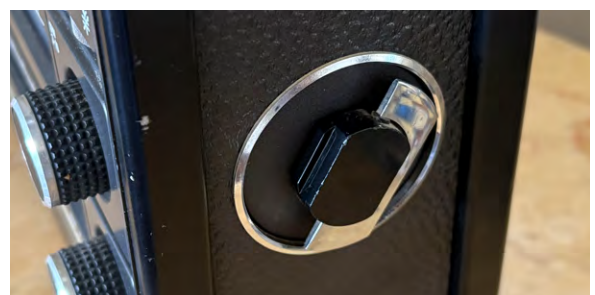


Bild 9: Trommelbandwähler – oft innen verklemmt oder lose

Bild 10 befasst sich mit der Rückseite und den unteren Gehäuseklappen. Beide Zugangspaneele sind vollständig erhalten – eine Seltenheit, da sie häufig fehlen oder durch ausgelaufene Batterien bzw. Hitzeschäden gerissen oder verzogen sind. Zwar lassen sich Ersatzklappen heutzutage kostengünstig beschaffen oder drucken, doch originale, gut erhaltene Teile sind ein echter Glücksfall. Trotzdem bleibt ein kritischer Blick ins Batteriefach unerlässlich – Korrosion ist bei diesem Modell ein bekanntes Problem.

Knöpfe, Frontplatte und Zierleisten verdienen ebenfalls Aufmerksamkeit: Leichte Gebrauchsspuren sind vorhanden, aber die Markierungen sind klar und alles ist stabil. Wichtig: Restaurierung bedeutet



Bild 10: Abdeckungen auf der Rück- und Unterseite fehlen häufig.

nicht, jede Gebrauchsspur zu tilgen. Ein gewisses Maß an Patina verleiht Charakter und Authentizität. Die Botschaft an alle, die ein ähnliches Projekt ins Auge fassen: nicht von feststehenden Schaltern, verbogenen Antennen oder fehlenden Teilen entmutigen lassen! Diese Radios wurden servicefreundlich gebaut, und mit Geduld – unterstützt durch die wachsende Restaurations-Community (u. a. mein Youtube-Kanal) – lassen sich die meisten Probleme lösen.

Diese äußere Sichtprüfung ist nur der Anfang. Als Nächstes nehmen wir den inneren Zustand unter die Lupe. **Jetzt wird es spannend!**

Ein erster Blick ins Innere

Wie bereits erwähnt, ist ein detailliertes Service-Handbuch Gold wert – dieses hier übertraf meine Erwartungen. Es enthält sogar eine Anleitung zum sicheren Ausbau des Chassis.

Zum Organisieren verwende ich einen Plastikbehälter (**Bild 11**), Schrauben sortiere ich in beschriftete Tütchen – eine kleine Mühe, die den späteren Zusammenbau enorm erleichtert.

Ein paar bewährte Tricks aus der Praxis:

- **Knöpfe abziehen:** Zwei Teelöffel als Hebel helfen beim sanften und gleichmäßigen Abhebeln (**Bild 12**).
- **Kabel trennen:** Wenn nötig, direkt an der Lötstelle kappen und einen kurzen Rest des Farbmantels stehen lassen (**Bild 13**) – das erleichtert später das Wiederanlöten.
- **Fotografieren:** Jeden Schritt dokumentieren! Mit den heutigen Smartphones kein Problem – und später eine unschätzbare Hilfe.

Nun beginnt die eigentliche Arbeit

Mit dem jetzt ausgebauten Chassis haben wir endlich den vollständigen Blick auf unser Projekt. Alles ist zugänglich – und gibt den Blick frei auf ein umfangreiches Innenleben. Auf den ersten Blick wirken die vielen beweglichen Teile und Teilsysteme dieses Radios wie ein Berg Arbeit. Aber keine Sorge – es sieht schlimmer aus, als es ist.



Bild 11: Alle entfernten Teile an einem Ort aufbewahren, damit nichts verloren geht

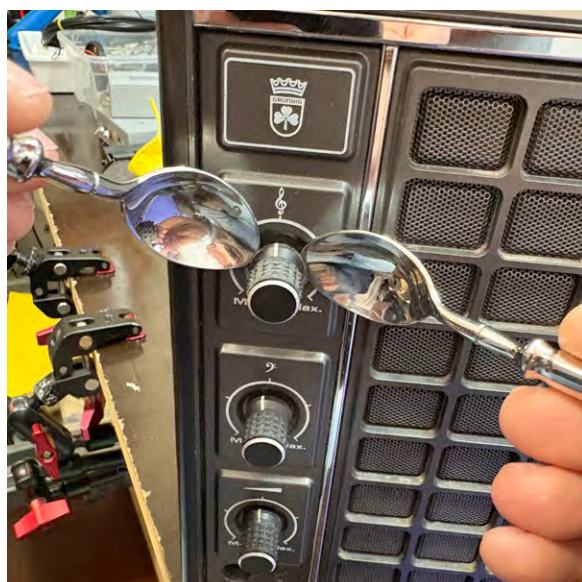


Bild 12: Die besten Werkzeuge zum Entfernen festsitzender Knöpfe

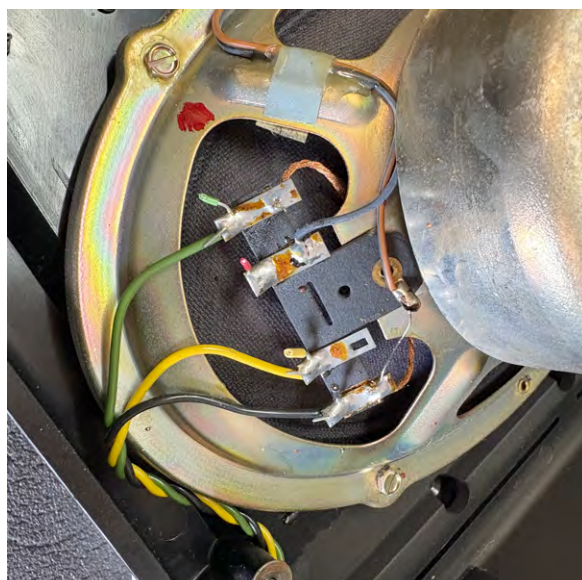


Bild 13: Kurzes Stück der Aderhülle stehen lassen (statt auszulöten)

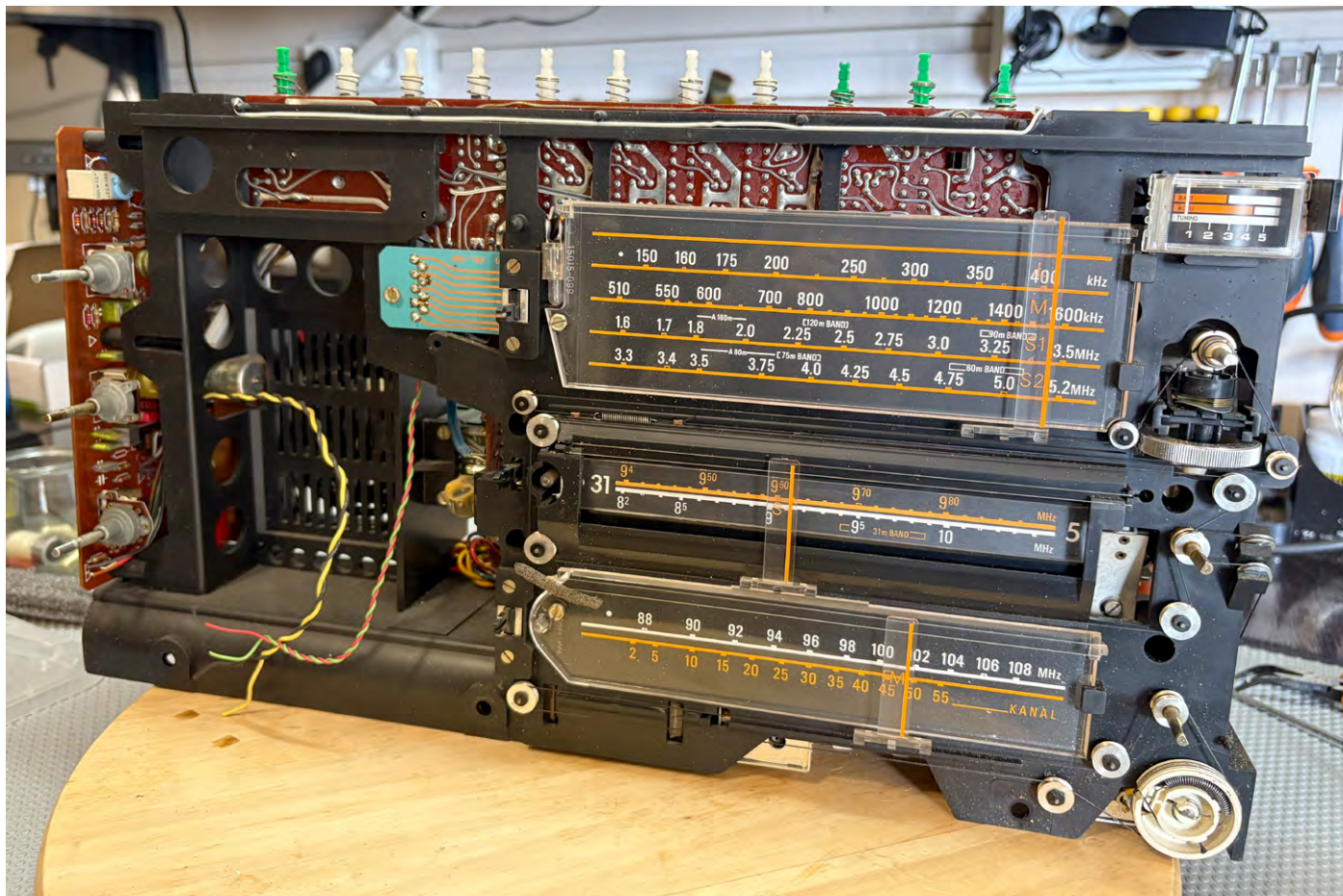


Bild 14: Die Frontansicht dieses Wunderwerks der Technik

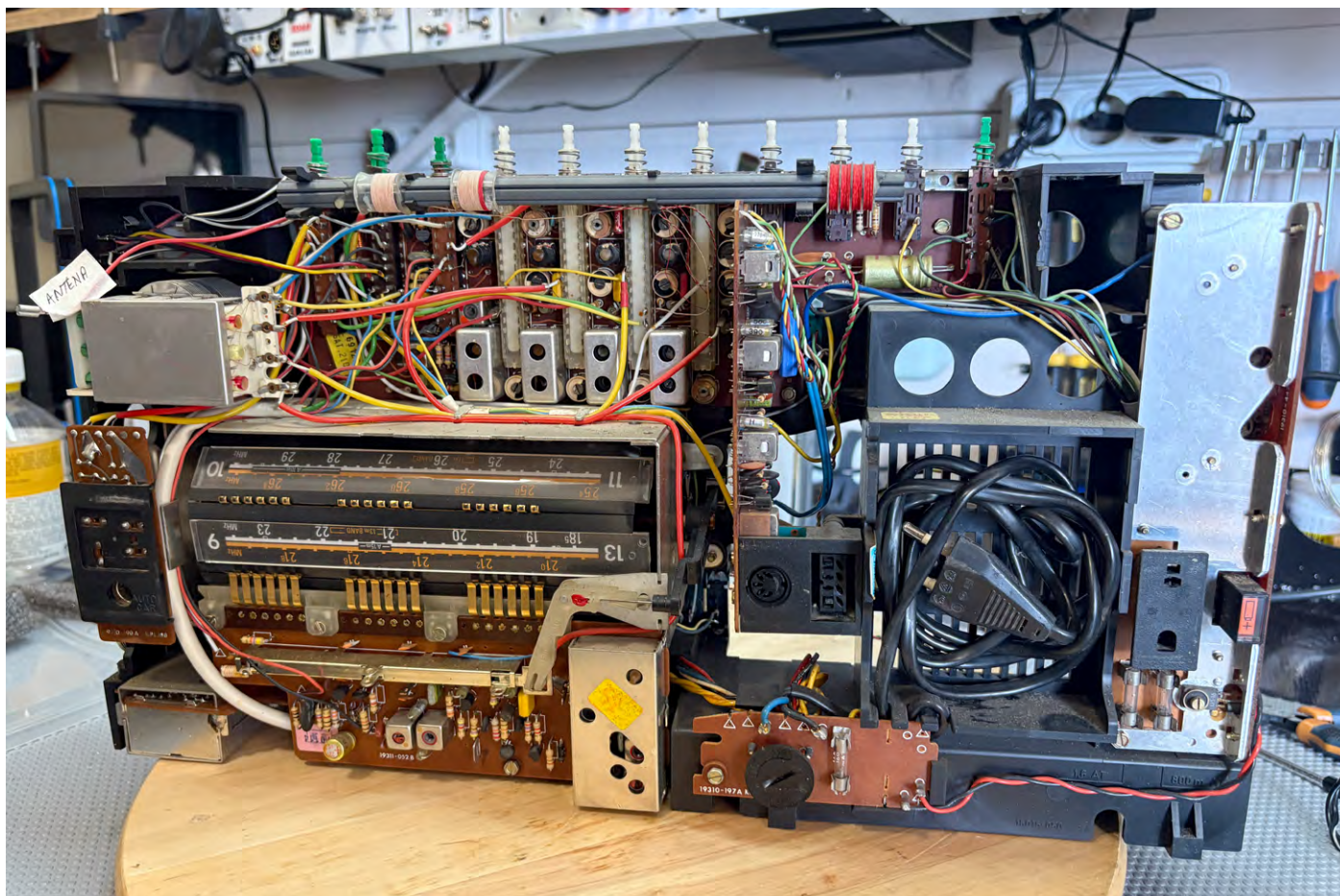


Bild 15: Die Rückseite ist beinahe noch beeindruckender.

Sie konstruieren das Gerät ja nicht neu, Sie restaurieren es nur. Es ist nicht nötig, alles auf einmal zu verstehen. Gehen Sie Abschnitt für Abschnitt vor.

Wie in der Vorderansicht (Bild 14) und der Rückansicht (Bild 15) zu sehen ist, ist die Ingenieurskunst des Satellit 2100 wirklich beeindruckend. Nehmen Sie sich Zeit, um den Aufbau genau zu studieren. Fotografieren Sie alles. Achten Sie besonders darauf, wo welche Verbindungen verlaufen. Und vor allem: Gehen Sie sorgsam mit den freiliegenden Bauteilen um – viele davon sind empfindlich und jetzt nicht mehr durch das Gehäuse geschützt.

Wenn dies Ihr erstes großes Restaurierungsprojekt ist und Sie sich anfangs etwas überfordert fühlen, ist das völlig normal. Solche Projekte werden wesentlich überschaubarer, wenn man sie in kleine, gut definierte Schritte unterteilt. Genau diese Methode wende ich bei jedem Radio an: immer nur ein klares, kleines Ziel definieren und sich ganz darauf konzentrieren. Diese Herangehensweise werde ich in der gesamten Artikelserie mit Ihnen teilen. Schön,

dass Sie dabei sind – ich hoffe, Sie begleiten mich auf diesem Weg, während wir diesem ikonischen Weltempfänger neues Leben einhauchen und seine Geheimnisse Schritt für Schritt entdecken.

Über diese Artikelserie

In den kommenden Artikeln tauchen wir tief in die Restaurierung eines Grundig Satellit 2100 ein. Wir werden Herausforderungen wie elektronische Reparaturen, Abgleicharbeiten und kosmetische Restaurierungen angehen.

Am Ende dieser Serie werden Sie als Leser nicht nur eine neue Wertschätzung für dieses legendäre Radio gewonnen haben, sondern auch praktisches Wissen darüber, wie man ein solches Gerät wieder zum Leben erweckt. Ziel ist es, Sie, lieber Leser, zu ermutigen, selbst ein Restaurierungsprojekt in Angriff zu nehmen – und damit noch viele dieser Schätze vor dem Verschwinden zu bewahren.

Ausblick

Im nächsten Artikel werden wir die internen Schaltkreise genauer untersuchen, beginnend mit der Stromversorgung und dem Verstärker – dort beginnt die eigentliche Diagnosearbeit. Das Restaurations-Abenteuer geht weiter!

ELV

Technische Daten – Grundig Satellit 2100

Abstimmung und Frequenzbereiche

- Langwelle (LW): 150–420 kHz
- Mittelwelle (MW/AM): 520–1620 kHz
- Kurzwelle (SW): 1,6–30 MHz
- Separates Feinabstimmrad für Kurzwelle
- UKW (FM): 87,5–108 MHz

Abstimmtechnik

- Analoge Abstimmung mit Doppel-Superhet für Kurzwelle
- Hauptabstimmrad mit präzisiertem Langsamlauf-Mechanismus
- Separates Kurzwellen-Abstimmrad für exakten Kurzwellenempfang
- Eingebaute Bandspreizung für verbesserte Selektivität
- Beleuchtete Skala mit Feldstärkeanzeige

Antennensystem

- Interne Ferritantenne für LW/MW
- Externe Teleskopantenne für SW/FM
- Externe Antennenbuchsen für verbesserten SW- und FM-Empfang

Selektivität und Empfindlichkeit

- Hohe Empfindlichkeit dank rauscharmem HF-Verstärker
- Einstellbare Bandbreite für bessere Selektivität

Audio

- Ausgangsleistung: 5 W (verzerrungsfrei)
- Lautsprecher: großer elliptischer Lautsprecher (ca. 120 × 180 mm)
- Klangregelung: separate Bass- und Höhenregler
- Kopfhöreranschluss (3,5 mm)
- Ausgang für externen Lautsprecher
- Ausgang für Tonbandgerät (DIN-Buchse)

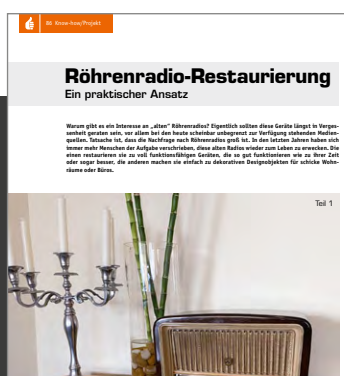
Besondere Merkmale

- Feldstärkeanzeige für optimale Abstimmung
- Bandspreizung für Kurzwelle für präzise Abstimmung internationaler Sender
- Skalenbeleuchtung für den Einsatz bei schwachem Licht
- Netz- und Batteriebetrieb für mobilen Einsatz

Mehr für Restaurationsfreunde!

Die Artikelserie „Röhrenradio-Restaurierung“ gibt einen Einblick in die praktische Seite der Vollrestaurierung eines Röhrenradios.

In zwölf interessanten Fachbeiträgen zeigen wir die spannenden Aspekte eines solchen Projekts.



Zur Serie

Kostenlose

Online-Fachseminare

Mit unseren Experten

Andreas Prast

ELV Technical Support Center

Thomas Wiemken

ELV Entwicklung

Torsten Boekhoff

Teamleiter ELV Technical Support Center

und

Holger Arends

Redaktionsleiter ELVjournal
und Homematic IP Experte

zu Themen rund um Smart Home,
Homematic IP und Bausätze



Alle Online-Fachseminare finden **live**
auf unserem Youtube-Kanal statt:

youtube.com/@elvelektronik

Einfach kostenlos abonnieren und
kein Seminar mehr verpassen!



Unser nächstes Fachseminar:

Intelligente Haustechnik von EZVIZ

am Mittwoch, 27. August 2025 um 16.00 Uhr

Bleiben Sie stets auf dem Laufenden!

Alle Termine und bisherigen Seminare finden Sie [hier](#).

Smart geschaltet

ELV

Smart Home Status-Board ELV-SH-SB8

- Statusanzeige mit Beschriftungsfeld und 8 Status-LEDs, per Lötjumper auf 7 Farben einstellbar
- Aktoren und Automatisierungen per Taster fernsteuern
- 8 Taster für lokale Bedienung und zum Fernsteuern anderer Komponenten
- LED-Schaltzustände in Programmen oder Automatisierungen als einfach umschaltbare Variablen nutzen
- Gehäuse zum Aufstellen und für Wandmontage
- Versorgung über Steckernetzteil mit Micro-USB-Stecker (nicht inkl.)
- Kompatibel mit der Smart Home Zentrale CCU3, der Home Control Unit HCU1 und dem Homematic IP Access Point mit App



BAUSATZ

59,95 €*

Artikel-Nr. 161075

[Zum Produkt](#)

ELV

Smart Home Schalter-Fernbedienung ELV-SH-SRC8

- Mit 8 Schiebeschaltern zur Steuerung von Automatisierungen (aktiv/inaktiv)
- Schalterstellung in Programmen oder Automatisierungen als einfach umschaltbare Variablen nutzen
- Kanalbeschriftung mittels individuell erstellbarem Textfeld-Aufkleber möglich
- Mit Steckplatz für das [Sendemodul HmIP-MOD-RC8](#)
- Gehäuse mit Batteriefach (2x LR6/AA/Mignon-Batterie, nicht inkl.) und LED-Statusanzeige
- Kompatibel mit der Smart Home Zentrale CCU3, der Home Control Unit HCU1 und dem Homematic IP Access Point mit App



BAUSATZ

19,95 €*

Artikel-Nr. 160800

[Zum Produkt](#)



ELVjournal Leser testen und gewinnen

Mut zu Neuem

Wir haben uns die Entscheidung im ELVjournal 3/2025 nicht leicht gemacht, ob und wie wir die bei vielen Lesern beliebte Reihe „Leser testen“ umgestalten sollen. Bisher konnten Sie sich einfach als Testerin oder Tester bewerben, bekamen mit etwas Glück das Produkt kostenlos zum ausgiebigen Test gesendet und beantworteten unsere Fragen.

Dafür noch einmal ein herzliches Dankeschön an alle Testerinnen und Tester!

Leider bemerkten wir in letzter Zeit vermehrt ausbleibende Rückmeldungen und die zunehmende Bewerbung von Bots hielt uns auf Trab. Statt nun Zeit in das Aussortieren von Bots zu investieren, haben wir verschiedene andere Möglichkeiten gesucht, durchdacht, verworfen und schließlich eine andere Lösung gefunden.

Natürlich wollen wir weiterhin sowohl Highlights der Produkte als auch Kritikpunkte offen und ehrlich kommunizieren. Ihre Meinung, ob positiv oder negativ, ist und bleibt uns wichtig.

Statt „nur“ zehn Tester zu befragen, werden wir in Zukunft die gesammelten Rückmeldungen aus dem Support und den verschiedenen Social-Media-Kanälen bündeln. So haben wir nicht nur zehn, sondern – dank unserer aktiven Community, insbesondere auf unserem Youtube-Kanal – teilweise Hunderte Rückmeldungen.

Auch in Zukunft freuen wir uns über Anregungen und Ideen unserer Leser. Schon manch ein kleiner Hinweis von Ihnen hatte eine große Wirkung, und so konnten wir doch einige Male mit kleinen Korrekturen, z. B. durch ein Firmware-Update, viele Kunden glücklich machen. Auch Neu- oder Weiterentwicklungen wurden durch unsere Tester und Leser angeregt.

Letzter Blick durchs Leser-Brillenglas: In dieser Ausgabe des ELVjournals präsentieren wir Ihnen ein letztes Mal die spannenden Testergebnisse unserer langjährigen Leserinnen und Leser. Bewertet wurde diesmal der ELV Smart Home Temperatur- und Beschleunigungssensor ELV-SH-TACO – und das in unterschiedlichen Kategorien.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen und Entdecken der Einschätzungen aus erster Hand und freuen uns auf Ihr weiteres Feedback auf den verschiedenen Social Media Kanälen.



Über YouTube:

youtube.com/elvelektronikde

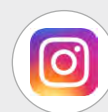
Zu YouTube



Über Facebook:

facebook.com/elvelektronik

Zu Facebook



Über Instagram:

instagram.com/elv_elektronik

Zu Instagram

Unsere Leser testeten

ELV Smart Home Temperatur- und Beschleunigungssensor ELV-SH-TACO

Verarbeitungsqualität

★★★★☆

Mögliche Einsatzbereiche

★★★★☆

Batterielebensdauer

★★★★☆

Unsere Leser bewerteten

2,5

Durchschnitt

In die Gesamtnote sind weitere Kriterien unseres Fragebogens einbezogen

Andreas Kühn:

„Sehr vielfältige Einstell- und Auswertmöglichkeiten“

Im Wert von

39,95 €

Artikel-Nr. 160516



Zum Produkt

Der ELV-SH-TACO für das HomematicIP System misst entweder die Temperatur oder lässt sich als Neigungs- und Erschütterungssensor einsetzen. Der Clou: Die Anwendung ist sogar im Außenbereich möglich. Der Sensor überwacht z. B. Bewegungen und Lageveränderungen an Markisen (Bewegung durch Wind) oder Fahrrädern, Booten, Gartenmöbeln, Abfallbehältern (Sturz oder Diebstahl), Garagentoren und anderen Objekten. Die Temperaturmessung ist sowohl für Pool- und Teichbesitzer mit empfindlichen Besitz als auch für Gartenfreunde zur Überwachung der Bodentemperatur in Beeten oder Palmen im Topf interessant. Die Meldeschwellen für Beschleunigung und Lageabweichungen sind individuell konfigurierbar, inklusive kalibrierbarer Referenzlage. Zusätzliche Gerätehalterungen sind als Vorlage für den 3D-Druck verfügbar.

Von unseren neun Testern vergaben sieben die Gesamtnote gut oder sehr gut, ein Tester hatte gänzlich andere Erwartungen. Sehr gut wurde die hohe Batterielebensdauer bewertet. Gute Rückmeldungen gab es zur Verarbeitungsqualität, Bauzeit und Montage sowie für die möglichen Einsatzbereiche und die Bedienungsanleitung – mit einem Ausreißer. Die meisten Tester nutzten die CCU3, drei Tester die App – zwei Tester fanden diese intuitiv bedienbar, ein anderer war damit nicht glücklich.

Spannend war zu sehen, wo und wie das Produkt eingesetzt wurde. Die Gärtner unter den Testern nutzten den ELV-SH-TACO zur Temperaturmessung im Gemüsebeet, Gartenhaus oder in Kombination

mit einem Thermoöffner zum automatischen Öffnen und Schließen des Gewächshausfensters. Für den Winter zieht ein Tester in Betracht, den Sensor als Frostwächter im Schuppen zu nutzen. Am Garagentor wurde der ELV-SH-TACO von zwei Testern ebenfalls eingesetzt. Unsere Leser fanden noch weitere Einsatzmöglichkeiten: die Nutzung als Markisen-Sensor, „Markise fährt ein, wenn Wind zu stark wird“, als Temperatursensor im Pool oder zur Überwachung der Fahrradgarage mit Meldung bei Türöffnung und gleichzeitigem Start der Aufnahme einer IP-Kamera.

Die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten, die Reichweite sowie „die Idee mit dem PET-Rohling als Case“ wurden gleich mehrfach lobend erwähnt. Schade fanden einige Tester, dass die Halter für den PET-Rohling nur als Vorlage für den 3D-Druck verfügbar sind. Die Beschreibung der Einsatzmöglichkeiten in der Anleitung kommt einem Tester zu kurz, einige Tester waren etwas besorgt, ob das Produkt wirklich wasserdicht ist. Auch ein kleineres, unauffälligeres und symmetrisches Gehäuse standen auf der Wunschliste.

Vermissten unsere Tester Funktionen oder Eigenschaften? Ein Tester wünschte sich das Gehäuse in verschiedenen Formen und Farben, einen Schwimmer für den Pool und Zubehör für unterschiedliche Befestigungsarten. Einen Tester würde der Neigungswinkel in Diagrammform glücklich machen.

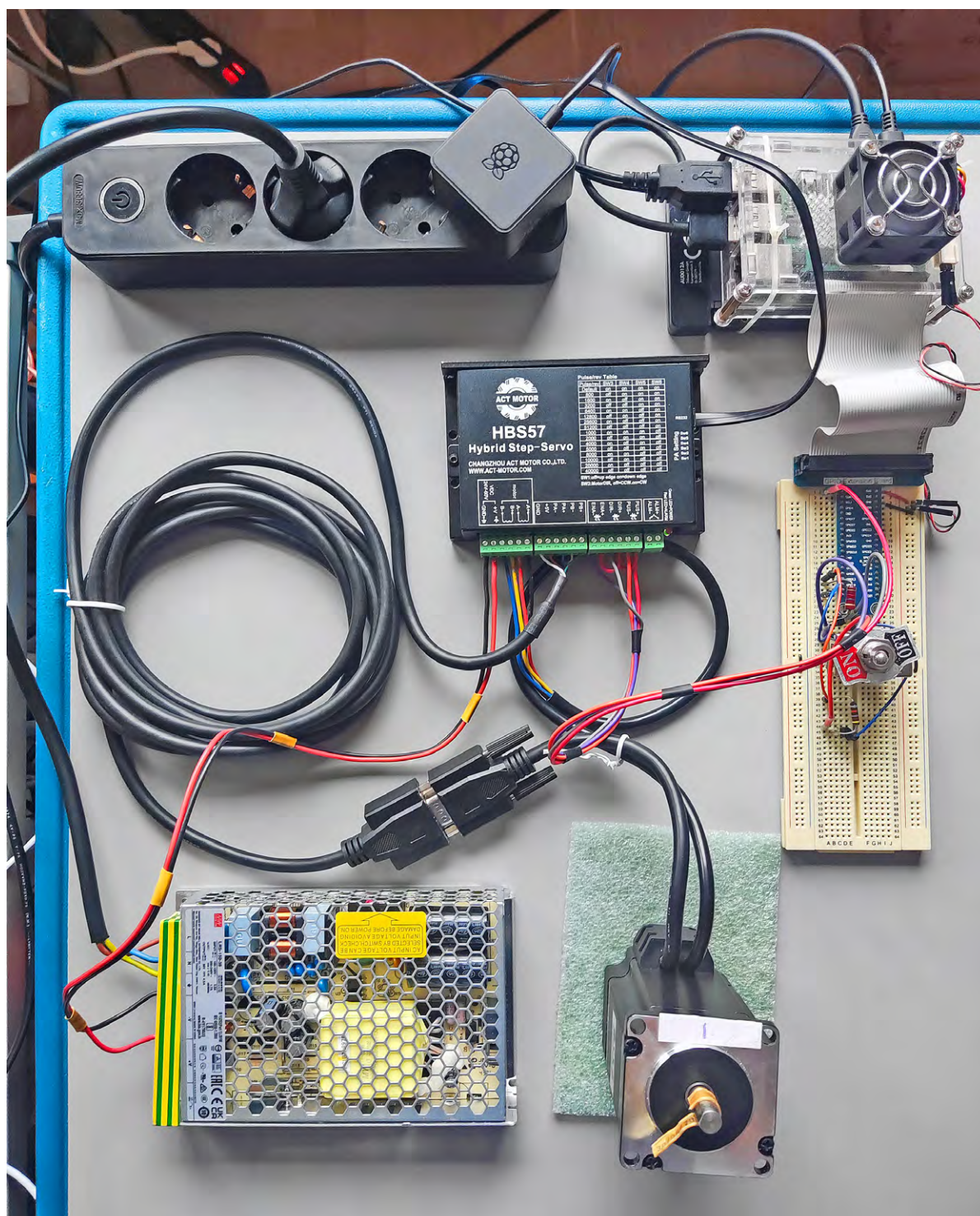
Fazit: Unsere Tester setzten den Temperatur, Neigungs- und Erschütterungssensor breit gefächert ein und bewerteten ihn im Großen und Ganzen gut. Der ELV-SH-TACO eröffnet mit Anwendungen im Außenbereich völlig neue Möglichkeiten für Ihr Homematic IP System. Auch ein Wechsel der Anwendung, ob Erschütterung oder Neigung, ist dabei jederzeit möglich. Übrigens: Wer es etwas kleiner mag und das Produkt nur in Innenräumen einsetzt, stehen mit dem ELV-SH-CTV Neigungs- und Erschütterungssensor Kompakt sowie dem ELV-SH-CTH Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor Kompakt elegante Alternativen zur Verfügung.

ELV

Schritt für Schritt

NEMA23-Motor und Controller/Driver mit RS232-Schnittstelle für Closed-Loop-Betrieb

Eine für Lernzwecke hervorragend geeignete Paarung aus NEMA23-Schrittmotor 23SSM8440-EC1000 und Controller/Treiber HBS57 wird in diesem Teil der Folge behandelt.



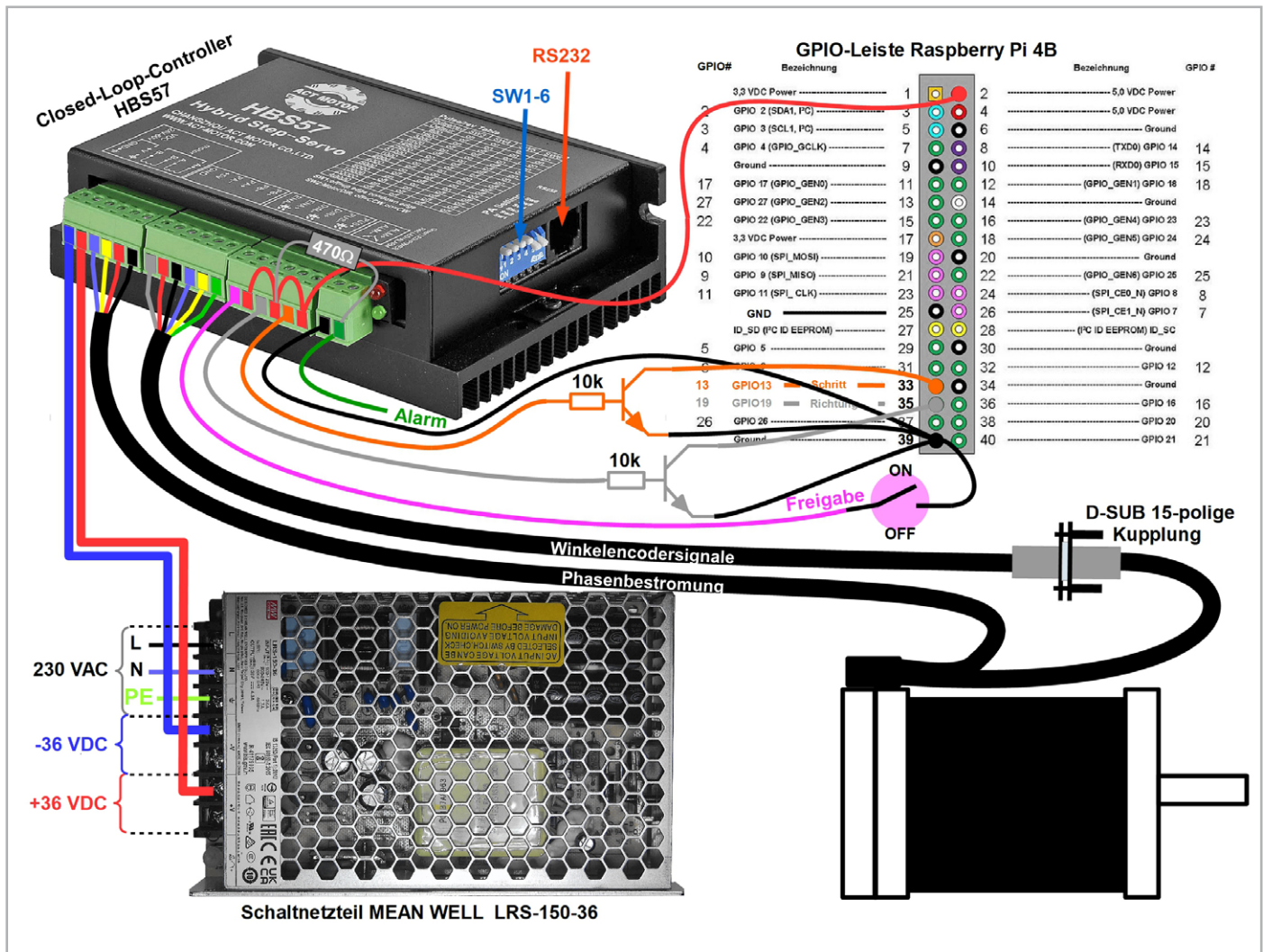


Bild 1: Der Experimentalaufbau als Verdrahtungsplan ohne den in die seitliche RJ12-Buchse eingesteckten RS232-USB-Adapter

Motor 23SSM8440-EC1000

Mit 1500 g Gewicht und den Abmessungen 120 x 47 x 47 mm ist der 2-Phasen-Motor ein kleines Kraftpaket. Eine maximale Phasenspannung von 2,4 V mit zugehörigem Phasenstrom von 4 A (0,6 Ω Wicklungswiderstand) verleiht dem Motor ein Arbeitsdrehmoment von 6,8 N·m bei einem Haltemoment mit unbestromten Phasen von 2,1 N·cm. Das Massenträgheitsmoment (Inertialmoment) des Rotors beträgt 480 g·cm² (siehe Kasten Elektronikwissen).

Den Motor verlassen zwei Kabel. Eines davon enthält vier Litzen, die zu den Phasenspulen führen. Das andere verbindet die Encodersignale mit einem 15-poligen D-Sub-Stecker, für den eine passende Kupplung mit Kabel im Lieferumfang enthalten ist, das die Litzen zum Anschluss an den Controller/Treiber HBS57 enthält.

Closed-Loop-Controller/Treiber HBS57

Der Closed-Loop-Controller/Treiber HBS57 zur Phasenbestromung unter Berücksichtigung der Positionsinformationen des im Motor integrierten Rotordrehwinkelencoders verfügt über eine serielle RS232-Schnittstelle. Über diese lassen sich die Betriebsparameter des Motors vielfältig beeinflussen und ein Testbetrieb des Motors konfigurieren. Der Controller/Treiber HBS57 verfügt über vier mit Steckkontaktblöcken versehene Kontaktgruppen:

1. Bestromung der Phasen (GND, +V, B-, B+, A-, A+)
2. Rückführung der Encodersignale (GND, +5V, PA-, PA+, PB-, PB+)
3. Motorsteuersignale (ENA+, ENA-, DIR+, DIR-, PUS+, PUS-)
4. Alarmausgang (ALM-, ALM+)

Schaltnetzteil LRS-150-36

Das Schaltnetzteil LRS-150-36 liefert 36 Vdc mit einem Strom von bis zu 4,3 A entsprechend ca. 150 W an den Anschlussklemmen GND und +V der linken Schraubkontakte.

Eine detaillierte Darstellung der gesamten Anordnung aus Netzteil, Motor, Closed-Loop-Controller/Treiber und der GPIO-Leiste eines Raspberry Pi 4B ist in Bild 1 zu sehen. Daraus lässt sich auch die Verdrahtung im Detail entnehmen.

Inbetriebnahme

Eine erste testweise Inbetriebnahme des Motors ist auch ohne Ansteuerung über den Raspi möglich. Dazu bedarf es einer kleinen Windows-Software, die über die RS232-Schnittstelle des Controllers mit diesem Kontakt aufnimmt.

Die serielle Schnittstelle

Heute haben immer weniger Computer eine serielle Schnittstelle nach dem RS232-Standard. Sie wurde weitestgehend durch USB-Interfaces (Universal Serial Bus) verdrängt, die aber nicht unmittelbar geeignet sind, mit dem Controller zu kommunizieren. Dazu bedarf es eines USB-RS232-Adapters, der den Anschluss von seriellen Geräten an einem USB-Port

Wie kommt es zur Einheit $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ bzw. $\text{g} \cdot \text{cm}^2$ für das Massenträgheitsmoment?

Eine wichtige Kenngröße eines Schrittmotors ist das Massenträgheitsmoment I seines Rotors, da es zusammen mit dem Trägheitsmoment der Last das dynamische Verhalten des Motors, insbesondere beim Beschleunigen und Abbremsen, maßgeblich mitbestimmt. Es wird in der Einheit $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ oder $\text{g} \cdot \text{cm}^2$ angegeben und beschreibt den Widerstand, den der Rotor einem beschleunigenden Drehmoment entgegensetzt.

Energieinhalt eines bewegten Massepunkts

Die Bewegungsenergie (kinetische Energie) eines geradlinig (linear) mit der Geschwindigkeit v bewegten Punktes P mit der trägen Masse m beträgt $E_{\text{lin}} = 0,5 \cdot m \cdot v^2$.

Soll dieser Massepunkt nun aber im Abstand r (Dimension m oder cm) mit der gleichen kinetischen Energie um einen Mittel-

punkt rotieren, sich also auf einer kreisförmigen Bahn mit Radius r bewegen, hat er auf dieser Kreisbahn die Geschwindigkeit $v = \omega \cdot r$, wobei ω die Winkelgeschwindigkeit (Winkeländerung pro Zeiteinheit) ist. Seine Bewegungsenergie ist dabei $E_{\text{rot}} = 0,5 \cdot m \cdot r^2 \cdot \omega^2$.

Der Vergleich von E_{lin} und E_{rot} zeigt, dass an die Stelle der trägen Masse m bei der geradlinigen Bewegung das Trägheitsmoment (Inertialmoment) $m \cdot r^2$ bei der kreisförmigen Bewegung getreten ist. Die lineare Geschwindigkeit v hat ihre Entsprechung in der rotatorischen Winkelgeschwindigkeit ω .

Das Inertialmoment I hat deshalb die Dimension Masse $\cdot$ Abstand², also $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ oder $\text{g} \cdot \text{cm}^2$.

des PCs ermöglicht. Leider hat der Lieferant von Motor und Controller/Treiber es nicht für nötig befunden, Informationen über die RS232-Schnittstelle und die zugehörige Software anzubieten. Auch telefonische Anfragen in der ACT-Niederlassung in Bremen wurden nicht beantwortet. Es war dort schlicht niemand ans Telefon gegangen. Es bedurfte also einiger Recherchen im Internet, um an das Fehlende zu gelangen.

Ein gefundenes, recht ausführliches Manual zum HBS57 brachte zwar einige wichtige Hintergrundinformationen, aber gerade das gesuchte Pinout des RS232-Controller/Treiber-Ports erwies sich als falsch. Dadurch wurde manche Stunde mit dem vergeblichen Versuch verschwendet, diesen in Betrieb zu nehmen.

Über ein Youtube-Video kam der Autor auf die Spur des chinesischen Unternehmens Changzhou Longs Motor Co. Ltd., das offensichtlich mit dem Motoren- und Controllerhersteller ACT in enger Verbindung zu stehen scheint. Jedenfalls kommen beide aus Changzhou und führen sowohl Controller als auch Motor unter der gleichen Typenbezeichnung (Bild 2).

Nach den Youtube-basierten Erkenntnissen scheint auch die Software namens ACT_HBS_Pro_turn.exe bzw. LONGS_HBS_Pro_turn.exe bis auf unterschiedliche Firmenlogos identisch zu sein.

Leider ist wegen einer falschen Zertifizierung die Homepage www.act-motor.com nicht zu erreichen, um zu prüfen, ob das Programm ACT_HBS_Pro_turn.exe dort verfügbar ist. Also wurde das Programm LONGS_HBS_Pro_turn.exe von der [Serviceseite](#) heruntergeladen. Das Pinout der seriellen Schnittstelle im Controller war aber auch hier nicht zu erhalten, konnte jedoch dem [Youtube-Video](#) entnommen werden und erwies sich als identisch mit dem aus dem Infoblatt.

Vom chinesischen Hersteller Leadshine ist ebenfalls ein Controller HBS57 erhältlich. Allerdings dient dieser der Bestromung von 3-Phasen-Schrittmotoren in Dreieckschaltung. Sehr merkwürdig!

Nach dieser Vorarbeit war es nicht mehr schwierig, die serielle Schnittstelle anzusprechen. Dazu verwendete der Autor ein RS232-USB-Interface mit den drei Drahtanschlüssen GND, RXD und TXD aus der Bastelkiste.

Wegen des Verständnissgewinns beim „Selbstbau“ dieses Kabels wird dieser in Bild 3 und Bild 4 zusammengefasst und braucht nicht noch einmal im Text beschrieben zu werden.

Später stellte sich heraus, dass bei einem Lieferanten mit einem Zahlendreher in der Shop-Beschreibung („Anschlusskabel zur Verbindung des Motortreibers ACT HBS75 ...“) ein sehr preiswerter USB-RS232-Adapter (ca. 7 €) erhältlich ist. Diesen und die Selbstbauversion zeigt Bild 5.



Bild 2: Der chinesische Hersteller Longs verkauft die verwendeten ACT-Komponenten unter gleichen Typenbezeichnungen und auch sonst allem Anschein nach identisch.





RS232-Modular-Stecker
RJ12 (6P6C)



Legende

HISU: Handheld Intelligent Setting Unit
(Intelligentes Handprogrammiergerät)
RJ12: Registered Jack No. 12
6P6C: 6 Positions 6 Connections
RS232: Recommended Standard 232
(serieller Schnittstellenstandard)
TXD: Transmit Data (RS232 senden)
RXD: Receive Data (RS232 empfangen)

Pin-Nr.	Symbol	Zweck	Anmerkung	Farbe
1	n.c.	/	not connected	weiß
2	+5V	Versorgungs- spannung	für externe Geräte z.B. HISU	braun
3	TXD	senden (transmit)	/	grün
4	GND	Masse	0V	gelb
5	RXD	empfangen (receive)	/	rosa
6	n.c.	/	not connected	grau

Bild 3: In diesem Bild ist alles zusammengefasst, was man zur RS232-Schnittstelle des ACT-Treibers HBS57 wissen muss.

Achtung! Auf keinen Fall sollte man ohne Kenntnis der Pinbelegung der RS232-RJ12-Schnittstelle irgendeinen USB-RS232-Adapter verwenden. Es besteht die Gefahr der Beschädigung der beteiligten Geräte.

Debugging-Software

Die Debugging-Software LONGS_HBS_Pro_turn.exe ist eine ausführbare Datei, die nicht auf dem Computer installiert wird, sondern direkt nach ihrem Aufruf funktioniert.



Converter USB → RS232
DELOCK 63497



**Sende- und
Empfangs-
leitungen
kreuzen!**

Converter		RJ12
RXD (rot)	→	TXD (grün)
TXD (weiß)	→	RXD (rosa)
GND (grün)	→	GND (gelb)

Bild 4: In einem ersten Anlauf wurde aus diesen Komponenten ein RS232-USB-Adapter selbst „gestrickt“.



Bild 5: Links das von ACT erhältliche Adapterkabel und rechts die funktionsgleiche, aber nicht so schöne Do-it-yourself-Alternative.

Wenn eine USB-A-Buchse des PCs über eines der beschriebenen USB-RS232-Converter-Kabel mit der RJ12-RS232-Buchse des Controllers HBS57 korrekt verbunden ist, kann man das Programm LONGS_HBS_Pro_turn.exe aufrufen. Wie Bild 6 zeigt, fragt es zunächst, in welcher Sprache man es bedienen möchte. In der überwiegenden Zahl der Fälle wird man sich gegen die chinesische Variante und für Englisch entscheiden. Der darauf erscheinende Bildschirm

fordert zur Suche des verwendeten COM-Ports auf. Das Ergebnis ist meist COM3. Alsdann wird der Schiebeschalter rechts neben dem mit BaudRate beschrifteten Feld nach rechts geschoben (er nimmt bei erfolgter Aktivierung die Farbe grün an) und die Verbindung wird hergestellt. Das Textfeld rechts informiert nun darüber, welche Parameter aus dem Controller ausgelesen wurden.

Auto-Test

Für einen schnellen Auto-Test des Motors ohne Unterstützung durch den Raspi wird im gleichnamigen Feld zunächst der grüne Pfeil-Button „Download to Driver“ gedrückt, wodurch die in diesem Feld eingestellten Parameter in den Controller geladen werden (Bild 7). Mit dem Schiebeschalter links im Feld „Auto_Test“ wird der Motor mit diesen Parametern getartet.

Mit den voreingestellten Standardwerten sollte er nun mit den „Mäuseklaviertasten“ SW3 bis SW6 in Stellung ON (Default) abwechselnd ca. 5 Sekunden lang 10 Umdrehungen nach rechts und anschließend nach links vollziehen. Wenn man mit den Parametern Acceleration (Beschleunigung), Position (Lage, 0-9000 Steps), Speed (Geschwindigkeit, 0-1500) und Intervals (Zeitabstand zwischen den Drehrichtungen-

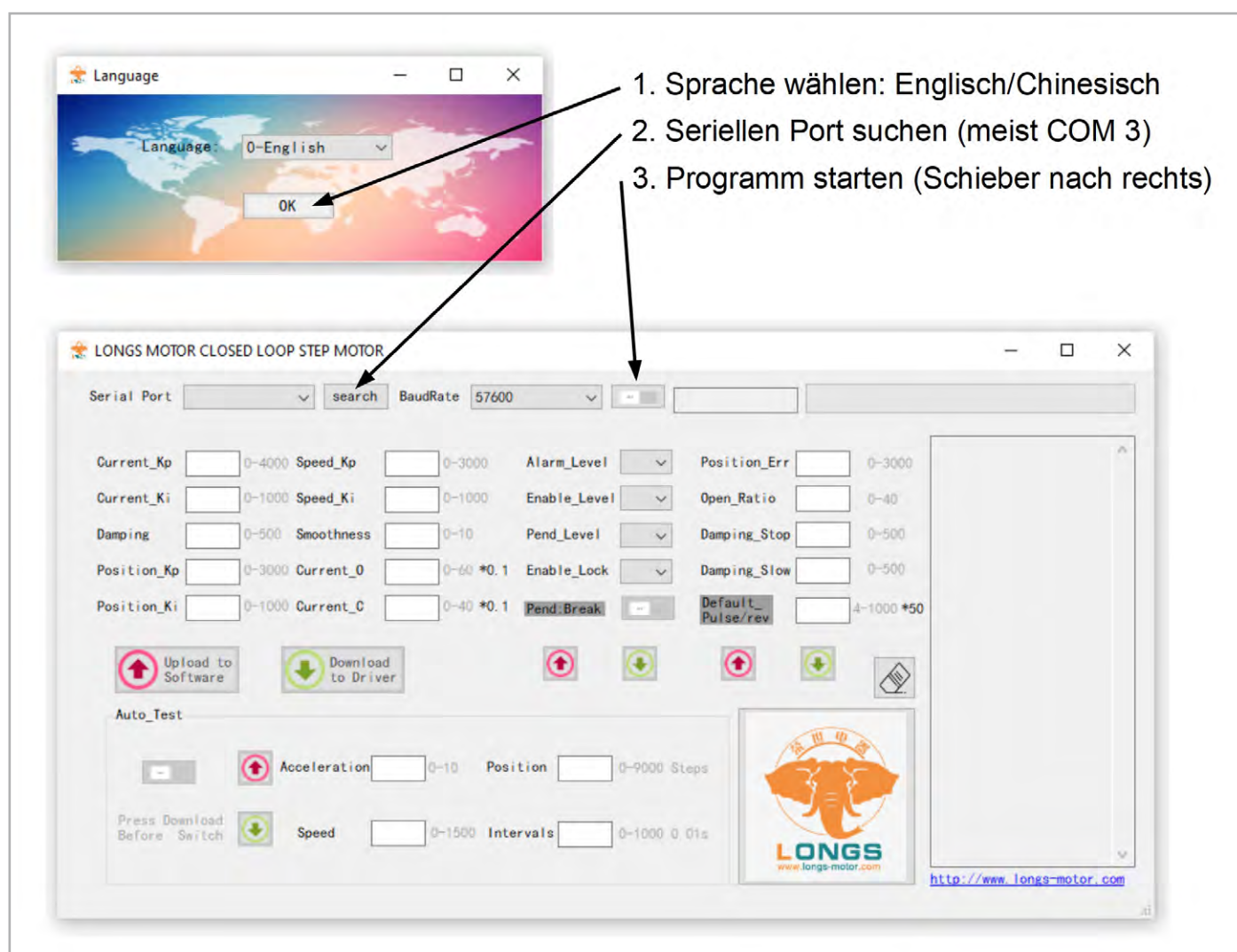


Bild 6: Weil das Debugging-Programm ACT_HBS_pro_Turn weder vom Hardwarelieferanten noch von ACT zu erhalten war, wurde die Version LONGS_HBS_pro_Turn verwendet.



Bild 7: Wenn die Verbindung zwischen der USB-Schnittstelle des Windows-PCs und der RS232-Schnittstelle des ACT-Treibers mit RJ12-Buchse hergestellt ist, liest die Software LONGS_HBS_pro_Turn.exe als Erstes die Treiberparameter aus.

änderungen, 0-100) etwas herumspielt, kann man einen recht guten Eindruck von den Fähigkeiten des Motors gewinnen. Zum Einschreiben eines geänderten Parameters in den Controller muss der Schiebescalter im Feld „Auto-Test“ zuerst deaktiviert, die grüne Pfeiltaste gedrückt und der Schiebescalter wieder aktiviert werden. Darauf startet der Motor mit geänderten Parametern.

Jetzt ist auch ein guter Zeitpunkt, um sich von dem funktionierenden Nachholmechanismus für fehlende Schritte zu überzeugen. Dazu stellen wir Speed=0, damit der Motor steht, weil er keine Schrittimpulse mehr erhält, aber weiterhin bestromt ist. Position_Err wird auf einen ausreichend großen Wert von z. B. 400 gestellt. Mit einer Zange drehen wir nun den Rotor um einen gewissen Winkel nach rechts oder links und sehen, dass mit dem Beenden der Dreh- und Haltekraft der Rotor wieder in seine Ausgangslage zurückkehrt (Bild 8).

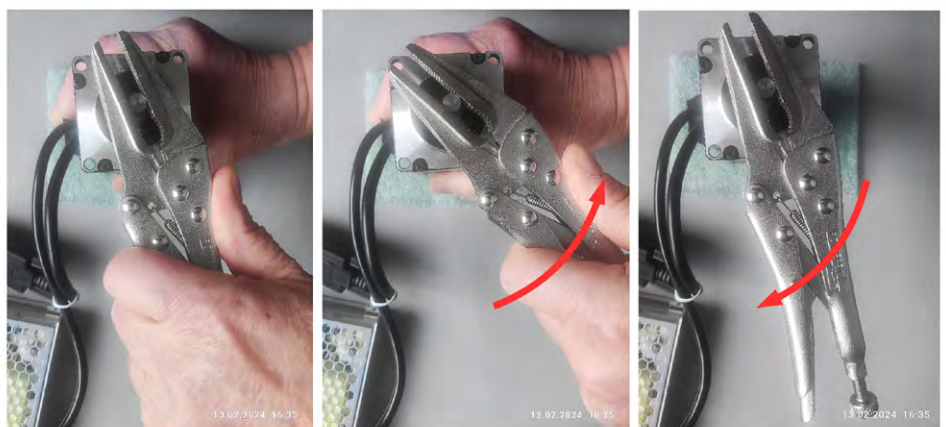
Drehen wir den Rotor über die im Feld „Position_Err“ vorgegebene Anzahl von Schritten, signalisiert uns das die rote Error-LED. Der Motor wird nun nicht mehr bestromt und lässt sich widerstandsarm drehen. Nach einem kurzen Ausschalten des 36-VDC-Netzteils ist der Alarm gelöscht.

Noch einmal: Dafür ist keine Ansteuerung durch den Raspberry Pi erforderlich!

Ansteuerung durch den Raspberry Pi

Nachdem man sich wie vorstehend beschrieben von der Betriebstüchtigkeit des Motors und Controllers überzeugt hat, kann man den Raspberry Pi „ans Ruden“ lassen.

Korrektur von „Missing Steps“



Zange in Ausgangsposition

Zange drehen

Nach dem Loslassen der Zange Rückkehr in die Ausgangsposition

Bild 8: Mit einer Zange und etwas Kraft lässt sich der stehende bestromte Motor etwas verdrehen. Übt man keine Kraft mehr auf die Zange aus, wird diese wieder in die Ausgangsposition zurückgedreht. Damit wurden die „Missing Steps“ nachgeholt.

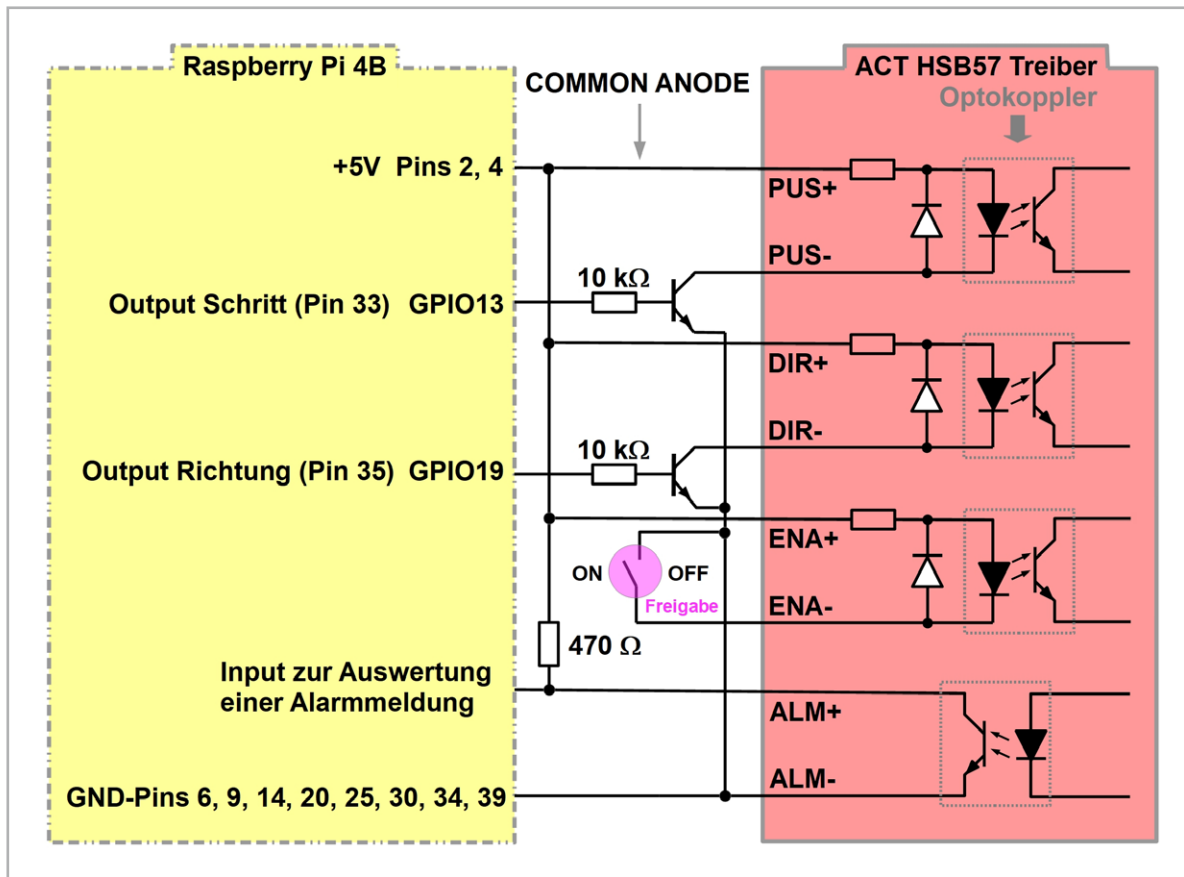


Bild 9: So steuert ein Raspberry Pi den Treiber ACT-HBS57. Weil die Treibereingänge zum Betrieb der Optokoppler-LEDs ca. 9 mA Strom benötigen, sollten die Ausgänge des Raspi über zwischengeschaltete Transistoren entlastet werden.

Wie man in Bild 9 sieht, werden die vom Raspberry Pi ausgegebenen Steuersignale dem ACT-HBS57-Treiber über galvanisch trennende Optokoppler zugeführt. Die Anoden der Sendedioden werden dabei auf Pluspotential gelegt, was die Bezeichnung „common anode“ in der englischsprachigen Dokumentation erklärt.

Leider ist die Strombelastbarkeit der Raspberry-Ausgänge auf 2–3 mA begrenzt. Die Stromaufnahme einer Optokoppler-LED liegt bei etwa 9 mA, sodass es sicherer ist, die Signaleingänge des HSB57 über Treibertransistoren anzusteuern. Mit den verwendeten npn-Typen BC547C mit einem Stromverstärkungsfaktor von 420 bis 800 muss ein GPIO-Ausgang nur noch ca. 10 bis 20 μ A liefern, was ihn nicht stresst. Der Transistor kann einen Kollektorstrom von bis zu 100 mA liefern und ist den Eingangsströmen des HSB57 problemlos gewachsen. Mit einem auf HIGH geschalteten Raspberry-Port wird die betreffende Funktion ausgeführt.

Der Eingang ENA- (ENA: ENable = Freigabe) des ACT-HSB57-Treibers kann über den Schalter Freigabe in Stellung ON aktiviert bzw. in Stellung OFF deaktiviert werden. OFF führt zur Abschaltung der Motorphasen und kann als Not-Aus verwendet werden. Die Motorwelle ist in diesem unbestromten Zustand einfach von Hand drehbar.

Ein vom ACT-HBS57-Treiber über Optokoppler ausgegebenes Alarmsignal lässt sich am Kontakt ALM+ abgreifen. Im Alarmfall leitet der Schalttransistor des Alarmausgangs, was durch den Raspberry Pi ausgewertet oder direkt zum Aktivieren

eines akustischen oder optischen Signalgeräts verwendet werden kann.

Über DIP-Switch SW1 des HSB57 kann man auswählen, welche Flanke des Schrittsignals PUS+ (OFF = steigend $\uparrow$ oder ON = fallend $\downarrow$) den neuen Step auslösen soll. DIP-Switch S2 bestimmt die Drehrichtung des Motors: OFF = CCW (counterclockwise = entgegen dem Uhrzeigersinn), ON = CW (clockwise = im Uhrzeigersinn).

Python-Testskript

Diesmal soll der Test nicht darin bestehen, den Motor mit einer festen Geschwindigkeit nach links und rechts zu drehen. Vielmehr soll er nach dem Programmstart aus dem Stillstand mit zunehmender Geschwindigkeit nach rechts drehen und beim Erreichen einer Spitzendrehzahl wieder bis zum Stillstand abbremsen. Das setzt sich in die linke Drehrichtung fort, dann wieder in die rechte usw.

Das Python-Skript in Bild 10 realisiert diese Funktion. Obwohl eigentlich recht gut kommentiert, eine kurze Beschreibung. In den Zeilen 1–7 das Übliche: Import benötigter Bibliotheken, Wahl der Broadcom-Pinbezeichnungen, Zuweisungen und Konfiguration der zugewiesenen Pins als Outputs (Ausgänge).

In Zeile 9 wird die Zahl der auszuführenden Schritte (number of steps: nst) vorgegeben. In Zeile 10 wird durch $n=0$ festgelegt, dass die Anfangsdrehrichtung beim Eintritt in die Endlosschleife (Zeile 13 bis 30) rechts sein soll. In den Zeilen 13 bis 18 wird durch die Prüfung von n bestimmt, ob eine Links- oder Rechtsdrehung erfolgen soll, mit ent-

sprechender Konsolenausgabe. Das geschieht durch Modulo-2-Divisionen, mit denen festgestellt wird, ob der aktuelle Wert von n gerade (0, 2, 4, 6 ...) oder ungerade (1, 3, 5, 7 ...) ist. Bei geradem Wert von n wird in Zeile 14 der Variablen `Richtung = 0` zugewiesen, bei ungeradem Wert `Richtung = 1` und die Konsolenausgabe von `print(nst, „Rechtsschritte“)` bzw. `print(nst, „Linksschritte“)` veranlasst. Sollte die Drehrichtung nicht stimmen, kann sie mit DIP-Switch SW1 gewechselt werden.

In Zeile 19 wird das Ergebnis dieser Überprüfung dem DIR-Ausgang durch `GPIO.output(DIR, Richtung)` mitgeteilt und in der weiteren Abarbeitung der Endlosschleife verwendet. Es folgen zwei Schleifen 20 bis 24 und 25 bis 29, die die Beschleunigung und das Abbremsen in der jeweiligen Richtung bewirken. Dies geschieht dadurch, dass der jeweilige Schleifenindex als Kehrwert für die `sleep`-Anweisungen in den Zeilen 24 und 29 verwendet wird. In der ersten Schleife mit wachsendem Index i ($i = 1$ bis nst) wird der Schleifendurchlauf kürzer, was einer beschleunigten Drehung entspricht. In der zweiten Schleife wird der Schleifenindex j vom Endwert nst (Zahl der Schrittpulse) der vorangegangenen Schleife ausgehend bei jedem Schleifendurchlauf um 1 bis auf den Endwert 1 dekrementiert.

Der Kehrwert in der `sleep`-Anweisung wird also größer und die Drehgeschwindigkeit damit kleiner. Anschließend wird in Zeile 30 der Drehrichtungsindex n inkrementiert und wieder in Zeile 13 zurückgekehrt, wo ein neuer Schleifendurchlauf in der entgegengesetzten Drehrichtung beginnt.

Die DIP-Schalter SW3-6 werden in die Positionen on-on-on-off gebracht, was 1000 Impulsen/Umdrehung entspricht. Im Programmbeispiel wird durch die Wahl von $nst = 10000$ bestimmt, dass 10 volle Rotorumdrehungen beschleunigt und 10 volle Umdrehungen abgebremst in jede Drehrichtung vollzogen werden sollen. Das setzt sich so lange fort, bis das Programm vom Benutzer beendet wird.

Die Ansteuerimpulse für die Schritte des Stepper-motors werden in den Zeilen 21 bis 23 bzw. 26 bis 28 gebildet. Aufgrund der Anweisungen `sleep(0.000001)` in den Zeilen 22 und 27 beträgt die Impulslänge 1 μ s.

ELV

ACT_HBS57_23SSM8440-EC1000_240216_Test.py ✕

```

1  from time import sleep; import RPi.GPIO as GPIO # Bibliotheken laden
2  GPIO.setmode(GPIO.BCM); GPIO.setwarnings(False) # GPIO-Modus BCM; Warnungen unterdrücken
3
4  STEP = 13 # Wertzuweisung für Variable STEP (step: Schritt)
5  DIR = 19 # Wertzuweisung für Variable DIR (direction: Richtung)
6  GPIO.setup(STEP, GPIO.OUT) # GPIO-Pin STEP als Ausgang für Schrittpulse festlegen
7  GPIO.setup(DIR, GPIO.OUT) # GPIO-Pin DIR als Ausgang für Richtungsvorgabe festlegen
8
9  nst = 10000 # number of steps (Schrittzahl) nach links/rechts
10 n = 0 # Startdrehrichtung "Rechts"
11
12 while True: # Endlosschleife
13     if n%2 == 0: # n gerade => rechts, n ungerade => links
14         Richtung = 1 # Rechtsdrehung
15         print(nst, "Rechtsschritte") # Konsolenausgabe
16     else: # n ungerade
17         Richtung = 0 # Linksdrehung
18         print(nst, "Linksschritte") # Konsolenausgabe
19     GPIO.output(DIR, Richtung) # Drehrichtungswahl
20     for i in range(1, nst + 1, 1): # Schleife für aktuelle Drehrichtung (Drehzahl steigt)
21         GPIO.output(STEP, 1) # Stepimpuls an
22         sleep(0.000001) # Stepimpulslänge 1µs
23         GPIO.output(STEP, 0) # Stepimpuls aus
24         sleep(1/i) # Abstand der Stepimpulse zunehmend
25     for j in range(i, 1, -1): # Schleife für aktuelle Drehrichtung (Drehzahl fällt)
26         GPIO.output(STEP, 1) # Stepimpuls an
27         sleep(0.000001) # Stepimpulslänge 1µs
28         GPIO.output(STEP, 0) # Stepimpuls aus
29         sleep(1/j) # Abstand der Stepimpulse abnehmend
30     n += 1 # Drehrichtungswechsel

```

Kommandozeile ✕

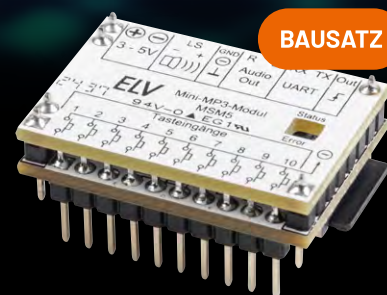
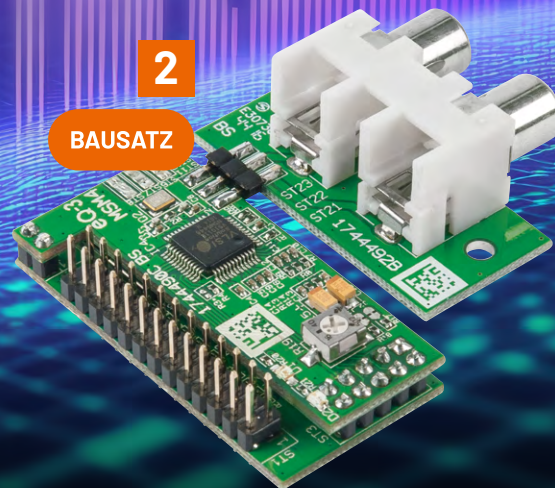
```
>>> %Run ACT_HBS57_23SSM8440-EC1000_240216_Test.py
```

```

10000 Rechtsschritte
10000 Linksschritte
10000 Rechtsschritte
10000 Linksschritte
10000 Rechtsschritte

```

Bild 10: Dieses kleine Python-Testskript lässt den Motor aus dem Stillstand auf eine Maximaldrehzahl beschleunigen und dann wieder auf null abbremsen. Anschließend wiederholt sich das Gleiche in die Gegenrichtung.



- | | 1 MSM3 | 2 MSM4 | 3 MSM5 |
|--|---|--|--|
| Digital-Eingänge | 8 (TTL-kompatibel) | 10 (max 3,3 V) | 10 (max 3,3 V) |
| Schalt-Ausgänge | 8 Open-Drain (12 V/0,1 A) mit vordefinierten Zustandsmeldungen oder manuell steuerbar | keine | 1 (3,3 V/0,01 A), beim Abspielen aktiv |
| Versorgungsspannung | 8-16 V _{DC} | 4,5-5,5 V _{DC} | 3-5 V _{DC} |
| max. Stromaufnahme | 500 mA | 500 mA | 1 A |
| Ruhestrom | 50 mA | 50 µA | 15 µA |
| I²C-Schnittstelle | ✓ | - | - |
| UART-Schnittstelle | ✓ | ✓ (anstatt Tasten) | ✓ |
| Lautsprecherausgang | Stereo max 0,55 W an 8 Ohm | Mono 0,5 W an 8 Ohm | Mono Class-D 2 W an 8 Ohm |
| Stereo-Signalausgang | Cinch | Cinch über Adapterplatine | Auf Stiftleiste |
| Abmessungen | 122 x 68 x 26 mm inkl. Gehäuse | 46,5 x 23 x 12 mm | 31,3 x 21,3 x 16,2 mm |
| Gewicht | 100 g | 11 g | 8 g |
| zusätzliche Lautstärkenbegrenzung über Poti | - | ✓ | ✓ |
| Tastenmodi | 3 (Normal, Play-While-Pressed, Play-To-End) | 7 (Normal, Play-While-Pressed, Play-To-End, Retrigger, Play-While-Pressed-Loop, Random/Row, Random/Row-to-End) | 7 (Normal, Play-While-Pressed, Play-To-End, Retrigger, Play-While-Pressed-Loop, Random/Row, Random/Row-to-End) |
| Audioformate | MPEG 1.0 Audio Layer 3 (MP3: CBR, VBR, ABR)
WAV (PCM+IMA ADPCM) bis 320 kbit/s | MPEG 1.0 Audio Layer 3 (MP3: CBR, VBR, ABR)
WAV (PCM+IMA ADPCM) bis 320 kbit/s | MPEG 1.0 Audio Layer 3 (MP3: CBR, VBR, ABR)
bis 320 kbit/s |
| Artikel-Nr. | 105729 | 150841 | 161358 |
| Preis | 44,95 €* | 24,95 €* | 16,95 €* |
| | Zum Produkt | Zum Produkt | Zum Produkt |

Buchvorstellung

Einstieg in die Welt der Dioden, Transistoren und Grundsaltungen

Viele Bauteile und Möglichkeiten erschlagen Einsteiger beinahe: Wo beginnen? Was muss ich wissen und wie, wo und womit fange ich an? Dieses Buch nimmt den Leser an die Hand und führt in die Funktionsweise und die Schaltungstechnik elektronischer Bauteile ein. Das ELV PAD-System unterstützt dabei den schnellen Einstieg.



Unter dem Titel „Einführung in die elektronische Schaltungstechnik – Dioden, Transistoren und Grundsaltungen“ ist im Verlag Springer Vieweg ein neues Lehrbuch von Prof. Dr. Martin Alles erschienen. Ziel des Buchs ist es, eine anschauliche Einführung in die elektronische Schaltungstechnik zu geben – mit dem Fokus auf die wesentlichen Kernpunkte. Es setzt auf praxisorientierte Darstellungen, Beispiele und die zugehörigen Messungen.

Dieses Fachbuch ermöglicht den schnellen Einstieg in die Welt der Elektronik auf 321 Seiten. Der Autor beschreibt umfänglich einfache elektronische Grundsaltungen. Zu Beginn erhält der Leser eine kurze Einführung in die Berechnung elektrischer Schaltkreise. Nach einer Vorstellung der passiven Bauteile, die in elektronischen Schaltungen regelmäßig im Einsatz sind, geht Martin Alles auf Dioden und Transistoren ein. Zwei Kapitel widmen sich intensiv den elektronischen Eigenschaften von Bipolar- und Feldeffekttransistoren und schließen mit einem umfassenden Vergleich ab. Dabei werden Simulationsdaten einer umfangreichen messtechnischen Charakterisierung gegenübergestellt. Ein weiteres Kapitel stellt Grundsaltungen vor, die sowohl in der Hobbyelektronik als auch im professionellen Bereich oft eingesetzt werden.

Der Autor beginnt mit einfachen Gleichrichterschaltungen und führt den Leser zu verschiedenen Transistor-Grundsaltungen. Dabei beschreibt Martin Alles einen neuartigen dreistufigen Ansatz: Im ersten Schritt werden die Schaltungen theoretisch beschrieben. Dabei wird besonderer Wert auf eine anschauliche Darstellung der Funktionsweise gelegt.

Aus dem Schaltplan werden im zweiten Schritt Formeln für verschiedene Parameter abgeleitet, z. B. Verstärkungswerte oder Ein- und Ausgangswiderstände. Dieser Teil wird an einigen Punkten durch Simulationen ergänzt.

Im dritten Schritt werden viele Schaltungen auf dem Steckbrett aufgebaut und die verschiedenen Parameter direkt oder indirekt gemessen. Auf diese Weise ergibt sich eine anschauliche Einführung in die Messtechnik.

Hilfreich für den Leser: Die Schaltungen wurden mit dem [ELV PAD-System](#) aufgebaut. Hier passen alle Bauteile zusammen und es ist auf einen Blick erkennbar, welche Bauteile im Beispiel eingesetzt wurden. Auch die Verdrahtung ist gut erkenn- und nachvollziehbar und lädt geradezu zu einem Nachbau auf dem eigenen Steckbrett ein.

102

4 Dioden

Abb. 4.39 Simulation der Schaltung aus Abb. 4.38, s. Text

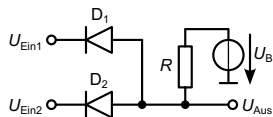
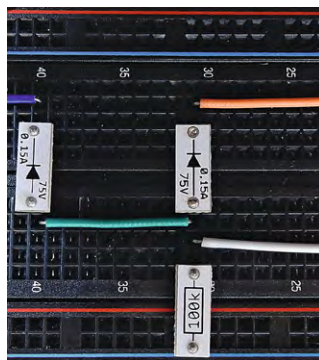
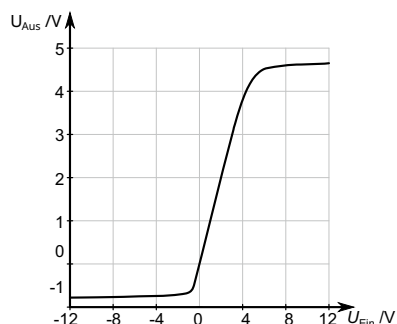


Abb. 4.40 Einfache Diodenschaltung für eine Und-Logik. Dargestellt ist das Schaltbild (links) und der Aufbau auf dem Steckbrett (rechts)

Ähnlich ist die Oder-Schaltung aufgebaut, s. Abb. 4.42. Bei dieser Schaltung sind die Dioden über den gemeinsamen Verbindungspunkt und über einen Widerstand an Masse angeschlossen. Sobald ein Eingangssignal High-Pegel hat, schaltet die zugehörige Diode durch und liefert ein High-Signal von etwa 2,5 V am Ausgang. Nur wenn alle Eingangssignale auf Low (0 V) sind, ergibt sich eine Ausgangsspannung von 0 V. Auch diese Schaltung wurde mit einem Patterngenerator angesteuert. Der Verlauf der Spannungen ist in Abb. 4.43 gezeigt. Deutlich ist erkennbar, dass das Highsignal von ca. 3 V eines Eingangs ausreicht, um eine Ausgangsspannung von etwa 2,5 V zu erzielen.

4.8 Einfache Diodenlogik

103

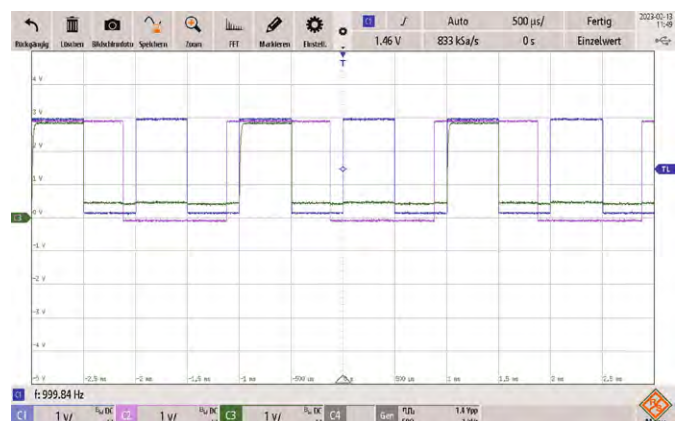


Abb. 4.41 Messung der Diodenschaltung für eine Und-Logik. Die Schaltung entspricht dem Foto in Abb. 4.40 rechts. Die beiden Eingangssignale sind durch die blaue und die pinkfarbene Kurve dargestellt. Das Ausgangssignal entspricht der grünen Kurve

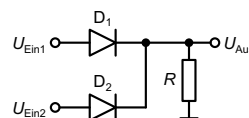


Abb. 4.42 Einfache Diodenlogik für eine Oder-Verknüpfung als Schaltbild (links) und als Aufbau auf dem Steckbrett (rechts). Die zugehörige Messung ist in der folgenden Abb. 4.43 gezeigt

Diese beiden Schaltungen sind für einfache Anwendungen sehr gut geeignet. Im Gegensatz zu TTL- oder CMOS-Schaltungen ist eine Reihenschaltung bzw. Kaskadierung der Und- bzw. Oder-Verknüpfung nur sehr begrenzt möglich. Hier wirkt sich aus, dass immer eine Diodenspannung vom Eingang zum Ausgang „verloren geht“.

Der Autor hat dieses Buch anschaulich und verständlich geschrieben. Dabei geht er dennoch intensiv in Details. Begleitet wird das Buch von einem ausführlichen Formelverzeichnis und zahlreichen Verständnisfragen, die eine eigenständige Kontrolle des Lernstoffs ermöglichen.

Eine weitere Besonderheit: Das Buch enthält zahlreiche Übungsaufgaben mit Lösungswerten und stellt zusätzlich Links zu ausführlichen Lösungswegen als Download bereit.

Bild 1 zeigt eine typische Doppelseite aus dem Buch: Auf der linken Seite ist im unteren Bereich der Schaltplan und daneben der Aufbau auf dem Steckbrett mit dem PAD-System dargestellt. Hier ist gut zu erkennen, dass die kleinen PAD-Module für einen übersichtlichen Aufbau sorgen. Die zugehörige Messung ist auf der rechten Seite abgebildet. Eine Diskussion der Schaltung und auch der Messdaten findet der Leser im Fließtext.

In **Bild 2** erfährt der Leser, wie sich mit dem PAD-System eine sogenannte Kaskode-Stufe aufbauen lässt. Dabei wird das Eingangssignal an einem Transistor von einem Spannungssignal in einen Kollektorstrom umgewandelt. Der zweite Transistor übernimmt dann die Rückwandlung in eine Aus-

gangsspannung. Auch hier wird der Schaltplan auf der linken Seite gezeigt, darunter die Schaltung auf dem Steckbrett. Die PAD-Elemente wurden hier nahezu identisch zum Schaltplan angeordnet, sodass sich Schaltplan und Aufbau gut vergleichen lassen.

Die Messung der Schaltung ist wieder auf der rechten Seite oben gezeigt. Auch hier ist im Fließtext eine umfangreiche Beschreibung der Schaltung enthalten. Das Messergebnis wird dargestellt und diskutiert, sodass die Kaskode-Stufe problemlos nachvollzogen werden kann.

Wenn die beiden Seiten aus dem Buch Sie direkt zu einem Nachbau mit dem PAD-System einladen und Sie Lust auf weiter gehende Experimente haben: Das Buch ist 2024 im Verlag SpringerVieweg erschienen und erhältlich als

eBook (ISBN: 978-3-662-69278-3) und
gedrucktes Buch (ISBN: 978-3-662-69277-6).

Das ELV PAD-System ist umfangreich und für unterschiedliche Experimentierfelder entwickelt. Für Nachbauten aus dem Buch ist der ELV Bausatz „Prototypenadapter für Steckboards **PAD2**, linear“ sowie die „Aufbewahrungsbox mit optischen und linearen Bauteilen **PAD-PRO-L01**“ empfehlenswert. **ELV**

104

4 Dioden

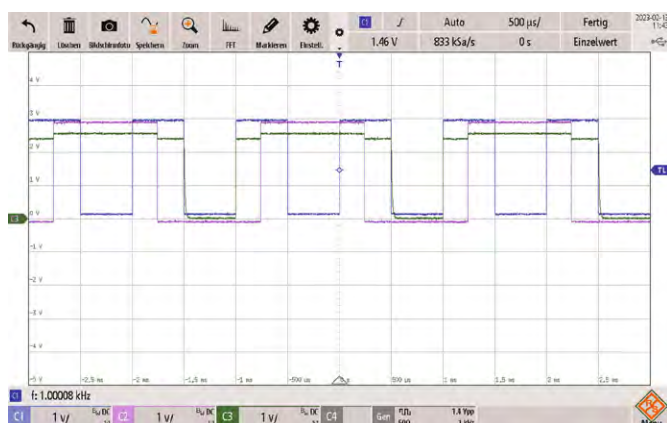


Abb. 4.43 Messung der Oder-Schaltung aus Abb. 4.42. Die beiden Eingangssignale sind blau und pink dargestellt, das Ausgangssignal grün

Zur Oder-Schaltung in Abb. 4.42 soll ergänzt werden, dass diese Schaltung auch ideal für eine Stromversorgung verwendet werden kann, wenn mehrere Spannungsquellen möglich sind. In diesem Fall stehen dann die Eingänge U_{Ein1} und U_{Ein2} beispielsweise für eine Batterie und ein Netzteil. Am Ausgang U_{Aus} wird dann die Schaltung angeschlossen. Auf diese Weise wird ein Verpolungsschutz realisiert, s. Abschn. 7.12. Außerdem werden die Spannungsquellen entkoppelt.

4.9 Kapazitätsdioden

Neben den bisher vorgestellten „einfachen“ Dioden aus diesem Kapitel soll hier kurz ein weiterer Diodentyp vorgestellt werden.

Die Kapazitätsdiode ist als diskretes Bauteil schon fast verschwunden. Als Bestandteil integrierter Schaltungen wird die Kapazitätsdiode in analog gesteuerten Oszillatoren oder VCOs (VCO: voltage controlled oscillator) jedoch sehr häufig verwendet.

Bei jeder Diode ist es so, dass für das Umschalten von Fluss- in Sperrrichtung interne Kapazitäten umgeladen werden müssen, s. auch Ersatzschaltbilder in Abschn. 4.2. Dadurch wird der Umschaltvorgang mehr oder weniger verzögert, s. Abb. 4.44 und 4.45. Für eine gute Erklärung sind Kenntnisse über den internen Aufbau der Diode erforderlich. Grundsätzlich ist es so, dass die Kapazität der Diode mit wachsender Sperrspannung

4.9 Kapazitätsdioden

105

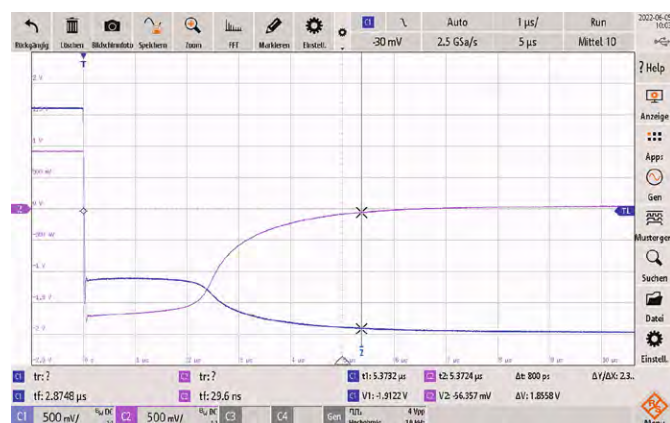


Abb. 4.44 Messung eines Umschaltvorgangs von Fluss- zu Sperrbetrieb einer Diode 1N4001. Die blaue Kurve ist die gemessene Spannung an der Diode. Der Verlauf der pinkfarbenen Kurve ist proportional zum Stromfluss durch die Diode. Deutlich ist zu erkennen, dass nach dem Umschalten von Fluss- in Sperrrichtung die Spannung erst mit einer Verzögerung von etwa 5 ns erreicht wird. Innerhalb der ersten 2,5 ns nach dem Umschalten fließt ein relativ hoher Strom in Sperrrichtung. Die Skalierung für die Zeitachse reicht von -12 bis +12 ns, die Spannungsachse hat als Maximalwert +2,5 V und als Minimalwert -2,5 V

sinkt. Dieser Effekt kann sehr gering sein, wie beispielsweise bei Schottkydioden. Bei Kapazitätsdioden wird dieser Effekt durch einen speziellen Aufbau verstärkt.

Das Schaltbild einer Kapazitätsdiode ist in Abb. 4.46 dargestellt. Der Verlauf der Kapazität über die Sperrspannung ist für eine Kapazitätsdiode vom Typ BBY66 in Abb. 4.47 dargestellt. Die meisten Kapazitätsdioden arbeiten mit relativ hoher Sperrspannung. Die Kapazitätsdiode BBY66 erreicht schon bei einer Spannungsänderung von -1 V auf -4,5 V eine Kapazitätsänderung von 68,7 pF auf 12,7 pF [10] und ist damit gut für Anwendungen mit geringer Betriebsspannung geeignet. Die Messung einer Kapazitätsdiode BB222 ist in Abb. 4.47 und 4.48 dargestellt.

Kapazitätsdioden werden in der Regel in Sperrrichtung betrieben. Über die Höhe der Sperrspannung kann die Kapazität eingestellt werden. Dieser Effekt kann beispielsweise für die Abstimmung eines Schwingkreises als Filter benutzt werden. Mit dieser Schaltung können sehr hochwertige Funkempfänger realisiert werden, die eine ausgezeichnete Störunterdrückung aufweisen. Die prinzipielle Schaltung ist in Abb. 4.49 gezeigt. Diese Schaltung wird als abstimmbares oder auch mitlaufendes Filter bezeichnet. In der Regel befindet sich dieses Filter nach der ersten Verstärkerstufe am Anfang der Emp-

Regenerative Energien

Energiequelle Sonne – Grundlage unserer Existenz

Unser Planetensystem ist nur ein Staubkorn in den nahezu unendlichen Weiten des uns bekannten Universums. Seine räumliche Dimension ist nach menschlichen Maßstäben unfassbar groß und verdeutlicht die verschwindend geringe Größe des Raumschiffs Erde in unserem Sonnensystem und erst recht in galaktischen Maßstäben.

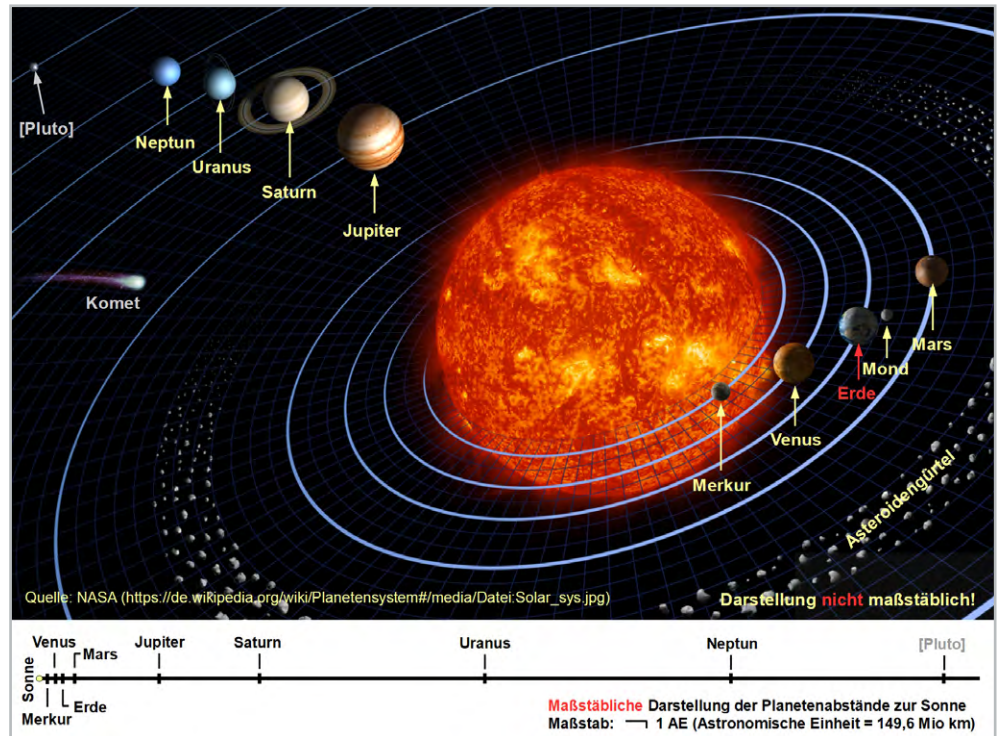


Die einzige unmittelbare Energiequelle ist die Sonne als Zentralgestirn, welches die Planeten auf mehr oder weniger konzentrischen Bahnen umlaufen. Nur der günstige Abstand der Erde zur Sonne schafft Oberflächentemperaturen, die gemeinsam mit dem Vorhandensein von Wasser die Entstehung organischen Lebens ermöglichten. Das alles entstand vor vielen Millionen Jahren und ist heute noch die Vor-

aussetzung für den Fortbestand der terrestrischen Biosphäre.

Bild 1 zeigt unser Planetensystem, dessen Mittelpunkt die Sonne ist. Der maßstäblichen Abstandsskala kann man entnehmen, dass auf keinem anderen Planeten (möglicherweise außer dem Mars) Temperaturen herrschen, die uns ähnliche Lebensvoraussetzungen bieten.

Bild 1: Unser Planetensystem besteht aus der Sonne als Zentralstern, den die Planeten auf nahezu kreisförmigen Bahnen umrunden. Nur der Radius der Erdbahn lässt Temperaturen zu, die Voraussetzung für biologisches Leben nach unseren Maßstäben sind.



Solarkonstante

Zur Berechnung der von der Sonne in eine Fläche von 1 m^2 im Erdband eingestrahlt Energie denken wir uns eine Kugel um die Sonne, deren Radius der Entfernung Erde – Sonne von etwa 150 Millionen Kilometern entspricht. Die Erde liegt dann auf der Oberfläche dieser Kugel. Weil die Sonne als idealer Kugelstrahler ihre durch Kernfusion ständig entstehende Energie gleichförmig in alle Richtungen ausstrahlt (isotroper Strahler), lässt sich der auf einem Quadratmeter bei der Erde ankommende Leistungsbruchteil berechnen. Diese Leistungsdichte mit der Einheit W/m^2 bezeichnet man langjährig gemittelt als Solarkonstante E_0 . Man ermittelt sie gemäß Gleichung (1) zu $E_0 = 1,361\text{ kW}/\text{m}^2$ senkrecht zur Strahlungsrichtung ohne den absorbierenden Einfluss der Atmosphäre.

Mittlerer Abstand Sonne – Erde: $L = 149.597.870.000\text{ m}$

Strahlungsleistung der Sonne: $P_S = 382,8 \cdot 10^{24}\text{ W}$

Kugeloberfläche: $F = 4 \cdot \pi \cdot L^2 = 281,229 \cdot 10^{21}\text{ m}^2$

$$E_0 = \frac{P_S}{F} = \frac{382,8 \cdot 10^{24}\text{ W}}{281,229 \cdot 10^{21}\text{ m}^2} = 1,361 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 1,361 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \quad (\text{Solarkonstante})$$

(1)

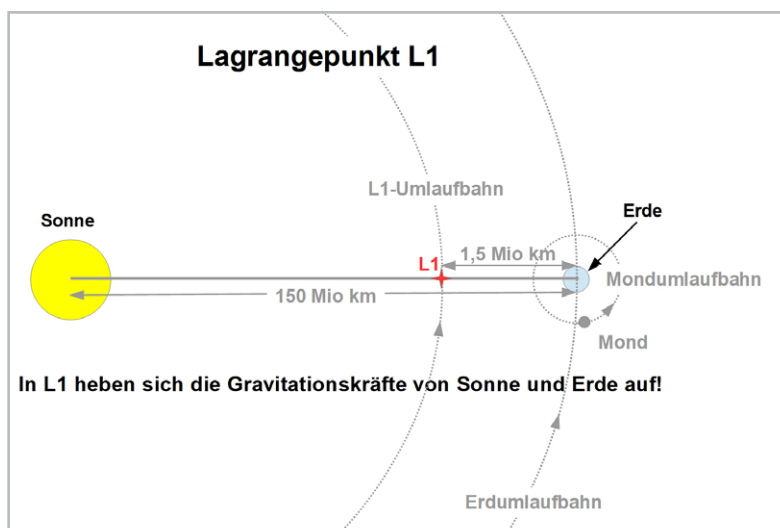


Bild 2: Der Lagrangepunkt L1 ist zur Positionierung von Sonnenbeobachtungssatelliten ideal geeignet, weil sich in ihm die Anziehungskraft von Erde und Sonne aufhebt und ein Satellit antriebsfrei gemeinsam mit der Erde die Sonne umrundet. Zeichnung ist nicht maßstäblich!

Bei E_0 handelt es sich wegen der jahreszeitlichen Schwankungen des Radius der Erdumlaufbahn um die Sonne (periodische Exzentrizität) um einen Mittelwert, der zwischen $1,325\text{ kW}/\text{m}^2$ im sonnenfernsten Bahnpunkt (Aphel) und $1,420\text{ kW}/\text{m}^2$ im sonnen nächsten (Perihel) pendelt.

Weil die Solarkonstante die Sonnenstrahlungsdichte vor dem Eintritt in die Erdatmosphäre beschreibt, kann sie dort am besten durch Satelliten ermittelt werden. Um den Atmosphäreinfluss auszuschließen, werden seit 1978 satellitengestützte Messungen zur Bestimmung der Solarkonstante im Weltraum vorgenommen. Der Ende 1995 gestartete Satellit SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) führt kontinuierliche Beobachtungen der Sonne mit einem Radiometer (Detektor zur Messung der Bestrahlungsstärke) durch. Der Satellit kreist um den Lagrangepunkt L1 des Planetensystems Sonne – Erde. L1 ist ca. 1,5 Millionen Kilometer von der Erde in Richtung Sonne entfernt und ein für die Sonnenbeobachtung besonders interessanter Ort (Bild 2). In L1 hebt sich die Gravitationskraft der Sonne mit jener der Erde auf, was den antriebslosen Sonnenlauf des Satelliten synchron mit der Erde ermöglicht. Von L1 aus gesehen ist es auf der Erde immer Tag und der Blick auf die Sonne dauerhaft unverstellt. Die SOHO-Mission ist für eine Lebensdauer von ca. 30 Jahren ausgelegt und wird vom Königlichen Meteorologischen Institut (KMI) von Belgien koordiniert.

Bei klarem Himmel (clear sky condition) erreicht Strahlung mit einer Leistungsdichte von etwa $1000\text{ W}/\text{m}^2$ die Erdoberfläche. Wolken, Regen, Nebel oder Luftverschmutzung im Strahlengang des Sonnenlichts können je nach ihrer Stärke dessen Intensität um 30 bis 90 Prozent schwächen. Weil die Absorption von Sonnenlicht beim Durchlaufen der Erdatmosphäre von der Länge der Laufstrecke abhängt, ist die im Tagesverlauf in einen Quadrat-

meter senkrecht eingestrahle Leistung um die Mittagszeit (höchster Sonnenstand) am größten, morgens und abends bei niedrigem Sonnenstand entsprechend kleiner. Das Gleiche gilt für den Verlauf der Jahreszeiten.

Eingestrahlte Leistung

Die Sonne strahlt eine Leistung in den ihr zugewandten Teil der Erdatmosphäre ein, die problemlos den heutigen Energiebedarf der Menschheit decken kann. Dazu die folgenden Gedanken. Die Fläche der Erdkontur F_E in m^2 multipliziert mit der Solarkonstante E_0 entspricht der auf die Erde eingestrahlte Leistung. Der Vergleich mit dem globalen Jahresenergieverbrauch 2023 ergibt, dass dieser über die in knapp einer Stunde eingestrahlte Energie abgedeckt wird (Gleichung (2)). Das ist natürlich nur ein rein hypothetischer Wert, der voraussetzt, dass die komplette Erdoberfläche mit Kollektoren bedeckt wäre, welche die eingestrahlte Energie restlos aufnehmen könnten, um sie anschließend zu 100 Prozent in eine nutzbare Form (Elektrizität, Prozesswärme, Bewegung, etc.) umzuwandeln.

$$\begin{aligned} \text{Fläche der kreisförmigen Erdkontur: } F_E &= \pi \cdot R_E^2 \quad \text{mit } R_E = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m} \\ F_E &= 3,1416 \cdot 40,59 \cdot 10^{12} \text{ m}^2 \\ F_E &= 127,52 \cdot 10^{12} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{In } F_E \text{ eingestrahlte Leistung: } P_{FE} &= E_0 \cdot F_E = 1361 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 127,52 \cdot 10^{12} \text{ m}^2 \\ P_{FE} &= 173,55 \cdot 10^{15} \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Globaler Energieverbrauch 2023: } W_{\text{Global}} &= 172 \text{ PetaWh} \\ W_{\text{Global}} &= 172 \cdot 10^{15} \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Erforderliche Einstrahlungsdauer: } T &= \frac{W_{\text{Global}}}{P_{FE}} = \frac{172 \cdot 10^{15} \text{ Wh}}{173,55 \cdot 10^{15} \text{ W}} \\ T &= 0,99 \text{ h} \end{aligned}$$

(2)



Bild 3: Das Sonnenlicht erreicht die Erdoberfläche entweder als direkte Strahlung oder in der Atmosphäre diffus gestreut. Beide Anteile überlagern sich zur Globalstrahlung.

In Deutschland wäre nach Abschätzungen in Bernd Stoys Buch „Wunschenergie Sonne“ (ISBN 3-87200-611-S) im Jahr 2000 eine Flächennutzung von 7 Prozent entsprechend einem Quadrat mit ca. 130 km Seitenlänge zur Energiebedarfsdeckung in Form von Elektrizität und Niedertemperaturwärme (Warmwasser, Heizung ...) erforderlich. Dem lag eine Prognose auf der Grundlage des Stands der Technik von 1980 und des Energieverbrauchs zuwachsen bis zum Jahr 2000 zugrunde.

Allerdings erreichen nicht 100 Prozent der in die Atmosphäre eingestrahltene Sonnenenergie den Erdboden. Beträchtliche Teile der Strahlung werden an Wolken, Eisschichten, Wasserflächen und der Erdoberfläche reflektiert, an Feuchtigkeits- und Schmutzpartikeln in der Atmosphäre gebeugt, absorbiert oder reflektiert. Dadurch verliert dieser derartigen Veränderungen unterworfenen Strahlungsanteil seine eindeutige Ausbreitungsrichtung und nimmt mehr oder weniger diffuse Eigenschaften an Bild 3. Im Jahresmittel trifft dies in Deutschland auf ca. 50 Prozent der Gesamtstrahlung zu.

Einem Fact-Sheet der NASA zufolge hat der auf der Erdoberfläche auftreffende solare Energiestrom eine Leistung von $4,4 \cdot 10^{16} \text{ W}$, was der Leistung von 44 Millionen modernen Kraftwerken mit je $1 \cdot 10^9 \text{ W}$ (1000 MW) entspricht.

Die von der Jahreszeit abhängigen Größenverhältnisse der direkten und diffusen Einstrahlung zeigt Bild 4. Man sieht, dass die direkte Strahlung in den Sommermonaten überwiegt und gegen Frühjahr und Herbst abnimmt. Weil die Tageslichtdauer im Sommer länger ist, führt das zusätzlich zu höherer Effizienz von solarthermischen und photoelektrischen Energiegewinnungsanlagen.

Direkte Sonneneinstrahlung ist grundsätzlich nur während des „Lichten Tags“ möglich. Darunter versteht man die Zeitspanne zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang, die von Jahreszeit und Standort abhängt. Bild 5 zeigt dies für einige Städte auf der Nordhalbkugel. Man erkennt, dass am Äquator (Breitengrad 0) das ganze Jahr

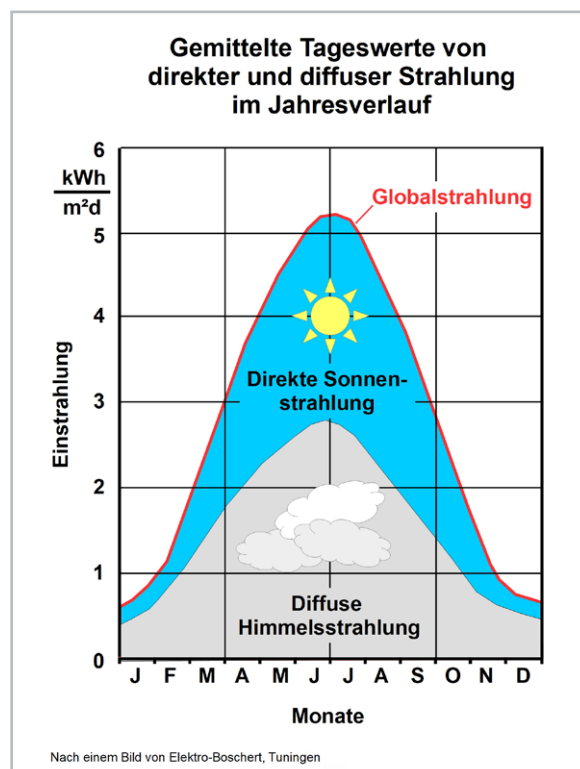


Bild 4: Der Verlauf der Anteile der direkten und der diffusen Sonneneinstrahlung im Verlauf eines Jahres

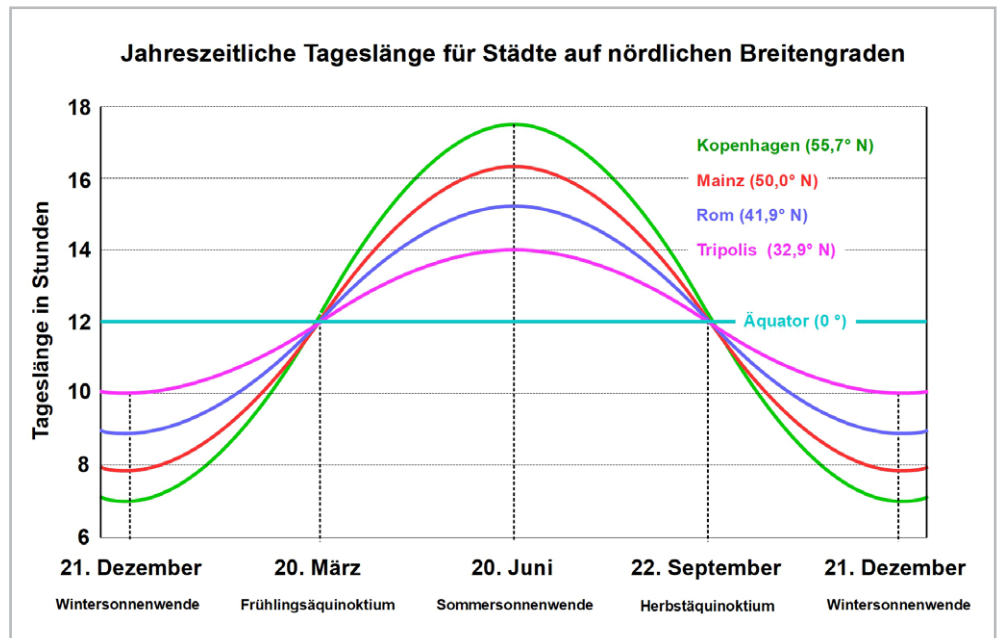


Bild 5: So verändern sich die Tageslängen über ein Jahr auf verschiedenen Breitengraden der nördlichen Erdhalbkugel.

über Tag- und Nachtgleiche (Äquinoktium) herrscht. Mit zunehmender nördlicher Breite steigt die Tageslänge an. Am Nordpol geht die Sonne sogar ein halbes Jahr lang nicht unter (Polartag) und verweilt ein halbes Jahr unter dem Horizont, geht also nicht auf (Polarnacht).

Wegen der Rotationssymmetrie der Erdkugel sind an jedem Ort auf dem selben Breitengrad zur gleichen Zeit die Tage gleich lang. Zum Beispiel gilt das für Städte auf dem 50. Breitengrad wie Mainz, Michelstadt, Krakau, Kiew, Pilsen, Winnipeg und Vancouver.

Im Norden Deutschlands (List auf Sylt: 55,9° N, 17,37 h) sind die längsten Tage in etwa 1,4 Stunden länger als im Süden (Berchtesgaden: 47,6° N, 15,97 h), wie man Bild 6 entnehmen kann. Allerdings beschreibt die Sonne einen flacheren Bogen, was sich in einer geringeren Globalstrahlung niederschlägt.

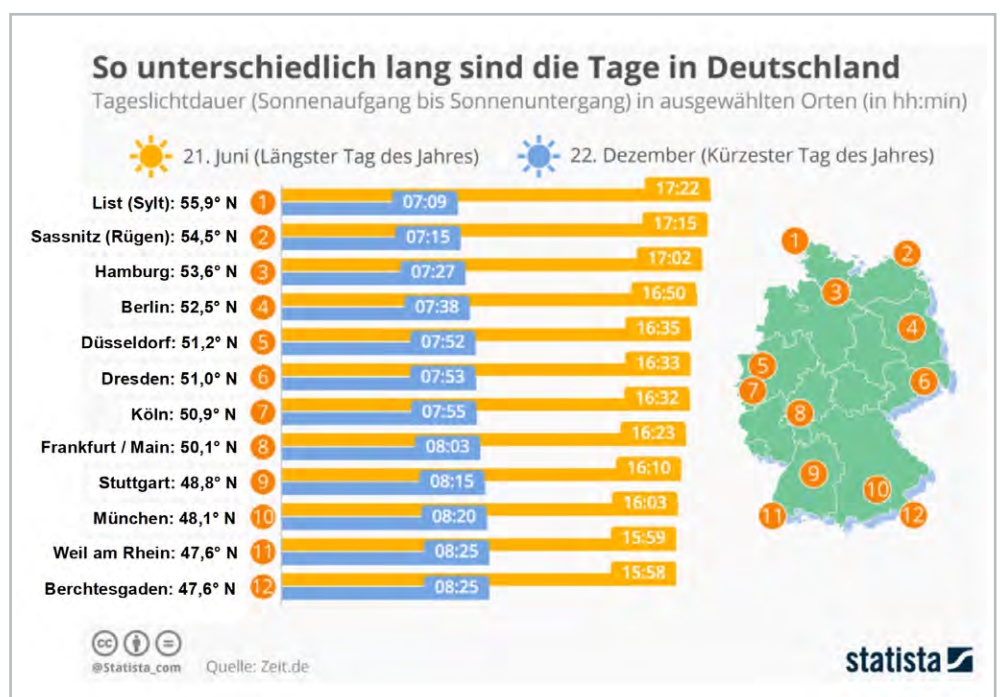


Bild 6: Bereits in Deutschland sind die Tageslängenunterschiede zwischen Nord und Süd deutlich erkennbar. Auf Sylt übertrifft der längste Tag mit 17 Stunden 22 Minuten den von Berchtesgaden mit 15 Stunden 58 Minuten um 1 Stunde 24 Minuten.

Die **spektrale Zusammensetzung des Sonnenlichts** beschreibt die Stärke seiner elektromagnetischen Frequenzkomponenten. **Bild 7** zeigt drei Intensitätskurven:

1. die des idealen schwarzen Strahlers bei einer Oberflächentemperatur von 5900 K (5630 °C);
2. die von extraterrestrischem Sonnenlicht vor dem Eintritt in die Erdatmosphäre. Luftmasse AM0 bedeutet dabei, dass keine Atmosphäre durchstrahlt wird;
3. die mit einem Winkel von 48,19 Grad einfallende solare Strahlung. Luftmasse AM1,5 bedeutet bei dem Einfallswinkel von 48,19 Grad eine 1,5 mal größere Weglänge der Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre als bei senkrechter Einfallsrichtung von 90 Grad (AM1). Auf AM1,5 als Standardspektrum (STC: Standard Test Condition) haben sich die Metrologen (Messtechniker) weltweit geeinigt, um vergleichbare Messergebnisse für Photovoltaikzellen zu erzielen. Das Spektrum AM1,5 ist in der Norm IEC 904-3(1989) Teil III beschrieben (IEC: International Electrotechnical Commission).

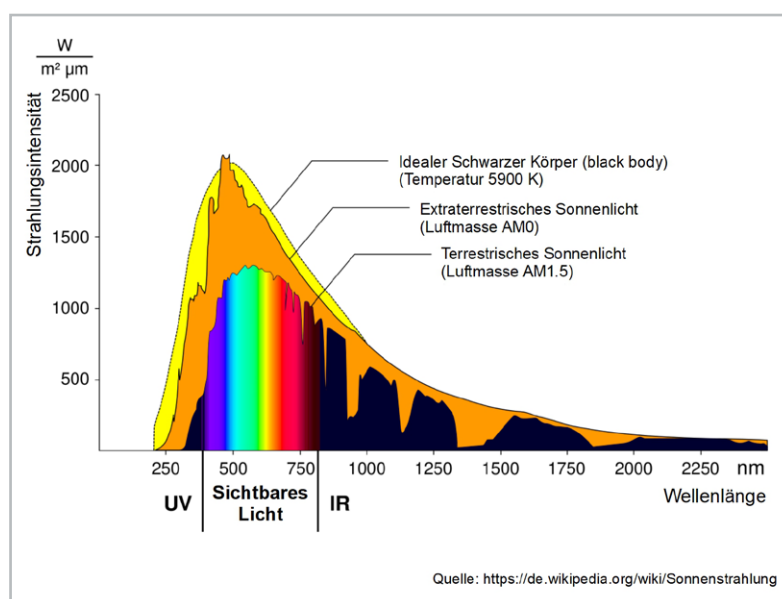


Bild 7: Die spektrale Zusammensetzung des Sonnenlichts unter drei verschiedenen Randbedingungen weist unterschiedliche Intensitätsverläufe auf.

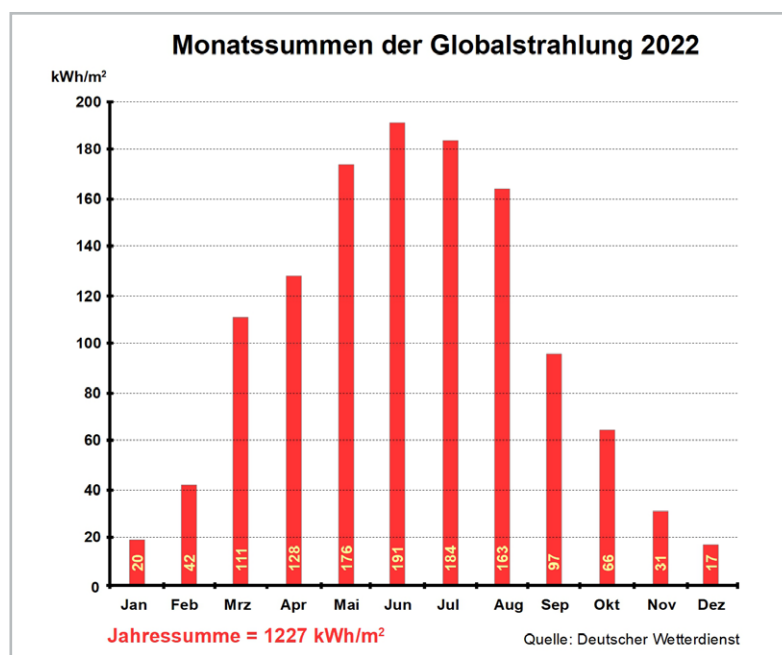


Bild 8: Im statistischen Mittelwert ist in Deutschland der Juni mit 191 Sonnenstunden der sonnenreichste Monat und der Dezember mit 17 Sonnenstunden der sonnenärmste.

Globalstrahlung

Unter Globalstrahlung versteht man die auf der Erde in einer waagerechten Fläche ankommende Summe aus direkter und durch Wolken, Wasser- und Staubpartikel (Aerosole) in der Atmosphäre gestreuter (diffuser) Sonnenstrahlung. Deren Relation variiert räumlich und zeitlich und hängt von zahlreichen Faktoren ab, nämlich von

- der Jahreszeit,
- der Tageszeit und dem Sonnenstand,
- der Bewölkung, dem Nebel etc.
- dem Breitengrad (am Äquator maximal, an den Polen minimal),
- der Höhe über dem Meeresspiegel,
- der Luftreinheit.

Das hat zur Folge, dass der Direktstrahlungsanteil an der Globalstrahlung zwar stärker als der diffuse ist, aber niemals 100 Prozent erreicht. Vielmehr liegt in Deutschland im Jahresdurchschnitt das prozentuale Verhältnis von direkter zu diffuser Sonneneinstrahlung bei 50:50 Prozent.

Ein Charakteristikum der Direktstrahlung ist ihr scharfandiger Schattenwurf von Objekten im Strahlengang. Diffuses Licht hingegen weist alle Ausbreitungsrichtungen auf und erzeugt daher keine ausgeprägten Objektschatten.

Bei einer typischen Sonnenscheindauer von 1000 Sonnenstunden pro Jahr hat im Jahr 2022 die mittlere Jahressumme der Globalstrahlung in Deutschland 1227 kWh/m² betragen. Die einzelnen Monatsbeiträge sind **Bild 8** zu entnehmen.

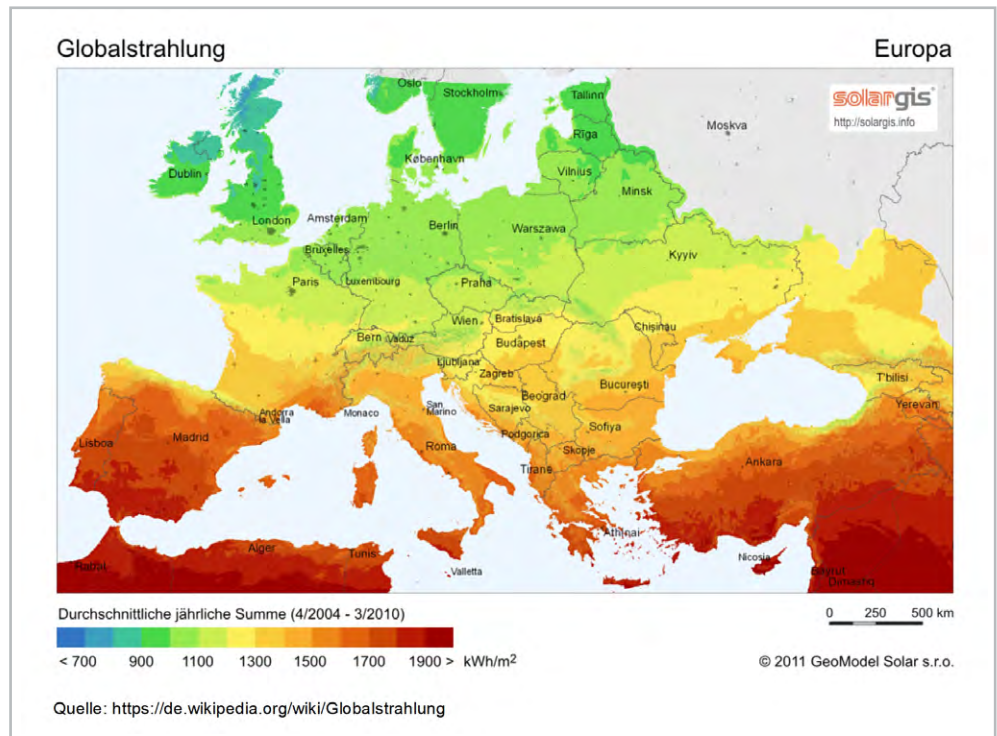
Der Anteil der direkten Sonneneinstrahlung an der Globalstrahlung ist am höchsten, wenn der Sonnenstand bei wolkenfreiem Himmel seinen Gipfelpunkt erreicht hat. Tendenziell nimmt die Globalstrahlung in Richtung des Äquators zu, wie **Bild 9** am Beispiel Europas zeigt. Während sie in den Polargebieten unter 800 kWh/m² liegt, kann sie in äquatorialen Zonen 2000 kWh/m² deutlich überschreiten.

Zusammenfassend: Die Globalstrahlung gibt an, wie viel Energie der Strahlung von der Sonne auf der horizontalen Erdoberfläche ankommt. Daher ist sie zum Beispiel eine wichtige Eingangsgröße für die Planung und den Betrieb von Photovoltaik-Anlagen.

Entwicklung der Globalstrahlung in Deutschland

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) bietet auf seiner Homepage einen hochinteressanten [Bericht über die Globalstrahlung in Deutschland](#) in den letzten vier Jahrzehnten zum Download. An vier aus den Dekadenmittelwerten gebildeten Karten der Globalstrahlung in Deutschland (**Bild 10**) lässt sich ein Nord-Süd-Anstieg der Globalstrahlung erkennen. Dieser beruht nicht nur auf dem Klimawandel, sondern auch auf einer als positiv zu wertenden Aufhellung der Atmosphäre („Brightening-Effekt“) durch Rückgang der Emissionen und Veränderungen in der Bewölkung. Am deutlichsten wird dies in Nordrhein-Westfalen, Brandenburg und entlang der polnischen Grenze. Es bleibt also festzuhalten, dass die Globalstrahlung in Deutschland eine steigende Tendenz aufweist.

Bild 9: Die Globalstrahlung in Europa nimmt im Nord-Süd-Verlauf deutlich zu.



Rückstrahlung der Erde

Man könnte sich die Frage stellen, warum sich die Erde nicht unaufhaltsam aufheizt, wenn ihr doch stetig Sonnenenergie zugeführt wird. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass die Erde selbst auch ein Strahler ist, der seine Wärmeenergie entsprechend seiner Oberflächentemperatur in das kalte Weltall abstrahlt. Offensichtlich besteht wegen der im Mittel konstanten Erdtemperatur ein Gleichgewicht zwischen aufgenommener und abgegebener Strahlungsenergie. Weil das Abstrahlen über die gesamte Oberfläche der Erdkugel ($4\pi R_E^2$) erfolgt, das Einstrahlen aber nur über deren Konturfläche (πR_E^2), kann man daraus schließen, dass die Abstrahlung mit einem Viertel der Solarkonstante $E_0/4 = 1361 \text{ W/m}^2/4 = 340 \text{ W/m}^2$ stattfindet.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die solare Einstrahlung auf die Erde überwiegend kurzwelliger Natur ist, die Abstrahlung der Erdoberfläche (Land- und Wassermassen) und der Atmosphäre hingegen überwiegend im langwelligen Bereich stattfindet. Die Erde übernimmt dabei die Rolle eines Energiewandlers.

Nur etwa der tausendste Teil der einfallenden Strahlungsenergie führt mit der Photosynthese zum Pflanzenwachstum, von dem nur ein geringer Bruchteil als organische Substanz langfristig gespeichert wird. Deshalb hat es Jahrmillionen gedauert, bis die gewaltigen Lagerstätten von Brennstoffen pflanzlichen Ursprungs (fossile Brennstoffe) als Kohle, Erdöl und Erdgas entstanden sind, die der Mensch nun – in erdgeschichtlichen Maßstäben betrachtet – in explosionsartiger Geschwindigkeit ausbeutet und das enthaltene Kohlendioxid (CO_2) quasi schlagartig freisetzt. Der so durch die Aktivitäten des Menschen verursachte (anthropogene) Anstieg der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre hat die Wärmeabgabe der Erde inzwischen empfindlich beeinträchtigt und zu lokalen und globalen Klimaveränderungen geführt.

Den einzig denkbaren Ausweg aus dem bedrohten natürlichen „Wärmegleichgewicht“ bietet die direkte Verwertung der Sonnenenergie und aller von ihr abgeleiteten indirekten Energieformen mit ihren Trägern Wind und Wasser.

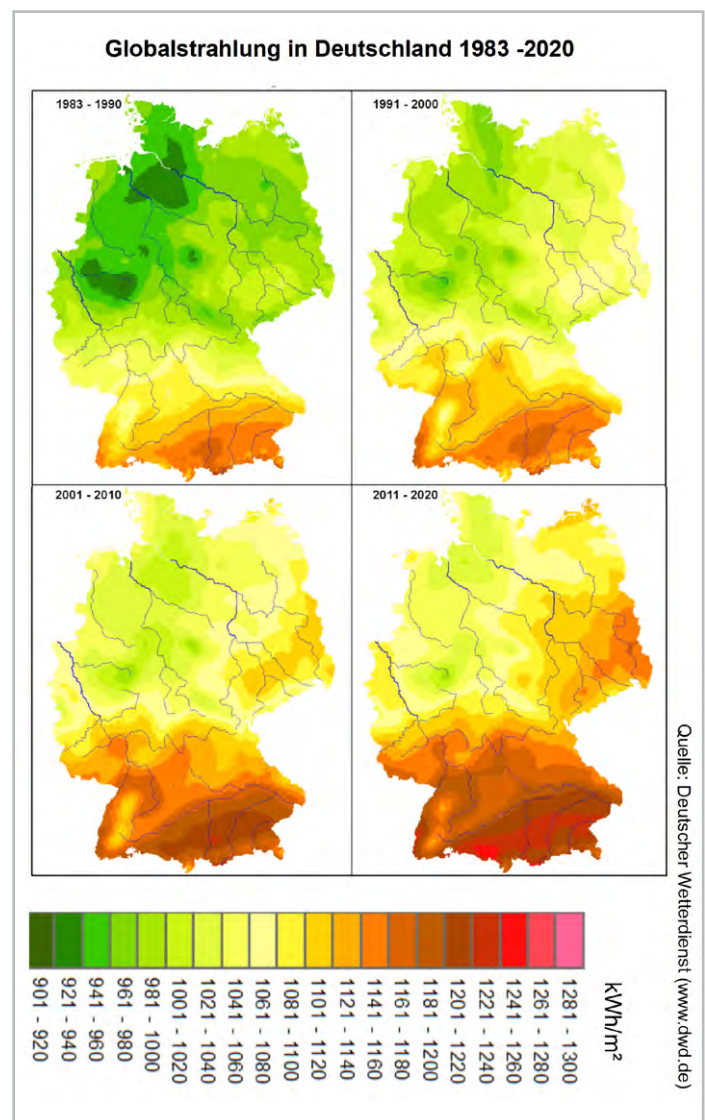


Bild 10: Die lokalen Durchschnittswerte der Globalstrahlung der letzten vier Jahrzehnte weisen als Folge des Klimawandels einen deutlichen Anstieg auf.

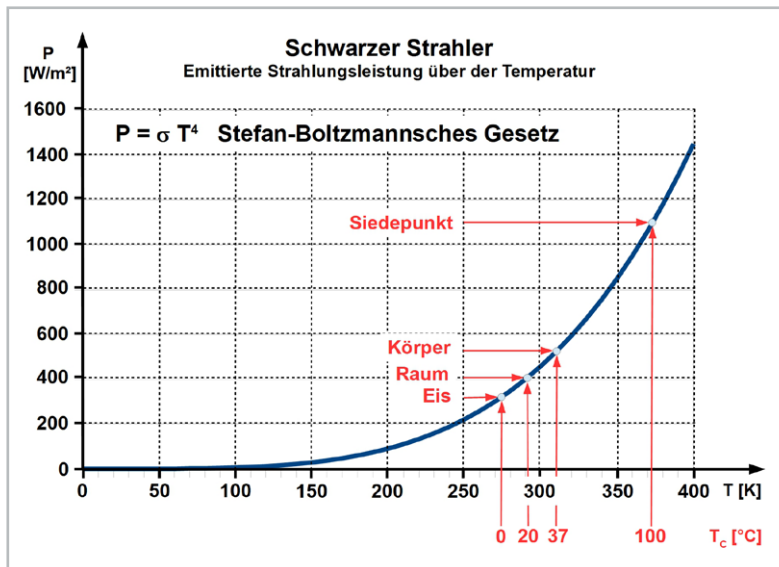


Bild 11: Ein idealer schwarzer Körper „verschluckt“ alle ihn erreichenden Strahlungen restlos (keine Reflektionen) und gibt sie als Wärmestrahlung nach dem Stefan-Boltzmannschen-Gesetz wieder ab.

Einfluss der CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre

Die nachfolgende Energiebilanzbetrachtung wurde den Ausführungen des [Instituts für Umweltphysik IUP](#) der Universität Bremen nachempfunden.

Im Gleichgewichtsfall strahlt die Erde die durch kurzwellige Sonnenbestrahlung aufgenommene Leistung P_{ein} wieder vollständig im langwelligen Bereich (Wärme) als P_{aus} ab. So ergeben sich gleichbleibende Temperaturverhältnisse auf der Erdoberfläche. Wenn die CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre jedoch ansteigt, behindert das die kurzwellige Einstrahlung kaum, aber die Leistungsemission P_{aus} . Der dadurch verursachte Temperaturanstieg wird als Treibhauseffekt bezeichnet. In [Gleichung \(3\)](#) wird die stark vereinfachte Strahlungsbilanz ausgewertet und die Temperatur ermittelt, bei der sich ein thermisches Gleichgewicht zwischen ein- und ausgestrahlter Leistung einstellt.

Dabei ist zu beachten, dass die Energierückstrahlung der Erdkugel ins Weltall überwiegend im langwelligen Bereich (also als Wärmestrahlung) stattfindet. Deshalb kommt dafür das Stefan-Boltzmannsche-Gesetz zur Anwendung, benannt nach den österreichischen Physikern Josef Stefan (1835-1893) und Ludwig Boltzmann (1844-1906). Danach ist die emittierte Leistung eines rein thermisch abstrahlenden Körpers (Schwarzer Strahler, Black Body) proportional zu dem Produkt aus seiner

Thermisches Gleichgewicht: $P_{\text{ein}} = P_{\text{aus}}$

$$P_{\text{ein}} = \text{Querschnittsfläche} \cdot \text{Solarkonstante} \cdot \text{Absorption}$$

$$P_{\text{aus}} = \text{Oberfläche} \cdot \text{thermische Ausstrahlung ins Weltall}$$

$$\pi r_E^2 \cdot E_0 \cdot (1 - \alpha) = 4 \pi r_E^2 \cdot \tau \cdot \sigma T^4 \quad \text{mit } r_E: \text{Erdradius}$$

$$E_0: \text{Solarkonstante} \left(1361 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\alpha: \text{Albedo (diffuses Rückstrahlvermögen)}$$

$$\tau: \text{Transmissionsgrad der Atmosphäre für thermische Rückstrahlung}$$

$$\sigma: \text{Stefan-Boltzmann-Konstante}$$

$$\left(\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \right)$$

$$T: \text{absolute Temperatur in Kelvin}$$

nach T aufgelöst:

$$T = \sqrt[4]{\frac{E_0(1-\alpha)}{4\tau\sigma}} \quad \text{Thermische Gleichgewichtstemperatur}$$

Oberfläche und der vierten Potenz seiner Temperatur (T^4). Der Proportionalitätsfaktor ist die Stefan-Boltzmann-Konstante ($\sigma = 5,67037... \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4$). [Bild 11](#) zeigt grafisch den Zusammenhang zwischen der Temperatur eines schwarzen Strahlers und der von ihm abgestrahlten Leistung.

Man kann [Gleichung \(3\)](#) entnehmen, dass das Rückstrahlvermögen (die Albedo) α und der Transmissionsgrad für die Wärmerückstrahlung τ das Temperaturniveau auf der Erde bestimmen, bei dem sich ein thermisches Gleichgewicht einstellt. τ wird stark durch die Konzentration von CO₂ und anderen Treibhausgasen (Methan, Kälte- und Lösungsmittel...) beeinflusst. $\alpha = 0,3$ und $\tau = 0,6$ kennzeichnen eine „normale“ Atmosphäre mit einer Durchschnittstemperatur von ca. 16 °C. Wenn man aber von einem Rückgang der Albedo auf $\alpha = 0,2$ infolge des Abschmelzens von reflektierenden polaren Eismassen und Gebirgsgletschern und einer geringfügigen Abnahme des Transmissionsgrades τ auf $\tau = 0,59$ durch eine erhöhte Treibhausgaskonzentration ausgeht, steigt die thermische Gleichgewichtstemperatur bereits auf ca. 27 °C an.

Es führt also kein Weg an einer Verringerung der Treibhausgaskonzentration in der globalen Atmosphäre vorbei!

Nutzbare erneuerbare Energien

Wikipedia definiert erneuerbare Energien (regenerative Energien) als Energiequellen, die nach den Zeitmaßstäben des Menschen praktisch unerschöpflich zur Verfügung stehen oder sich verhältnismäßig schnell erneuern. Das unterscheidet sie von fossilen Energiequellen, deren Ausbeutung sie dauerhaft vernichtet oder deren Regeneration wieder Millionen von Jahre dauern würde. Zudem ist die gegenwärtig immer deutlicher werdende negative Beeinflussung der globalen Ökosysteme durch Schadstoffemissionen aller Art zu erwähnen. Unter diesen Gesichtspunkten ist die Nutzung aller vom Menschen nutzbaren regenerativen Energien die unabdingbare Voraussetzung für eine langfristige Existenz des Menschen auf der Erde.

Letzten Endes haben sowohl fossile als auch regenerative Energien ihren Ursprung in solarer Strahlung. Gleichgültig, ob die solare Strahlungsenergie direkt verwertet wird oder ihre Gewinnung mittelbar aus Biomasse und den Bewegungen von Luft und Wasser erfolgt – ihr Ursprung liegt stets in den gigantischen Kernfusionsvorgängen im Inneren der Sonne. Von der gesamten in das Weltall abgestrahlten Leistung der Sonne ($3,86 \cdot 10^{26} \text{ W}$) erreicht die Erde nur ein winziger Bruchteil ($1,74 \cdot 10^{17} \text{ W}$) von 0,00000045 Promille ($4,5 \cdot 10^{10} \text{ W}$), der aber einem Vieltausendfachen der von der Menschheit benötigten Energie entspricht.

Ausblick

In weiteren Folgen dieser Artikelreihe wollen wir uns mit der Gewinnung regenerativer Energien beschäftigen. Photoelektrische und solarthermische Methoden werden zum Abschluss ausführlich behandelt.

Das ELVjournal hat sein Archiv geöffnet

45 Jahre neue Ideen, Bausätze und Produkte sowie spannende Wissensvermittlung für elektronikbegeisterte Leser.

Wir blicken zurück auf ...

vor 45 Jahren



ELVjournal Ausgabe 4/1980

Aus dem Inhalt:

- Geiger-Müller-Zähler
- 500-MHz-Universalzähler
- ELV Schlummertimer

Download-PDF

Aus dem Inhalt:

- Power-Supply 0-30 V/10 A
- Audio-Video-Prozessor
- Komfort-Signalverfolger

Download-PDF

vor 35 Jahren



ELVjournal Ausgabe 4/1990

Aus dem Inhalt:

- Akustischer Durchgangsprüfer
- Universelles Thermo-/Hygrometer
- Prozessor-Telefon-Zentrale

Download-PDF

vor 25 Jahren



ELVjournal Ausgabe 4/2000

Aus dem Inhalt:

- Energy-Analyzer EA 8000
- Linux-Control-Unit LCU 1
- Neigungs-/Stoß-Alarmanlage

Download-PDF

vor 15 Jahren



ELVjournal Ausgabe 4/2010

Aus dem Inhalt:

- Mini-Kreis-LED-Uhr
- Sensoren für Mikrocontroller
- Digitales Experimentierboard

Download-PDF

E-Paper

vor 5 Jahren



ELVjournal Ausgabe 4/2020

Mit der **ELVjournal App** lesen Sie das ELVjournal jederzeit und überall **kostenlos** auf Ihrem mobilen Gerät

Zur iOS-App

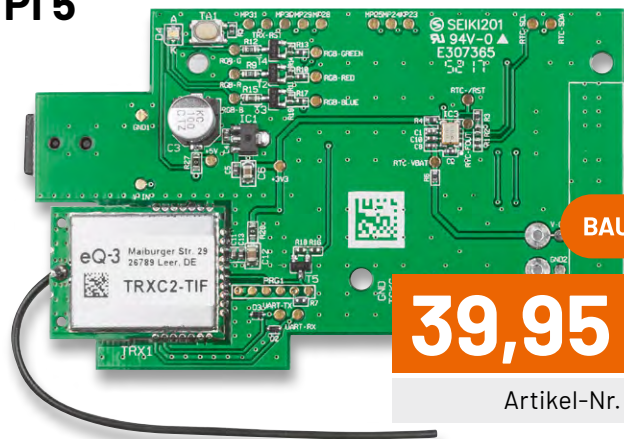
Zur Android-App

Mit dem Pi zur eigenen Zentrale

Smart Home Funk-Modulplatine RPI-RF-MOD für Raspberry Pi 3 B, Pi 4 und Pi 5

ELV

- Einfache Inbetriebnahme: einsatzfertiges HM-OCU-Image**
- Unterstützung von Homematic und Homematic IP (jeweils Wired und Funk)
- Stark verbesserte Funkreichweite durch neueste Transceiver-Generation (im Vergleich zum Vorgängermodul HM-MOD-RPI-PCB)
- Echtzeituhr mit Back-up-Funktion und 2 Tagen Puffer für autarke Zeitbasis auch bei Strom- oder Internetausfall
- Anzeige des Systemzustands über eine RGB-LED
- Taste zum Starten des Rettungssystems



BAUSATZ

39,95 €*

Artikel-Nr. 152941

[Zum Produkt](#)

+ Gleich mitbestellen: Homematic IP Ersatz-Netzteil für Smart Home Zentrale CCU3
Artikel-Nr. 157210 - 14,95 €

** kostenloser Download als Image oder Debian-Paket

Gehäuse RP-Case für Raspberry Pi und RPI-RF-MOD-Funk-Modulplatine

ELV

- Für Raspberry Pi 3 Modell B und GPIO-Erweiterungsmodule
- GPIO-Erweiterungsmodul mit Schraube fixierbar für höhere mechanische Sicherheit
- Integrierte Tastenbetätigung für passend zu platzierende Taster



Weiß

14,95 €*

Artikel-Nr. 154264

[Zum Produkt](#)



Schwarz

14,95 €*

Artikel-Nr. 152970

[Zum Produkt](#)

Raspberry Pi 3 Modell B, 1 GB



42,80 €*

Artikel-Nr. 123499

[Zum Produkt](#)

Raspberry Pi 4 Model B, 4GB RAM



69,99 €*

Artikel-Nr. 250568

[Zum Produkt](#)

Raspberry Pi 5 4 GB



72,95 €*

Artikel-Nr. 253860

[Zum Produkt](#)

Smart Home Zentrale Charly – Starter Set

ELV

- Einfachste Inbetriebnahme – einsatzfertiges HM-Occu-Image**
- Auch für Rasperrymatic und piVCCU geeignet
- Unterstützung von Homematic und Homematic IP (jeweils Wired und Funk)
- Stark verbesserte Funkreichweite durch neueste Transceiver-Generation (im Vergleich zum Vorgängermodul HM-MOD-RPI-PCB)
- Echtzeituhr mit Back-up-Funktion und 2 Tagen Puffer für autarke Zeitbasis auch bei Strom- oder Internetausfall
- Anzeige des Systemzustands über eine RGB-LED
- Taste zum Starten des Rettungssystems
- Leistungsstarker Raspberry Pi mit WLAN, Bluetooth, HDMI, Kameraport
- Inklusive leistungsfähigem Steckernetzteil (5 V/2,5 A) und microSD-Speicherkarte (8 GB, zum Installieren der Software)



BAUSATZ

99,95 €*
Artikel-Nr. 250297

Zum Produkt

Variante in Weiß – Artikel-Nr. 250827 – 99,95 €*
** kostenloser Download als Image oder Debian-Paket

ELVprojekt: Charly – die Smart-Home-Zentrale

Bauen Sie sich Ihre Smart-Home-Zentrale einfach selbst – die ELV Funk-Modulplatine RPI-RF-MOD macht es möglich. Mit dem Raspberry Pi als leistungsstarke Zentralhardware.

Dauer: Ca. 45 Minuten

Schwierigkeit:

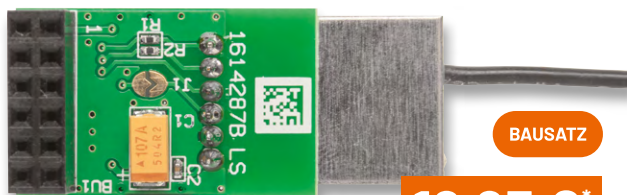


Zum ELVprojekt

Homematic Funkmodul für Raspberry Pi, HM-MOD-RPI-PCB

ELV

- GPIO-Steckmodul mit Homematic und Homematic IP Funkmodul
- Spannungsversorgung über Raspberry Pi
- Kompatibel mit Raspberry Pi 2B, Raspberry Pi 3 und Raspberry Pi 3 Model B+
- Für den Betrieb des Funkmoduls steht ein angepasstes Softwarepaket zum Download bereit



BAUSATZ

19,95 €*
Artikel-Nr. 142141

Zum Produkt

Homematic IP RF-USB-Stick, HmIP-RFUSB für alternative Steuerungsplattformen

ELV

- Funk-Interface für die Nutzung alternativer Hardwareplattformen bzw. als Entwicklungswerkzeug mit USB-Schnittstelle, z. B. mit OCCU, Rasperrymatic, Docker Container (z. B. für Betrieb in einem NAS)
- Einsetzbar unter MS Windows und Linux
- Tools, betriebssystemgebundene Treiber und Programme stehen im OCCU Github Repository zur Verfügung



BAUSATZ

29,95 €*
Artikel-Nr. 152306

Zum Produkt

ELV Smart Hacks

Tür und Tor mit Homematic IP

In unserer Reihe „ELV Smart Hacks“ zeigen wir anhand kleiner Detaillösungen, wie man bestimmte Aufgaben im Homematic IP System konkret lösen kann. Dies soll insbesondere Homematic IP Einsteigern, aber auch erfahreneren Nutzern helfen, die Einsatz- und Programmiermöglichkeiten besser zu verstehen und optimal einzusetzen. In dieser Ausgabe beschäftigen wir uns mit der Systemlösung „Zutritt“ und deren Möglichkeiten im System.



In unserem letzten Beitrag haben wir uns mit dem Thema rund um smarte Klingelsysteme beschäftigt. Nun wollen wir den nächsten Schritt gehen und zeigen, welche Möglichkeiten das Homematic IP System bietet, Türen und Tore einzubinden und so den Zutritt ins Gebäude oder auf das Grundstück zu steuern und auch zu überwachen.

Jeder kennt sicherlich das Problem: Man verlässt das Haus und erkennt erst zu spät, dass man den Schlüssel vergessen hat. Guter Rat ist dann teuer, wer hat schon einen Ersatzschlüssel deponiert und wenn, dann auch noch direkt in Reichweite? Doch so weit muss es nicht kommen, denn ein gut ausgebauten Smart-Home-System bietet eine Vielzahl von Möglichkeiten, auch ohne Schlüssel ins Haus oder in die eigene Wohnung zu kommen.

Der Türschlossantrieb

Für normale Außen- oder Innentüren bietet sich die Verwendung eines smarten Türschlossantriebs wie des [HmIP-DLD](#) ([Bild 1](#)) an. Dieser liefert dazu eine hohe Sicherheit und hohen Komfort für den Nutzer. Besonders praktisch ist ein solcher Türschlossantrieb in den Bereichen:

- **Privathaushalte:**
zur Steuerung von Wohnungs- oder Zugangstüren zu bestimmten Räumen
- **Büros und Geschäftsräume:**
als sicherer Zutritt zu Bürogebäuden, Konferenz- oder Lagerräumen mit der Möglichkeit, den Zugang bequem aus der Ferne zu steuern
- **Ferienwohnungen oder Ferienhäuser:**
zur automatischen Türsteuerung für Gäste, wodurch eine Schlüsselübergabe entfällt und der Zutritt effizienter gestaltet werden kann
- **Seniorenheime und Pflegeeinrichtungen:**
zur Sicherstellung, dass nur autorisierte Personen Zugang zu bestimmten Bereichen haben

Das HmIP-DLD ist für den Einsatz mit standardisierten Profilzylindern (z. B. Europrofilzylinder) konzipiert. Der Zylinder sollte dabei einen Überstand von mindestens 8 mm und maximal 15 mm zum Türblatt aufweisen ([Bild 2](#)), damit die Montageplatte aufgesetzt und fixiert werden kann ([Bild 3](#)).



Bild 1: Der Türschlossantrieb



Bild 2: Ein gewisser Überstand ist zwingend nötig.



Bild 3: Die Montageplatte



Bild 4: Der Antrieb wird auf den Innenschlüssel aufgesteckt.

Wir empfehlen, einen solchen Antrieb nur bei Zylindern mit einer Not- und Gefahrenfunktion zu verwenden. Diese Funktion erlaubt das Drehen der Schlüssel auf beiden Seiten, auch wenn auf der Gegenseite bereits ein Schlüssel stecken sollte. Der Türschlossantrieb wird auf einen innen im Schloss steckenden Schlüssel aufgesetzt und dreht diesen motorisch, um so das Schloss zu öffnen oder zu schließen ([Bild 4](#)).

Hinweis: Die maximale Kopfhöhe des Schlüssels darf dabei 3,4 cm und die maximale Kopfstärke 4 mm betragen.

Wie bei vielen Geräten dieser Art erfolgt die Stromversorgung mit Batterien, aber auch Akkus (z. B. von [Eneloop](#)) sind hier einsetzbar. Es ist darauf zu achten, dass die Batterien regelmäßig gewechselt werden, um eine kontinuierliche Funktionsfähigkeit

zu gewährleisten. Über die Homematic IP App kann der Türschlossantrieb an den [Homematic IP Access Point](#) oder einer [Home Control Unit](#) angelernt und konfiguriert werden. So lassen sich individuelle Parameter der Tür und des Zylinders einstellen (z. B. Umdrehungszahl, Anschlag der Tür etc.).

Die Bedienung kann danach kinderleicht per Homematic IP App oder durch einen Hand- bzw. Wandsender des Systems erfolgen. Auch lässt sich hier ein [Key-Pad](#) kombinieren, so muss der Schlüssel gar nicht erst mitgenommen werden – praktisch! Im [Projekt „Flexible Smart-Home-Zutrittskontrolle mit Homematic IP“](#) führen wir die nötigen Schritte und Produkte auf. Über die Tasten am Türschlossantrieb oder großen Handrad ist auch zu jeder Zeit eine lokale Bedienung möglich.

Wer einfach nur den Zustand seines Schlosses prüfen möchte, ohne dieses aktiv fahren zu können, für den bietet sich der [Türschlosssensor HmIP-DLS](#) an (Bild 5). Dieser Sensor wird ähnlich wie der Türschlossantrieb auf einen Schlüssel montiert und erkennt über die verbaute Elektronik die Umdrehungen in beide Richtungen.

Im Neubaubereich und auch in gewerblichen Objekten finden hingegen immer mehr Motorschlösser Verwendung. Diese sind bereits im Türblatt verbaut und können oft nicht über nachrüstbare Türschlossantriebe smart umgerüstet werden.

Das Motorschloss

Steht eine Haus- oder Wohnungstür mit einem verbautem Motorschloss zur Verfügung (z. B. von Winkhaus), kann auch dieses mit einem entsprechenden Produkt, wie dem [Universal-Motorschloss-Controller \(HmIP-FLC\)](#) (Bild 6), in die Homematic IP Welt überführt werden. Dieser ermöglicht nicht nur das Öffnen und Schließen per App bzw. Hand- oder Wandsender, sondern auch die Überwachung des Türzustands über zwei nutzbare Eingangskanäle. Hier können potentialfreie Kontaktgeber, wie klassische Reed-Kontakte, ausgewertet werden (Bild 7).

Besonders spannend ist der über einen weiteren Eingang aktivierbare Tag-/Nachtmodus, der im Nachtbetrieb das Schloss automatisch abschließt, sobald der Türflügel als geschlossen erkannt wird. Zur Umschaltung empfiehlt sich ein Schalter, es



Bild 5: Der Sensor erkennt die Position des Schlosses.

kann aber auch ein Taster im Toggle-Betrieb verwendet werden. Die Spannungsversorgung hat bauseits mit 12-24 V_{DC} zu erfolgen. Dank der geringen Größe passt das Homematic IP Modul in jede gängige Unterputzdose und lässt sich leicht in der Nähe der Tür platzieren.

Neben dem Motorschloss-Controller steht noch ein weiteres Modul zur Verfügung, der [Universal-Türöffner-Controller](#), kurz [HmIP-FDC](#) (Bild 8). Diese Komponente bietet sich für Türen an, die über einen integrierten elektronischen Türöffner (z. B. einen Summer) verfügen. Wie auch beim vorherigen Modul stehen mehrere Eingänge für die Zustandsüberwachung oder den Tag-/Nacht-Moduswechsel zur Verfügung.

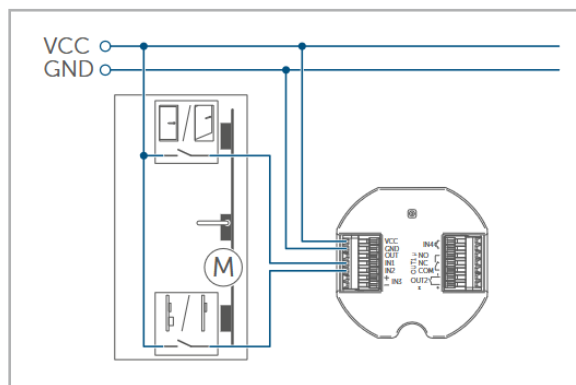


Bild 7: Anschluss der Türkontakte

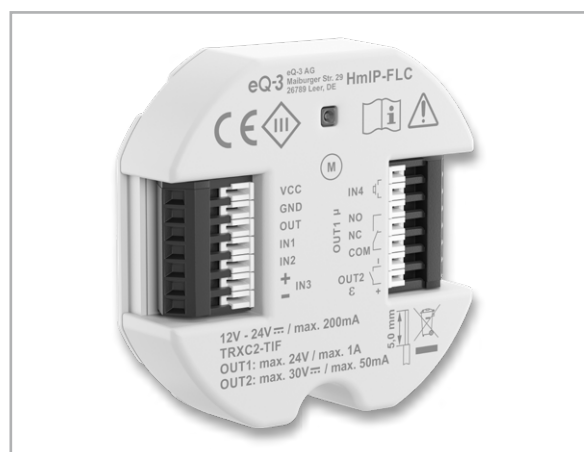


Bild 6: Der Motorschloss-Controller



Bild 8: Der Türöffner-Controller

Zutrittsberechtigung

Für den Türschlossantrieb und die beiden gezeigten Controller lassen sich in der Homematic IP App Zutrittsberechtigungen erstellen. Über diese Berechtigungen kann einfach festgelegt werden, welche Nutzer (Smartphone) oder Sender (KeyPad, Wandtaster etc.) zu welcher Zeit Zugriff auf das Schloss bzw. die Tür haben sollen. Dies wird über ein für jeden Wochentag definierbares Wochenprofil umgesetzt (Bild 9).

Auch lassen sich über die Zutrittsberechtigungen blitzschnell neue Nutzer hinzufügen oder „unberechtigte“ Nutzer entfernen.

Ein möglicher Anwendungsfall wäre z. B. der zeitgesteuerte Zutritt für die Reinigungskraft in den Morgen- oder Abendstunden. Über die schnelle Möglichkeit, Nutzer zu editieren, lassen sich zudem auch Zugriffe aus der Ferne vergeben, was die Smart-Home-Lösung sicherlich auch für vermietete Objekte interessant macht.

Aber nicht nur Türen können mit einem Smart-Home-System gesteuert werden, auch elektrische Tore (Garagentore, Gartentore etc.) lassen sich über ausgewählte Komponenten smart einbinden.

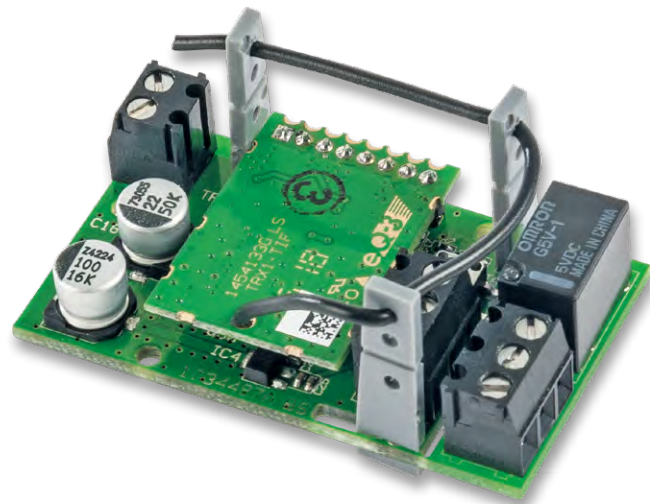


Bild 10: Die Schaltplatine

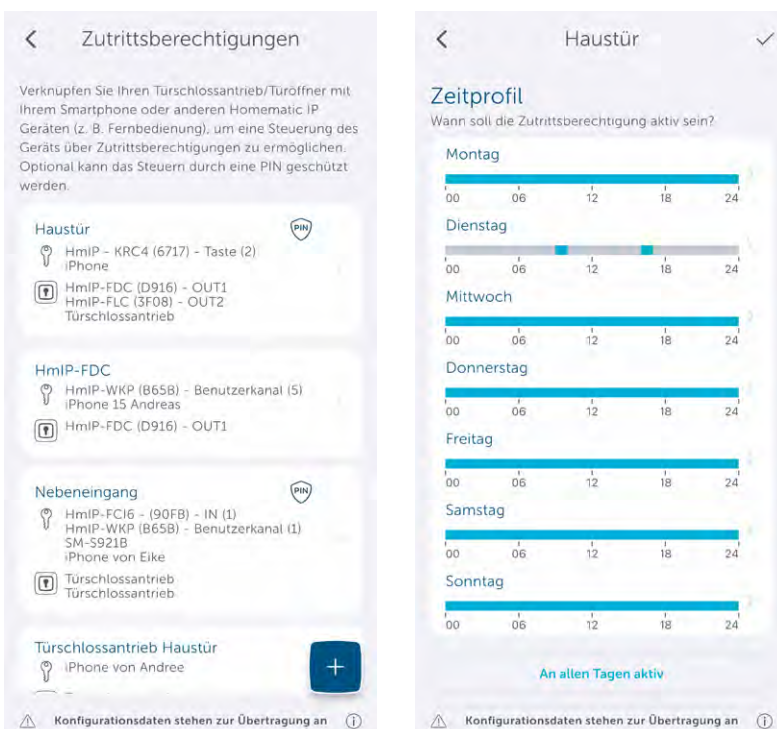


Bild 9: Erstellte Zutrittsberechtigungen (links) und das Zeitprofil (rechts)

Das Tor

Viele Torsteuerungen verfügen über die Möglichkeit, einen potentialfreien Taster anzuschließen, und ermöglichen so die Platzierung einer gut erreichbaren Bedienstelle. Diese Schnittstelle kann auch durch das Homematic IP System und passende Aktoren genutzt werden, um so das Tor anzusprechen.

Die **Schaltplatine HmIP-PCBS** (Bild 10) ist oft die Komponente der Wahl, wenn es darum geht, potentialfrei zu schalten.

Die Versorgung des Moduls muss über ein passendes Steckernetzteil erfolgen (5–25 VDC) oder kann ggf. auch durch das Antriebsmodul des Tors selbst bereitgestellt werden.

Über die Zuweisung zur Zutrittslösung lässt sich die Platine dann in einer Garagentorgruppe konfigurieren und gibt immer nur einen kurzen Schaltimpuls aus, um eine Fahrt auszulösen. Eine physische Bedienstelle liegt hier dann aber nicht vor und die Steuerung erfolgt per App oder zusätzlichen Funksender.

Anders beim Homematic IP Garagentortaster, dem **HmIP-WGC** (Bild 11). Dieser kommt in einem robusten Kunststoffgehäuse inkl.

großflächiger Tastwippe daher, welche sich auch mit vollen Händen problemlos bedienen lässt. Die Schaltlogik im Gerät erzeugt bei einem Druck bereits einen kurzen Impuls, sodass dieser nicht extra einzurichten ist. Natürlich lässt sich der Aktor auch mit Sendern des Systems verbinden und so auf Entfernung via App steuern.

Auch die Spannungsversorgung ist hier etwas anders gelöst. Dem Nutzer steht es frei, die für sich passende Lösung zu wählen. Der Betrieb des Aktors kann per Netzteil (5–24 VDC) oder auch per Batterien erfolgen.

Beide gezeigten Komponenten haben aber eine Eigenschaft gemeinsam: Der aktuelle Zustand des Tors kann nicht erkannt werden.

Die Zustandserkennung

Natürlich bietet das Smart Home System auch hierzu verwendbare Produkte an. Die Anwendbarkeit ist aber stark an bauliche Gegebenheiten geknüpft – wir können hier nur eine allgemeine Empfehlung geben. Beachten Sie immer die Hinweise zur Montage in den jeweiligen Bedienungsanleitungen! Auch ist auf die Schutzart des Geräts zu achten, diese sind in der Regel nach IP20 ausgelegt und eignen sich daher nicht für den direkten Außeneinsatz.



Bild 11: Der Homematic IP Garagentortaster



Bild 12: Der magnetische Fensterkontakt

Die einfachste Form ist der [magnetische Fensterkontakt, HmlP-SWDM-2 \(Bild 12\)](#). Wird der Magnet vom Sendeteil entfernt, so meldet er dem System einen offenen Zustand. Prinzipiell ist er damit ein „einfacher“ Reed-Kontakt. Die Entfernung des Magneten zum Sendeteil sollte 5 mm nicht überschreiten, damit zu jeder Zeit eine korrekte Erkennung gewährleistet ist. Über den [Neigungs- und Erschütterungssensor, HmlP-STV \(Bild 13\)](#) lässt sich der Kippzustand von z. B. Garagen- oder Sektionaltoren erfassen und in der Homematic IP App anzeigen.



Bild 13: Der Neigungs- und Erschütterungssensor

Alternativ können auch die Smart-Home-Sensoren von ELV verwendet werden, wie der [ELV-SH-CTV](#) und der [ELV-SH-TACO](#). Für den kleinen Lagesensor können Sie dann in der Homematic IP App Winkelbereiche festlegen, ab wann das Tor als geöffnet oder geschlossen gilt. Die Lage dazwischen wird als gekippt interpretiert und alle individuellen Statusmeldungen erhalten ein entsprechend passendes Icon in der App. [Bild 14](#) zeigt hier einen Screenshot.



Bild 14: Zustand des Garagentors als Icon



Bild 15: Durch die besonders schlanke Bauform fällt der Lagesensor kaum am Tor auf.

Die Montage kann beispielhaft wie in [Bild 15](#) auf der Innenseite des Tors durch z. B. Aufkleben erfolgen. Neben der reinen Lageänderung erfasst der TACO auch die Umgebungstemperatur und kann so z. B. auch vor Frost warnen.

[Bild 16](#) zeigt den ELV-SH-TACO an einem Garagentor. Zur Montage wird eine selbst gedruckte Halterung ([Download hier](#)) verwendet.

Durch den robusten Aufbau ist der TACO zudem für viele interessante Projekte geeignet, eine Übersicht finden Sie [hier](#).



Bild 16: Mithilfe der via 3D-Druck erstellten Halterung kann der TACO auch direkt am Torflügel montiert werden.

Einige Torsysteme bieten in der Steuerung potentialfreie Schaltkontakte, die beim Öffnen oder Schließen des Tors ihren Zustand ändern. Stehen solche Kontakte zur Verfügung, lassen sich diese über die [Kontaktschnittstelle HmlP-SCI \(Bild 17\)](#) in das Homematic IP System einbringen.



Bild 17: Die Kontaktschnittstelle

Antriebe von Hörmann

Neben den zuvor genannten universellen Aktoren können Nutzer mit einem der folgenden Hörmann-Antriebe auf ein speziell hierfür entwickeltes Produkt zurückgreifen – das [Homematic IP Smart Home Modul für Hörmann-Antriebe](#), kurz [HmIP-MOD-HQ](#) (Bild 18):

- SupraMatic Serie 3 E/P ab Index Ci
- SupraMatic HT3
- RotaMatic/P/PL Serie 1 (ab 09/2010) und Serie 2
- LineaMatic/P/H Serie 1 (ab 10/2009) und Serie 2
- VersaMatic
- WA300 S4
- WA300 R S4



Bild 18: Das Hörmann-Modul

Für die drei folgenden Modelle wird zusätzlich noch ein [Adapter](#) benötigt:

- Liftronic 700-2/800-2
- SupraMatic/ProMatic Serie 4
- RollMatic 2

Dieses Modell wird direkt über den BUS-Anschluss oder über den ggf. nötigen [HAP1HCP Adapter](#) des Antriebs mit Spannung versorgt und lässt sich anschließend in die Homematic IP App anlernen. Der Nutzer kann hiermit gezielt das Tor öffnen und schließen. Zusätzlich kann eine Lüftungsposition angefahren werden, die das Tor nur zu einem geringen Grad öffnet.

Viel wichtiger jedoch: Auch der aktuelle Stand des Tors wird zurückgemeldet. So kann dieser zu jeder Zeit aus der Ferne per App kontrolliert werden (Bild 19). Man sollte nie ein Garagentor fahren, wenn keiner vor Ort ist. Es könnten sich Tiere, Kinder oder andere Objekte im Fahrbereich befinden.

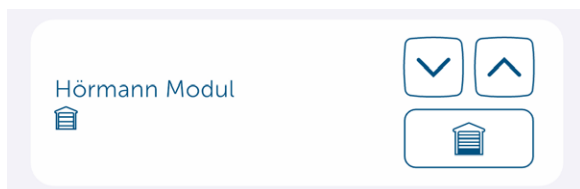


Bild 19: Anzeige der Bedienelemente und des aktuellen Status

Womit steuern?

Neben der Bedienung der App kann der Nutzer des Homematic IP Systems aus einer Vielzahl von Hand- oder Wandsendern wählen, um die zuvor beschriebenen Geräte anzusprechen.

Beschränken wollen wir uns im Folgenden auf die gängigsten Komponenten, die Schlüsselbundfernbedienung und das KeyPad. Beide haben gemeinsam, dass sie sich über direkte Verknüpfungen (Gruppen bzw. Zutrittsberechtigungen) mit den Geräten verbinden lassen. Diese funktionieren auch dann, wenn das Internet und/oder die Zentrale nicht verfügbar ist, und stellen somit eine besonders sichere Art der Kopplung dar.

Aber für wen ist welche Komponente geeignet? Die kleine [Schlüsselbundfernbedienung HmIP-KRCK](#) (Bild 20) kann einfach mitgeführt werden und lässt sich dank Schlüsselring direkt am Schlüsselbund befestigen. Die Piktogramme auf der Oberseite geben Aufschluss darüber, welche Funktionen hier belegt werden sollten. Wir schreiben „sollten“, da es dem Nutzer freigestellt ist, die Tasten auch mit anderen Funktionen zu belegen, wie z. B. das Schalten eines Lichts. Rufen wir uns die anfängliche Prämisse ins Gedächtnis, kann aber auch die Schlüsselbundfernbedienung verloren gehen. Von Vorteil ist jedoch, dass diese einfach aus dem System gelöscht werden kann und somit kein Sicherheitsrisiko darstellt wie bei einem abhanden gekommenen Schlüssel.



Bild 20: Die Schlüsselbundfernbedienung

Eine andere Lösung ist die Nutzung eines [Homematic IP Keypads HmIP-WKP](#) (Bild 21), welches in der Nähe der Tür montiert wird und somit immer zur Verfügung steht. Zutrittscodes können individuell für das Keypad vergeben und ebenfalls über eine Zutrittsberechtigung zu bestimmten Uhrzeiten und Wochentagen aktiviert bzw. deaktiviert werden. Auch kann mit einem anderen Code das Licht geschaltet oder die gesamte Alarmanlage scharf und unscharf gesetzt werden. Das Keypad ist für die Außenmontage geeignet, sollte aber nicht direktem Starkregen ausgesetzt werden.



Bild 21: Das Keypad

Fazit

Im Bereich Zutritt hat das Homematic IP System einiges zu bieten und kann durch seine durchdachten Produkte so gut wie jeden Anwendungsfall abdecken. Über die Homematic IP App können Zutrittsberechtigungen für Freunde oder Familie wie auch für Gäste oder Mitarbeiter spielend einfach den eigenen Bedürfnissen angepasst werden. Besonders gefällt uns die gute Nachrüstbarkeit des Türschlossantriebs in Kombination mit dem Keypad des Systems. Ein verlorener Schlüssel büßt so einiges an Schrecken ein. **ELV**

Maker Faire Hannover 2025

ELV ist wieder mit dabei!



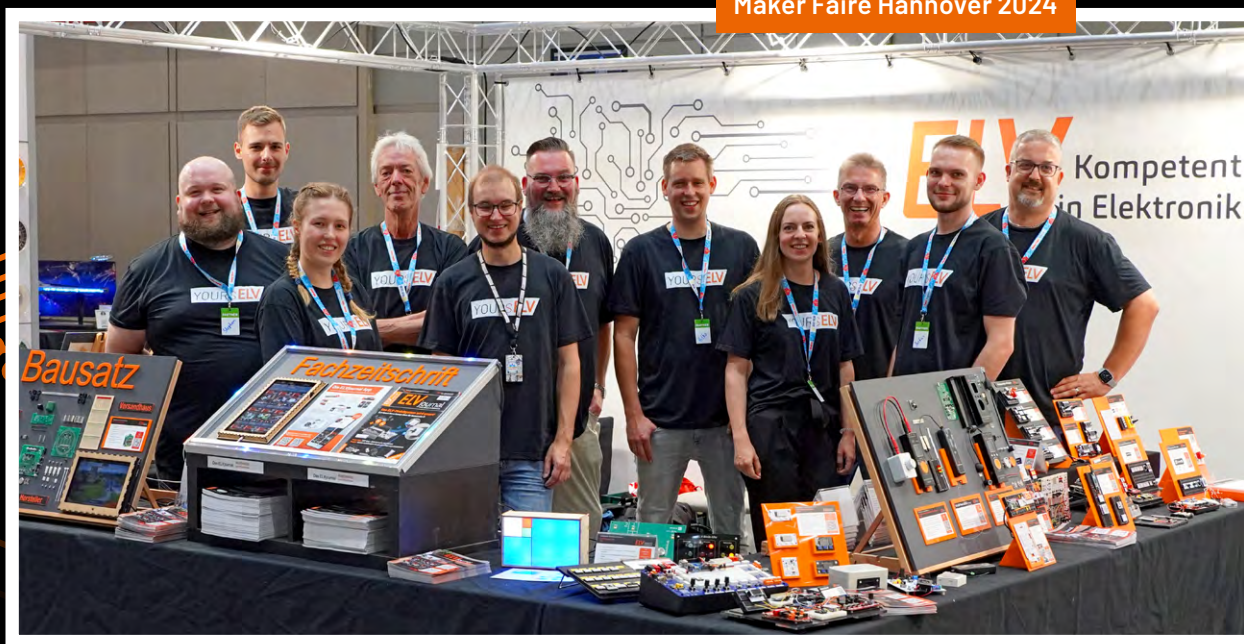
Die Maker Faire ist das Festival für Macher. Hier kommen Menschen zusammen, um ihre Leidenschaft für Technik, Elektronik und kreative Projekte zu teilen.

Vom Elektronik-Anfänger bis zum alten Entwickler-Hasen – die Maker Faire ist die zentrale Plattform, um mit klugen Köpfen in Kontakt zu kommen.

Auch wir als ELV sind wieder mit dabei und unsere Entwickler sind persönlich für Sie da!



Eindrücke von der
Maker Faire Hannover 2024



Sie finden uns vom 23. bis 24. August 2025
in der **Eilenriedehalle** am **Stand 98**

Clever schalten und messen

homematic^{IP} Smart Home Schalt-Mess-Steckdose, HmIP-PSM-2

- Kann den Energieverbrauch angeschlossener Geräte präzise messen und auswerten
- Max. Schaltleistung (ohmsche Last): 13 A/3000 W
- Sehr geringer Eigenverbrauch, nur 0,3 W
- Sprachsteuerung mit Amazon Alexa und Google Assistant möglich

Variante für die Schweiz: Homematic IP Schalt-Mess-Steckdose, HmIP-PSM-CH - Artikel-Nr. 159108 - 47.90 CHF



49,95 €*

Artikel-Nr. 157337

[Zum Produkt](#)

ELV Smart Home Set Außensteckdose Schalten/Messen, 5 A

Robuste Bauweise für den Außenbereich

Set mit Außensteckdosen-Kombination, ELV Halteplatte ELV-MPA und ARR-Bausatz Homematic IP Schalt-Mess-Aktor HmIP-FSM

HmIP-FSM im Detail:

- Schaltleistung 5 A/1150 W
- Sehr geringer Eigenverbrauch, nur 0,2 W
- Messung von Spannung, Strom, Leistung und Netzfrequenz
- Interne, ausfallsichere Speicherung eines Wochenprogramms

Mehr Informationen zu HmIP-FSM finden Sie [hier](#).

Sie sparen 4,95 € im Set



69,95 €*

Artikel-Nr. 254495

[Zum Produkt](#)

homematic^{IP} Smart Home Schnittstelle für Smart Meter, HmIP-ESI-IEC

- Bindet Smart Meter mit optischer Info-Schnittstelle ein
- Geeignet für: Bezugs-, Lieferzähler, Zweirichtungszähler, Eintarif- und Zweitarifzähler
- Liest Momentanleistung, Zählerstand Bezug HT, Zählerstand Bezug NT, Zählerstand Lieferung aus
- Eigenstromnutzung einer PV-Anlage optimieren und z. B. bei Überschuss einen HmIP-Aktor ansteuern
- Einfache Montage an der optischen Datenschnittstelle durch magnetischen Sensorkopf
- Lange Batterielebensdauer von typ. 5 Jahren



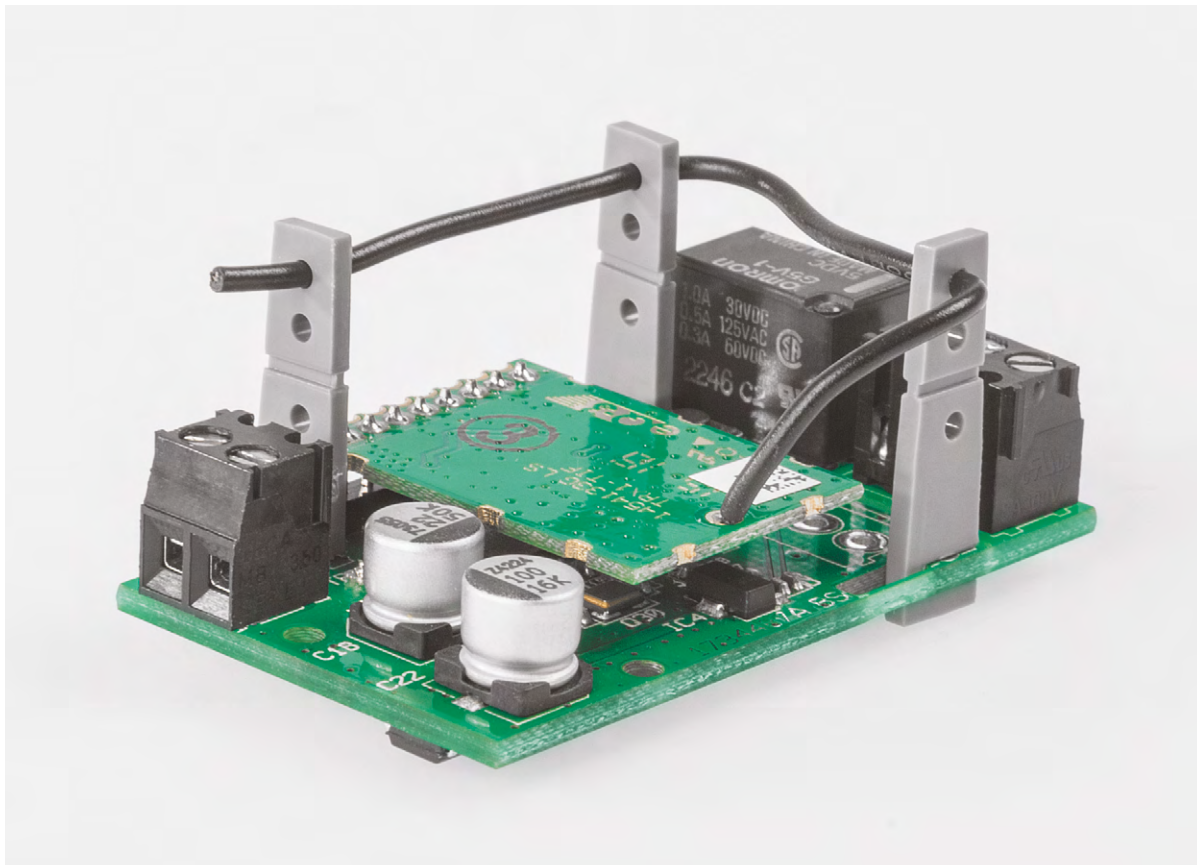
89,95 €*

Artikel-Nr. 159672

[Zum Produkt](#)

Homematic IP PC-Steuerung

Homematic IP von eQ-3 bietet eine Vielzahl von Produkten und Lösungen für die Hausautomatisierung. Möchte man seinen PC von der Ferne aus über Homematic IP einschalten, hochfahren und danach wieder herunterfahren und ausschalten, bedarf es einer kleinen Zusatzhardware, die in diesem Artikel vorgestellt wird. Dieses Projekt ist auch für Anfänger geeignet, da nur bedingt Hardware- und Softwarekenntnisse notwendig sind.



Leserwettbewerb



*siehe Seite 112

Dr. Peter Tschulik

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

Immer wieder kommt es vor, dass ich bei einer Dienstreise auf Daten oder Programme auf meinen PC am Heimatort zugreifen möchte. Für den Fernzugriff selbst gibt es einige teils kostenlose Lösungen am Markt wie den bekannten [Teamviewer](#) oder [Rustdesk](#). Da man aus Energiespargründen den PC nicht dauerhaft eingeschaltet lassen sollte, benötigt man eine Lösung, diesen aus der Ferne ein- und auszuschalten. Dazu bieten sich natürlich Komponenten von Homematic IP an wie der bewährte und universelle Aktor [HmIP-PCBS](#). Mit diesem Aktor ließe sich zwar die Stromversorgung des PCs einschalten, aber dieser nicht ordnungsgemäß hoch- und herunterfahren. Zu diesem Zweck habe ich eine einfache Schaltung entworfen, mit der ein PC wie vor Ort gestartet und heruntergefahren werden kann. Dazu sind nur minimale Eingriffe in den PC selbst erforderlich. Die hier vorgestellte Schaltung bietet allerdings noch mehr:



- ELVjournal 4/2025

die Betriebszustände sind eine grüne LED (D1) und eine gelbe LED (D2) vorhanden. Die grüne LED zeigt an, dass das Last-Relais RE2 eingeschaltet ist, d. h., der PC mit Strom versorgt wird. Die gelbe LED zeigt folgende Betriebszustände an:

- Dauerhaftes Leuchten, während das Relais RE1 angezogen ist, d. h., die Power-on-Taste des PCs betätigt wird
- Blinken: Der PC wird hoch- oder heruntergefahren
- Dauerhaft aus: Der PC ist hochgefahren oder ausgeschaltet

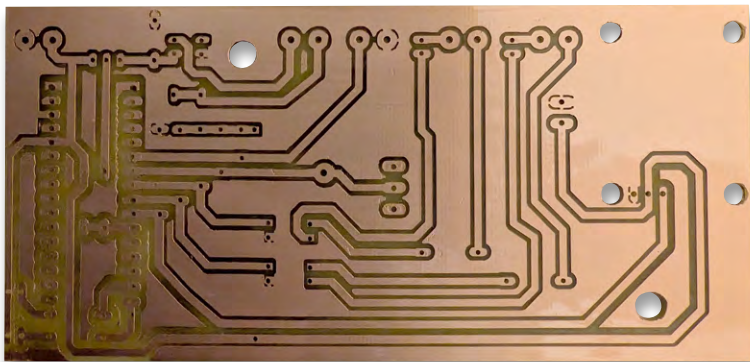


Bild 2: Platinenlayout der Homematic PC Steuerung

Nachbau

Für den Nachbau wurde mit dem Programm Eagle eine Platine entworfen, die in Bild 2 zu sehen ist. Die Platine kann in Eigenregie geätzt oder über ein Platinenservice in Auftrag gegeben werden. Ich persönlich nutze meine CNC-Fräse, um die Platine über das sogenannte Isolationsfräsen zu erzeugen. Bild 3 zeigt die bestückte Platine.

Die Bestückung beginnt mit dem Verlöten der einzigen Drahtbrücke. Danach werden die 11 Widerstände bestückt, zwei davon befinden sich unterhalb des Arduino Nano. Danach erfolgt die Bestückung der Diode D3 (1N4148) sowie des Transistors T1 (PNP, z. B. BC557).

Anschließend erfolgt die Bestückung der beiden Optokoppler IC1 und IC2. Diese sind vom Typ 817C und stammen aus einer defekten Relaisplatine. Der Optokoppler IC2 samt Widerstand R11, LED D5 und die Anschlussterminals J4 und J5 müssen nicht bestückt werden, wenn kein zusätzlicher Taster bzw. Schaltkontakt benötigt wird. Gleiches gilt für den Lötnagel J6, der nur dann zu bestücken ist, wenn das HMIP-PCBS abgesetzt betrieben wird.

Danach wird der Arduino Nano über Kontaktleisten auf die Hauptplatine aufgelötet (Bild 3). Auf die richtige Polung ist zu achten! Nachdem dies erfolgt ist, werden die Terminals J1 bis J5 bestückt und verlötet. Als Nächstes kommt der Homematic IP Aktor HMIP-PCBS an die Reihe. Anstatt der Terminals werden an die Versorgungsspannungsanschlüsse von unten einzelne Pins einer Kontaktleiste gelötet, ebenso an den OC-Ausgang. Diese 3 Pins werden dann mit der Hauptplatine verlötet.

Nun fehlt nur noch das Relaismodul RE2. Dieses ist wie folgt vorzubereiten: Die 3-polige Anschlussleiste wird ausgelötet und danach eine 3-polige Kontaktleiste von unten angelötet, die mit der Hauptplatine verbunden wird. Zur besseren Stabilität habe ich die Relaisplatine mit Kunststoffschrauben mit der Hauptplatine verschraubt. Nach der anschließenden Bestückung der 4 LEDs ist der Aufbau der Platine abgeschlossen.

Software

Die Software wurde mit der Arduino IDE 1.8.12 erstellt und ist als sogenannte „Statemachine“ realisiert, d. h., verschiedene Zustände werden nacheinander durchlaufen. Bild 4 und Bild 5 zeigen die Struktur der Software. Der Arduino-Code ist gut dokumentiert, und alle wichtigen Parameter können am Beginn des Programms konfiguriert werden.

Zur Übertragung des Codes wird der Arduino Nano mit einem passenden USB-Kabel an den PC angeschlossen, als Board der Arduino Nano in der Arduino-IDE eingestellt und die korrekte serielle Schnittstelle ausgewählt. **Achtung:** Bei meinem billigen Arduino Klon aus China war noch ein alter Bootloader im Arduino Nano vorhanden, dies muss bei den Board-Einstellungen entsprechend berücksichtigt werden!

Nach dem Kompilieren wird die Software auf den Arduino übertragen. Spezielle Libraries werden nicht benötigt!

Zu erwähnen wäre noch, dass über den Serial-Monitor des Arduino die verschiedenen Betriebszustände angezeigt werden, was ein komfortables Debuggen ermöglicht.

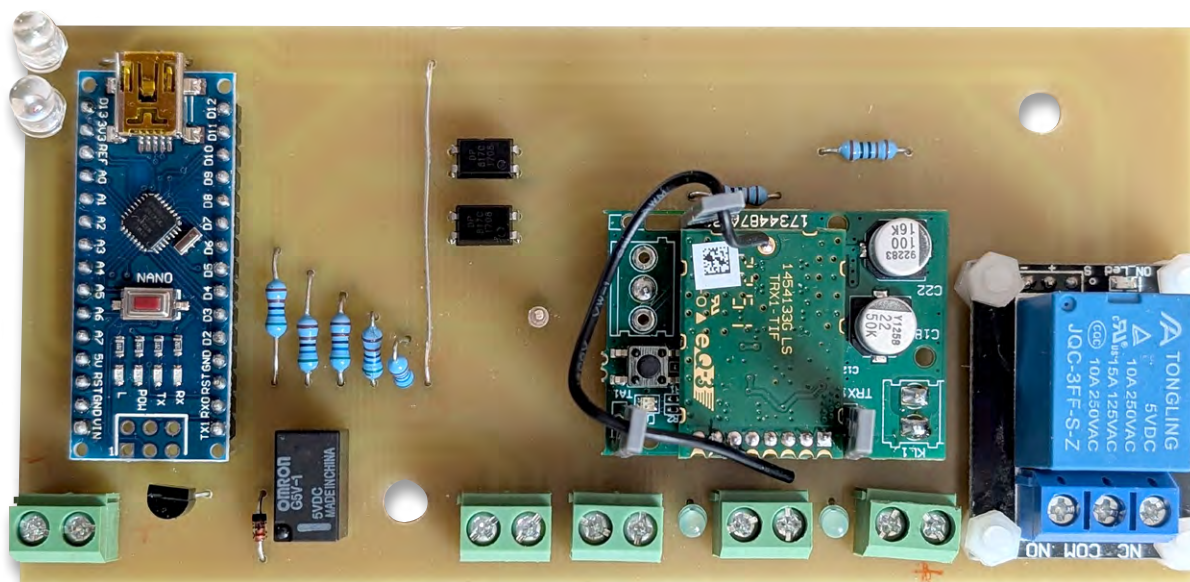
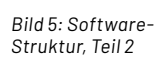
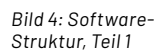


Bild 3: Bestückte Platine der Homematic PC Steuerung



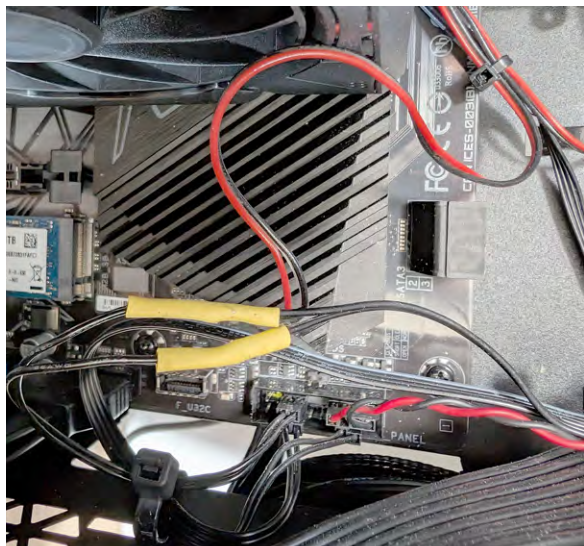


Bild 6: Überbrückung der Taste „Power On“ des PCs

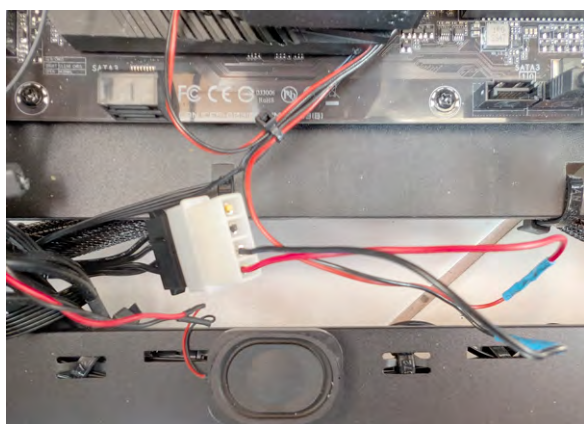


Bild 7: Anzapfung der 5-V-Stromversorgung im PC

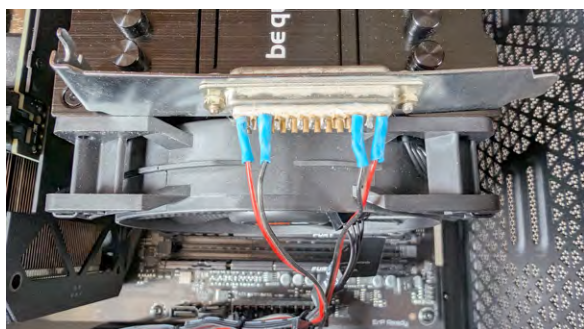


Bild 8: Slotblech mit angelötetem Kabel

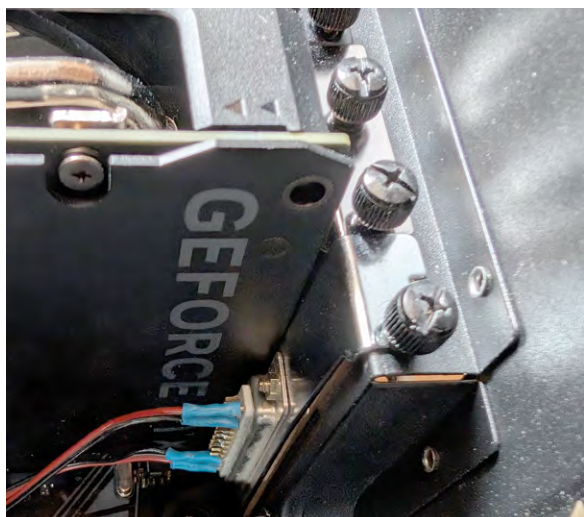


Bild 9: Verschraubtes Slotblech an der PC-Rückwand

Umbau des PCs und Inbetriebnahme

Kommen wir zunächst zum notwendigen Umbau des PCs, der aus Sicherheitsgründen im spannungslosen Zustand erfolgt. Zwei Signale werden von der Homematic IP PC-Steuerung benötigt. Da ist zuerst einmal die Power-on-Taste des PCs, die von der Schaltung mit einem Relais überbrückt wird, um den PC ein- bzw. auszuschalten. Die beiden Leitungen im PC zur Power-on-Taste werden zuerst an einer geeigneten Stelle aufgetrennt und ein 2-poliges Kabel an beide Adern angelötet, sodass diese die Power-on-Taste überbrücken können. Die Funktion der Power-on-Taste im PC bleibt dabei voll erhalten. Anschließend werden die beiden Lötstellen mit einem Schrumpfschlauch isoliert (Bild 6). Das schwarz-rote Kabel am Bild stellt das zusätzlich angelötete Kabel dar.

Der zweite Umbau gestaltet sich einfacher: Wir benötigen die 5-V-Spannung des PCs, um zu detektieren, ob der PC tatsächlich ein- bzw. ausgeschaltet ist. Diese kann man von einem Stecker für 3,5-Zoll-Geräte abgreifen, der in modernen PCs zwar im Netzteil vorhanden ist, aber selten genutzt wird. Das Gegenstück hatte ich von einem alten Stromadapter meines PCs noch in der Bastellade.

Die beiden Leitungen für 12 V (gelb und schwarz) sind möglichst nahe am Stecker abzutrennen, um Kurzschlüsse zu vermeiden. Das schwarze und das rote Ende werden wieder über ein 2-poliges Kabel soweit verlängert, dass die Signale über die Rückwand von außen zugänglich gemacht werden können. Bild 7 zeigt diesen Schritt anschaulich. Der weiße Stecker ist das oben beschriebene Gegenstück zum schwarzen Stecker des Netzteils, die blauen Schrumpfschläuche sind die Stellen, an denen die Verlängerung mittels eines 2-poligen schwarz-roten Kabels erfolgt.

Nun braucht es noch eine Lösung für das Herausführen der Signale. Hierzu habe ich einen alten Parallelportadapter ausgeschlachtet und das Slotblech mit der 25-poligen Buchse verwendet. Die vier Signale werden an der Buchse angelötet, wobei die Belegung individuell gewählt werden kann und nur mit dem Gegenstück übereinstimmen muss. Alle angelöteten Pins wurden mit einem Schrumpfschlauch isoliert. **Wichtig ist, dass alle Modifikationen sauber und gegen Kurzschlüsse gesichert durchgeführt werden, um Gefahren zu verhindern.** Die Kabel sollten zusätzlich noch mit Kabelbinder entsprechend gesichert sein. Bild 8 zeigt das noch nicht eingebaute Slotblech mit den Lötstellen auf dem CPU-Kühler des PCs liegend.

Im letzten Schritt wird das Slotblech an einer freien Position an der Rückwand des PCs angeschraubt (Bild 9).

Damit sind die Modifikationen am PC abgeschlossen und wir kommen zur Verdrahtung der Homematic IP PC-Steuerung. Die vielfältigen Möglichkeiten sind in Bild 10 zu sehen.

Beginnen wir mit der Stromversorgung: Diese kann entweder über den Arduino Nano mittels eines passenden USB-Kabels und eines USB-Netzteils erfolgen oder über die entsprechende Anschlussklemme. Über diese kann eine Versorgung über ein Labornetzgerät erfolgen. Im täglichen Einsatz empfiehlt sich ein entsprechendes Netzteil, das bei 5 V ca. 1 A Ausgangsstrom liefert.

Kommen wir als Nächstes zur Verdrahtung zum PC. Von der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen SUB-D-Buchse zur Außenwelt wird ein 4-poliges Kabel mit entsprechendem Gegenstecker konfektioniert. Die in Bild 10 grün markierten Drähte werden am Anschluss für das PC-Relais „Power On“ angeschlossen, wobei die Polung bedeutungslos ist. Die zweite Verbindung ist die Detektion der +5-V-Spannung vom PC, um zu prüfen, ob die Stromversorgung ein- bzw. ausgeschaltet ist. Diese ist polungsrichtig an das entsprechende Terminal anzuschließen. **Vorsicht:** Eine verkehrt herum angeschlossene Spannung kann zur Zerstörung des Optokopplers führen.

Optional kann ein Ein- bzw. Ausschalttaster an die Klemme „Externer Taster“ angeschlossen werden. Falls kein Taster verwendet werden soll, bleibt die Klemme frei. Ebenfalls optional ist der Anschluss eines

Ein-/Aus-Schalters bzw. einer externen Einschaltquelle an der Klemme „Externer Schalter“. Der Schalter kann entweder gegen +5 V oder GND schalten, Hauptsache am Optokoppler liegen 5 V für „Ein“ und keine Spannung für „Aus“ an. Falls kein Schalter oder externes Signal verwendet werden soll, bleibt die Klemme frei.

Kommen wir nun zum Schalten der Netzspannung für den PC. Hierzu zwei Hinweise: **Der Umgang mit Netzspannung ist Fachleuten zu überlassen und das Hantieren mit der Netzspannung muss immer im spannungsfreien Zustand erfolgen.**

Der zweite Hinweis betrifft den Einbau der Homematic IP PC-Steuerung in ein Gehäuse. Dieses sollte möglichst aus isolierendem Kunststoff bestehen und die Durchführung der Netzkabel muss mit Zugentlastung erfolgen. Die einfachste Verkabelung gelingt mit einem modifizierten Verlängerungskabel, wie es im einschlägigen Handel überall erhältlich ist.

Wie in Bild 10 dargestellt, wird die Kabelummantelung an einer geeigneten Stelle vorsichtig entfernt, wobei die innen liegenden Kabel nicht beschädigt werden dürfen. Während der Nullleiter und die Erde nicht aufgetrennt werden, wird das braune Kabel der Phase aufgetrennt. Die Kabelseite vom Stecker wird mit dem Anschluss „COM“ des Last-Relais verbunden, die Kabelseite zum Zwischenstecker mit dem Anschluss „NO“ des Last-Relais.

Damit sind Aufbau und Verkabelung fertiggestellt und eine erste Inbetriebnahme kann erfolgen. Diese sollte erst nach dem Verbau in ein Kunststoffgehäuse erfolgen. Verbindet man die Schaltung mit der +5V-Versorgung, ist zuerst einmal über die Arduino IDE – wie bereits

beschrieben – die Software auf den Arduino Nano zu übertragen. Im Anschluss ist der universelle Aktor HmIP-PCBS an die Homematic Zentrale oder das Homematic Gateway anzulernen, sodass dieser von dort schaltbar ist.

Schaltet man den Aktor auf „Ein“, sollte sofort die grüne LED leuchten und das Last-Relais zieht an. Nach kurzer Zeit schaltet sich das Relais „Power On“ PC ein und die gelbe LED leuchtet. In diesem Moment sollte sich der PC einschalten. Danach beginnt die gelbe LED zu blinken, bis der PC gebootet hat. Gleichzeitig muss die LED oberhalb der Klemme „PC-Stromversorgung“ leuchten. Nach der Zeit für das Booten des PCs sollte dann die gelbe LED erlöschen. Analog kann der Ausschaltvorgang getestet werden.

Fazit

Mit dem universellen Aktor HmIP-PCBS und wenigen externen Komponenten kann eine Lösung realisiert werden, um den PC von der Ferne über Homematic IP ordnungsgemäß ein- und auszuschalten bzw. zu booten und herunterzufahren. Bei mir zu Hause verrichtet diese Schaltung schon seit vielen Jahren zuverlässig ihren Dienst.

ELV



Achtung, Gefahr – Hohe Spannungen!

Die Spannungen auf der vorgestellten Platine können durch das Schalten der Versorgungsspannung sehr hoch sein.

Die beschriebenen Schaltungen und Arbeiten dienen nur als Anschauungsbeispiel und zum Verständnis der verwendeten Technologie und dürfen ausschließlich von dafür qualifizierten Technikern durchgeführt werden!

Für eventuell auftretende Schäden und Garantieverlust des PCs ist die ELV Elektronik AG nicht verantwortlich.

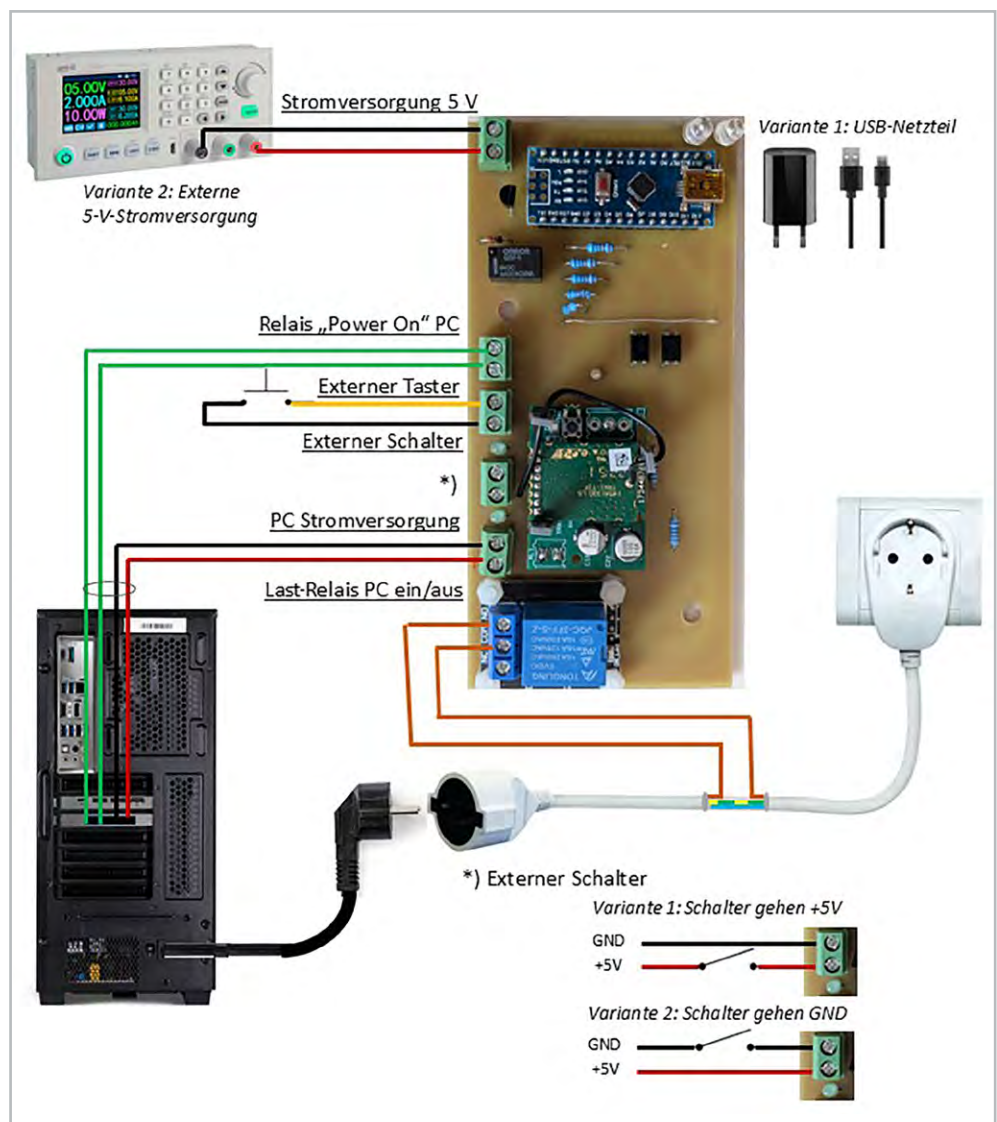


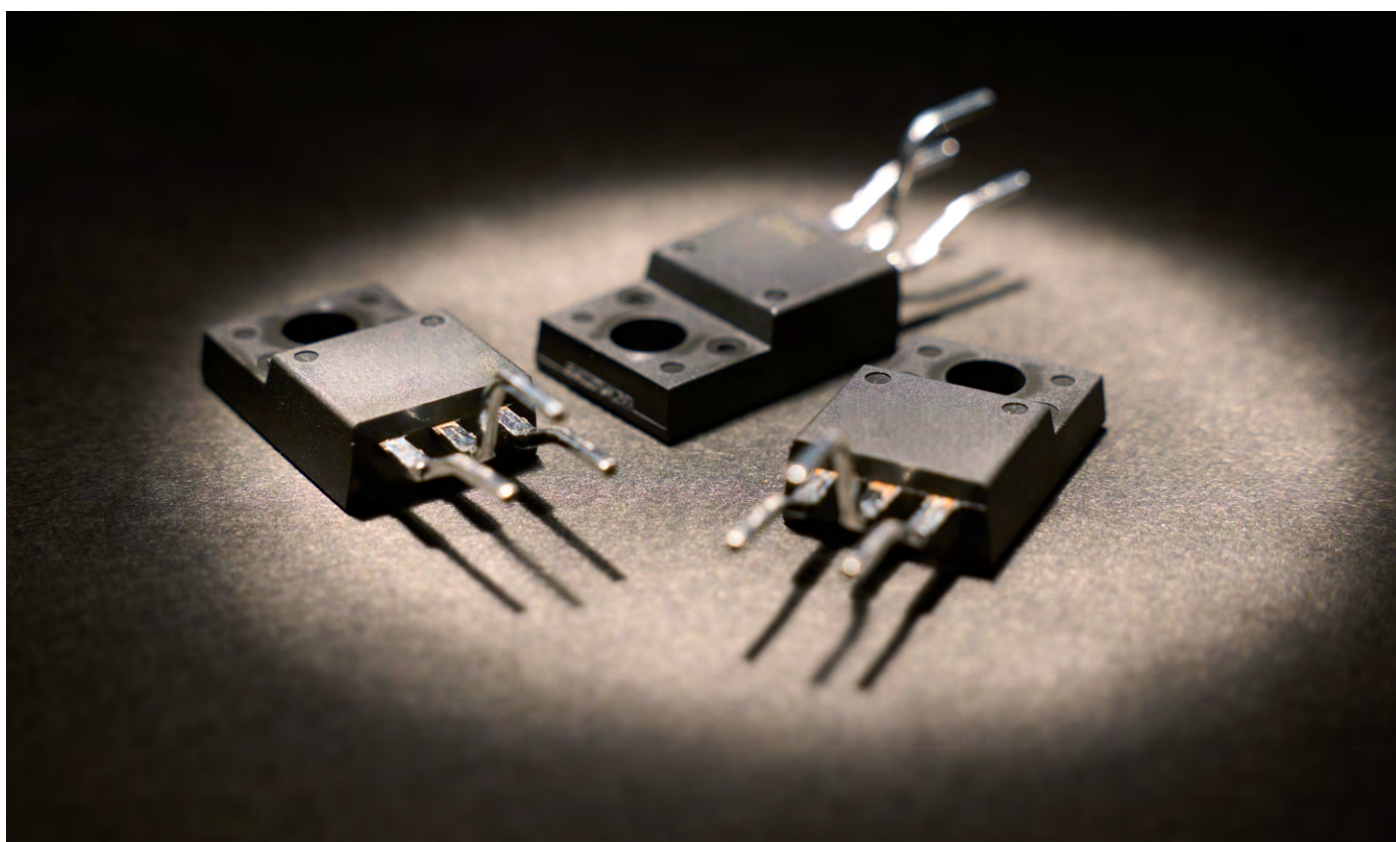
Bild 10: Vielseitige Verdrahtungsmöglichkeiten

Spezielle Transistoren: FETs und MOSFETs

Projekte für Elektroneinsteiger

Teil 13

FETs (Field-Effect Transistors) und MOSFETs (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistors) sind wichtige Bauelemente der Elektronik, besonders im Bereich der Leistungselektronik und der digitalen Schaltungen. Sie bieten gegenüber den klassischen Transistoren viele Vorteile. Allerdings gibt es auch einige spezielle Besonderheiten, die bei der Arbeit mit FETs und MOSFETs beachtet werden müssen. In diesem Artikel sollen die Grundlagen und einige interessante Anwendungen dieser Bauelemente genauer untersucht werden.



Erforderliches Material für dieses Projekt:

- MOSFET oder MOSFET-Modul
- LED oder LED-Modul
- verschiedene Widerstände
- kleiner Gleichstrommotor (als Ventilator)

Siehe auch Kasten „Benötigtes Material“ am Ende des Beitrags.

Über den Autor

Dr. Günter Spanner ist als Autor zu den Themen Elektronik, Sensortechnik und Mikrocontroller einem weiten Fachpublikum bekannt. Schwerpunkt seiner hauptberuflichen Tätigkeit für verschiedene Großkonzerne wie Siemens und ABB ist die Projektleitung im Bereich Entwicklung und Technologie-Management. Der Dozent für Physik und Elektrotechnik hat zudem zahlreiche Fachartikel und Bücher veröffentlicht sowie Kurse und Lernpakete erstellt.

Transistoren der anderen Art: MOSFETs

Ein altes Problem in der Elektronik ist, dass es bei bipolaren Transistoren ohne Steuerleistung, und sei sie noch so gering, keine Verstärkung gibt. Ohne Basisstrom – auch wenn er oft minimal ist – kann kein Kollektorstrom fließen. Allerdings kann der Strom in Halbleitern auch ganz ohne Stromfluss gesteuert werden. Elektrische Felder erlauben sogar eine völlig leistungslose Steuerung. Die Ladung auf der einen Seite eines Isolators kann die Ladungsträger auf der anderen Seite beeinflussen. Ähnlich wie bei einem Kondensator wird der Elektronenfluss dabei durch eine Isolierschicht unterbunden. Auf dieser Grundlage wurden die Feldeffekttransistoren (FETs) entwickelt. Das bedeutet, dass der Stromfluss allein durch das elektrische Feld – also durch eine reine Spannung – gesteuert wird.

Ein FET besitzt drei Anschlüsse:

- **Source (S)** ist die „Quelle“ der Ladungsträger. Dort fließen die Ladungsträger in das Bauelement.
- **Drain (D)** ist die „Senke“, an der die Ladungsträger den Transistor wieder verlassen.
- Das **Gate (G)** steuert das elektrische Feld, welches den Stromfluss zwischen Source und Drain reguliert.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Typen von FETs:

- **JFET (Junction Field Effect Transistor):** Hier wird der Kanal von einem p-n-Übergang kontrolliert. Es gibt n-Kanal- und p-Kanal-JFETs.
- **MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor FET):** Dies ist eine spezielle Art eines FETs, der ein isoliertes Gate hat, das über eine dünne Oxidschicht vom Kanal getrennt ist.

Die Hauptvorteile von FETs liegen in ihrem hohen Eingangswiderstand. Das heißt nichts anderes, als dass zur Steuerung eines FETs praktisch kein Gate-Strom erforderlich ist. Dieser kann in den meisten Fällen also vollständig vernachlässigt werden.

Der MOSFET unterscheidet sich von einem allgemeinen FET dadurch, dass sein Gate durch eine Isolatorschicht aus Oxid vom Kanal getrennt ist. Es gibt wiederum zwei Haupttypen von MOSFETs: den n-Kanal-MOSFET, bei dem Strom fließt, wenn am Gate eine positive Spannung gegenüber der Source anliegt, und den p-Kanal-MOSFET, bei dem Strom fließt, wenn relativ zur Source eine negative Spannung am Gate angelegt wird. Die Funktionsweise eines MOSFETs ähnelt damit der eines Schalters, der durch eine Gate-Spannung gesteuert wird.

MOSFETs werden häufig in digitalen Schaltungen, Leistungswandlern und Verstärkern eingesetzt. Sie sind ein wesentlicher Bestandteil moderner integrierter Schaltkreise (ICs) und finden sich in Computern, mobilen Geräten und zahlreichen weiteren Anwendungen. Ihre Vorteile liegen in der hohen Schaltgeschwindigkeit, den geringen Leistungsverlusten im Vergleich zu Bipolartransistoren und der hohen Effizienz in Leistungsschaltungen. **Bild 1** zeigt den prinzipiellen Aufbau eines MOSFETs.

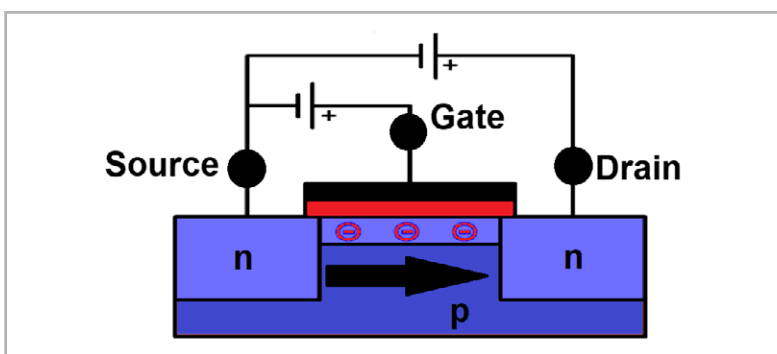


Bild 1: Prinzipieller Aufbau eines MOSFETs

Steuern mit elektrischen Feldern

Das Gate eines MOSFETs ist durch eine dünne Isolierschicht (dem „Oxide“, in **Bild 1** rot eingezeichnet) vom Kanal getrennt.

Wenn bei einem bestimmten MOSFET-Typ (dem sogenannten „selbstsperrenden n-Kanal MOSFET“ – siehe unten) keine Spannung am Gate anliegt, ist der Kanal zwischen Source und Drain gesperrt, und es kann kein Strom fließen. Sobald jedoch eine positive Spannung an das Gate angelegt wird, entsteht ein elektrisches Feld, das die Ladungsträger – Elektronen (–) – im Kanal beeinflusst. Dieses Feld erzeugt einen leitenden Kanal zwischen Source und Drain, der es dem Strom ermöglicht, zu fließen. Die Stärke des Stromflusses wird durch die Höhe der Spannung am Gate bestimmt. Je höher die Spannung, desto stärker ist das elektrische Feld, und desto leitfähiger wird der Kanal. Dadurch kann der MOSFET als Schalter oder Verstärker verwendet werden, indem die Spannung am Gate variiert wird, um den Stromfluss zwischen Source und Drain zu steuern.

Typenvielfalt

Bei bipolaren Transistoren gibt es nur zwei Grundtypen: npn und pnp. Die Welt der MOSFETs ist etwas komplizierter. Zunächst genügt es jedoch, die vier Grundtypen zu kennen:

1. **n-Kanal-MOSFET (NMOS):**
 - Der Kanal besteht aus negativ dotiertem (n-) Halbleitermaterial
 - Stromfluss durch Elektronen
2. **p-Kanal-MOSFET (PMOS):**
 - Der Kanal ist positiv dotiert (p-Typ)
 - Stromfluss durch „Löcher“ (= Defektelektronen)
3. **Anreicherungstyp (Enhancement Mode) – selbstsperrend:**
 - Leitet nur bei ausreichender Gate-Spannung
 - Standardtyp in digitalen Schaltungen wie z. B. Mikroprozessoren
4. **Verarmungstyp (Depletion Mode) – selbstleitend:**
 - Leitet ohne Gate-Spannung und wird durch eine Gegenspannung abgeschaltet
 - seltener, z. B. in speziellen Analogschaltungen zu finden

Die Schaltbilder hierzu sind in **Bild 2** dargestellt. Der **n-Kanal-Enhancement-MOSFET (selbstsperrend, in Bild 2 links oben)** ist der mit Abstand wichtigste und am weitesten verbreitete MOSFET-Typ in der modernen Elektronik. Seine dominante Stellung verdankt er vor allem seiner zentralen Rolle in der digitalen Schaltungstechnik und Leistungselektronik.

In der digitalen Welt bildet dieser MOSFET-Typ das Rückgrat der allgegenwärtigen CMOS-Technologie (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor), die in praktisch jedem modernen Mikrochip eingesetzt wird – von Prozessoren über Speicherbausteine bis hin zu Logik-ICs. Der Grund für diese Vorrangstellung liegt in den besseren elektrischen Eigenschaften des n-Kanal-Typs: Elektronen als Ladungsträger bewegen sich deutlich schneller durch den Kanal als die Löcher im p-Kanal-MOSFET. Dadurch werden höhere Schaltgeschwindigkeiten ermöglicht.

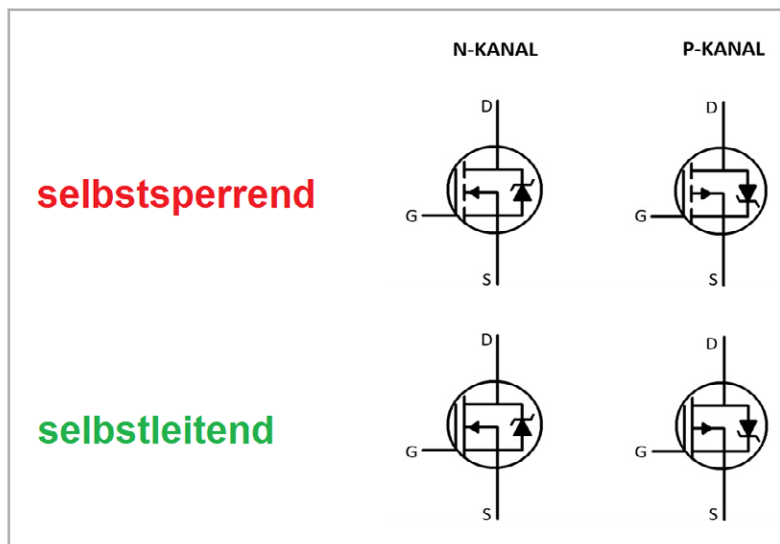


Bild 2: MOSFET-Schaltbilder

Auch in der Leistungselektronik hat sich der n-Kanal Enhancement-MOSFET durchgesetzt. Für Anwendungen wie Schaltnetzteile, Motorsteuerungen oder Spannungswandler bietet er entscheidende Vorteile: sein Einschaltwiderstand ist bei gleicher Chipfläche deutlich niedriger als bei p-Kanal-Varianten, was zu geringeren Leitungsverlusten und höherer Energieeffizienz führt. Zudem lassen sich n-Kanal-MOSFETs kostengünstiger herstellen, was sie zur ersten Wahl für Massenanwendungen macht. Daher soll der selbstsperrende n-Kanal-MOSFET im Folgenden näher betrachtet werden.

Geisterhaft: leistungsloses Steuern

Bild 3 zeigt eine „geisterhafte“ Schaltung mit einem selbstsperrenden n-Kanal-MOSFET. Mit dieser einfachen Schaltung lassen sich bereits hochinteressante Effekte beobachten. Die „Antenne“ kann aus einem einfachen Drahtstück bestehen. Bild 4 zeigt einen praktischen Aufbauvorschlag zu dieser Schaltung.

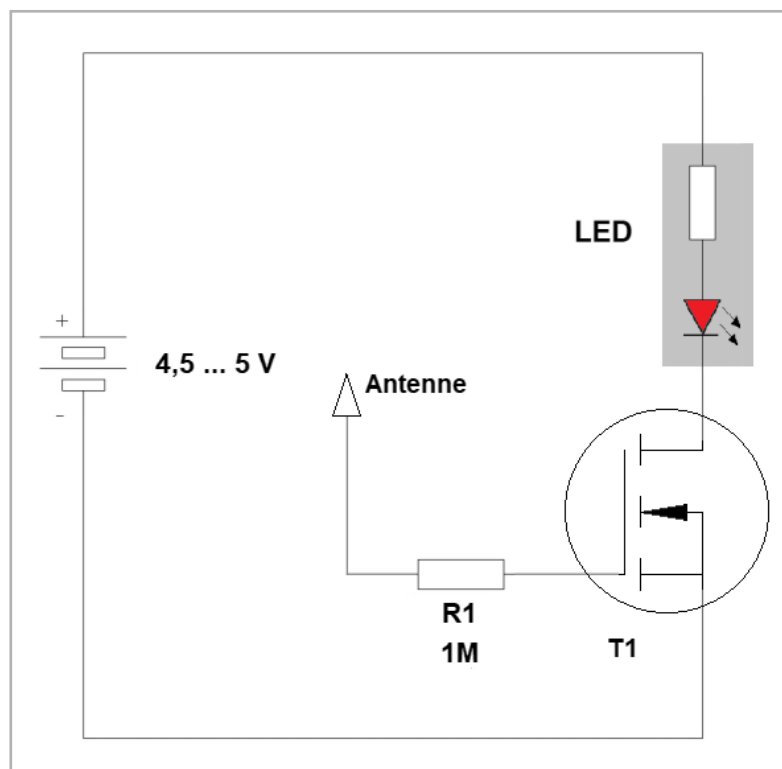


Bild 3: „Geisterhafte“ MOSFET-Schaltung

Sobald man die Hand in die Nähe der Antenne bringt, leuchtet die LED auf – oder sie wird dunkler. Das exakte Verhalten ist schwer vorherzusagen. Bewegt man den Aufbau durch den Raum, verändert sich die LED-Anzeige ständig: Mal leuchtet sie, mal bleibt sie dunkel. Metallische Gegenstände, elektrische Leitungen und sogar die bloße Anwesenheit anderer Personen beeinflussen das elektrische Feld im Raum und damit die LED!

Hinweis: Da die Funktion der Schaltung auf elektrostatischen Feldern beruht, funktioniert sie bei geringer Luftfeuchtigkeit – also vor allem im Winter – am besten.

Man kann MOSFETs auch mit bloßer Reibungselektrizität steuern. Mit einfachen Materialien aus dem Haushalt wie einem Kunststofflineal und einem Wolltuch kann man den „magischen“ Effekt besonders deutlich demonstrieren. Man reibe das Plastiklineal kräftig am Wolltuch (oder einem Wollpullover), um es elektrostatisch aufzuladen. Wenn man das geladene Lineal nun in die Nähe des MOSFETs bringt (ohne die Antenne zu berühren!), sieht man ein faszinierendes Phänomen – die LED beginnt ihre Helligkeit zu verändern! Die elektrostatische Ladung auf dem Lineal erzeugt ein ausreichend starkes Feld, um den MOSFET zu beeinflussen, genau wie jede andere Spannung am Gate.

Besonders beeindruckend ist, dass die Helligkeit der LED direkt von der Stärke der Aufladung abhängt. Bei kräftigem Reiben ist der Effekt stärker, bei schwächerer Aufladung nur gering. Im abgedunkelten Raum lassen sich die Auswirkungen besonders gut beobachten.

Dieser einfache Versuch demonstriert mehrere wichtige Prinzipien der MOSFET-Elektronik:

- extreme Empfindlichkeit von MOSFETs gegenüber elektrischen Feldern;
- die Möglichkeit, elektronische Schaltungen berührungslos zu steuern;
- offene Gate-Eingänge können zu unerwarteten Effekten führen. Dies gilt auch für digitale Schaltkreise. Dort können sie sogar erhebliche Fehlfunktionen verursachen.

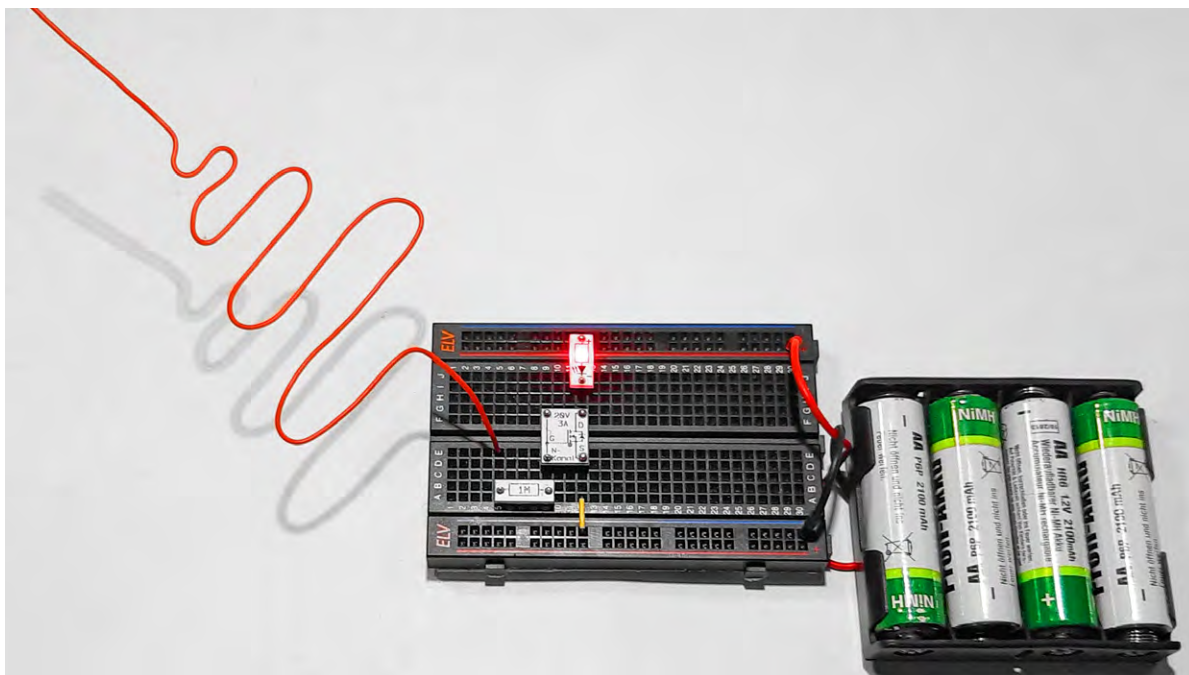
Allerdings ist hier auch Vorsicht geboten: MOSFETs sind empfindliche Bauteile. Man sollte das geladene Lineal daher immer in einem Abstand von ca. 1–2 cm zum Transistor halten, um Schäden zu vermeiden. Der 1-M Ω -Widerstand zwischen der Antenne und dem Gate des MOSFETs dient hier als Schutzwiderstand. Vorsichtshalber sollte man aber dennoch eine direkte Berührung der Antenne verhindern.

Mit etwas Übung kann man feststellen, dass die LED durch geschickte Bewegung des Lineals sogar gedimmt werden kann – ein beeindruckender Beweis für die Macht der Elektrostatik im Alltag!

Ein LED-Dimmer mit „Touch“-Funktion

Mit einfachen Mitteln kann die Geisterschaltung zu einem zuverlässigen Sensor-Dimmer erweitert werden. Wird zusätzlich ein Speicherkondensator zwischen Gate und Source des FETs geschaltet, entsteht eine „Integrator-Schaltung“, deren Ausgangsspannung sich nur langsam ändert. Mit 1M Ω

Bild 4: Aufbauvorschlagnschlag zur „geisterhaften“ MOSFET-Schaltung



und $1\mu\text{F}$ erhält man eine Zeitkonstante im Sekundenbereich. Mit Berührungskontakten (z. B. Reißnägeln) kann eine beliebige Helligkeit der LEDs eingestellt werden. Eine Berührung mit dem Finger reicht aus, um die LED zu steuern. Werden Gate- und Plus-Kontakt (in Bild 5 oben) gemeinsam berührt, wird die LED heller. Bei gleichzeitiger Berührung von Gate- und Minuskontakt (in Bild 5 unten) wird sie dunkler. Damit hat man einen praxistauglichen Berührungssensor mit Dimmer-Funktion. Falls keine geeigneten Reißnägeln zur Verfügung stehen, können auch direkt blanke Drahtstücke als Kontakte verwendet werden.

Nach dem Öffnen bzw. Loslassen der Kontakte bleibt die eingestellte Helligkeit relativ lange konstant. Allerdings verändert sich die Helligkeit im Laufe der Zeit, da sich der Kondensator durch verschiedene Effekte selbständig entlädt. In der Praxis ist diese Zeitspanne allerdings so groß, dass dieser Effekt kaum eine Rolle spielt.

Steht ein extrem hochohmiger Widerstand (z. B. $10\text{ M}\Omega$) zur Verfügung, kann man die Entladungen beschleunigen. Der Widerstand muss dazu parallel zum Kondensator geschaltet werden. Damit lässt sich eine automatische Berührungslampe realisieren, die durch Berührung eingeschaltet wird und nach einigen Sekunden selbstständig wieder erlischt.

MOSFETs als Kraftpakete

Das MOSFET-Modul aus dem PAD-Set ist mit $20\text{ V}/3\text{ A}$ beschriftet. Dies mag zunächst erstaunen, da SMD-Transistoren vergleichbarer Größe maximal 100 mA schalten können. Das Bauteil selbst ist winzig, es misst nur wenige Millimeter (s. Bild 6).

Der Schlüssel für die hohe Leistungsfähigkeit ist der sogenannte Einschaltwiderstand ($R_{DS(on)}$). Bei diesem MOSFET beträgt er nur $0,045\ \Omega$, während der Bipolartransistor (BC548) eine feste Sättigungsspannung hat. Bei 1 A verliert der MOSFET nur $0,045\text{ W}$, der BC548 aber $0,7\text{ W}$ – er würde bereits überhitzen und wäre innerhalb von Sekundenbruchteilen defekt! Dank des minimalen Widerstands kann der hier verwendete IRLML2502 dagegen bis über 3 A schalten. MOSFETs sind damit effizienter für Anwendungen mit hohen Strömen.

Die wichtigsten Daten des IRLML2502 sind:

Typ: n-Kanal-Enhancement-Mode-MOSFET

- Maximale Drain-Source-Spannung: 20 V
- Maximale Gate-Source-Spannung: $\pm 12\text{ V}$
- Maximaler Dauerstrom: $3,4\text{ A}$
- Gate-Schwellenspannung: $0,45\text{--}1,0\text{ V}$
- Einschaltwiderstand: $45\text{ m}\Omega = 0,045\ \Omega$
- Einschaltzeit t_{on} : 10 ns
- Ausschaltzeit t_{off} : 24 ns
- Gehäusetemperatur: -55°C bis $+150^\circ\text{C}$

Der IRLML2502 ist also zudem ein „Logic-Level-Gate“-Typ. Er ist schon bei $V_{GS} = 2,5\text{ V}$ voll durchgeschaltet und damit ideal für die Ansteuerung mit



Bild 5: LED-Dimmer mit „Touch“-Funktion



Bild 6: Der MOSFET selbst ist nur wenige Millimeter groß!

Mikrocontrollern wie Arduino, ESP 32 oder Raspberry Pi. Die niedrige Gate-Ladung ermöglicht zudem hohe Schaltfrequenzen (bis in den MHz-Bereich). Durch den ESD-Schutz (bis 2 kV) ist der MOSFET zudem relativ robust. Typische Anwendungen sind damit Lastschaltungen in 3,3 V-/5 V-Systemen, PWM-Steuerung von LEDs, Relais oder Motoren.

Praxisbeispiel Motorsteuerung

MOSFETs sind heute eine der wichtigsten Bausteine zur Steuerung von Elektromotoren, besonders im Bereich der Gleichstrommotoren („DC“-Motoren). Sie funktionieren wie elektronische Schalter oder variable Widerstände und bieten eine sehr effiziente Möglichkeit, Motoren ein- und auszuschalten oder ihre Drehzahl präzise zu steuern.

In typischen Leistungsschaltungen werden wieder n-Kanal-MOSFETs bevorzugt verwendet. Dabei wird der Motor zwischen die positive Versorgungsspannung und den Drain-Anschluss des MOSFETs geschaltet. Der Source-Anschluss wird mit Masse (GND) verbunden. Ein zusätzlicher Pull-down-Widerstand (z. B. 10 kΩ) sorgt dafür, dass das Gate im ausgeschalteten Zustand sicher auf Masse gezogen wird und der Motor nicht ungewollt anläuft.

Ein wichtiger Schutzbaustein ist die sogenannte Freilaufdiode, die antiparallel zum Motor angeschlossen wird. Da Elektromotoren beim plötzlichen Abschalten hohe Induktionsspannungen erzeugen, könnte der MOSFET ohne Diode beschädigt werden. Die Diode sorgt dafür, dass diese Spannungen sicher abgeleitet werden.

Die Motorsteuerung mit MOSFETs bietet einige Vorteile:

- Hohe Effizienz: sehr geringe Verluste im leitenden Zustand
- Einfache Ansteuerung: direkt mit Mikrocontroller möglich (besonders bei Logic-Level-MOSFETs)
- Kompakte Bauweise: kleine Bauteile, wenig externe Beschaltung nötig
- Hohe Strombelastbarkeit: Leistungs-MOSFETs können problemlos mehrere Ampere schalten

Dem stehen allerdings auch einige Nachteile gegenüber:

- Empfindlichkeit gegen statische Entladung (ESD): Vorsicht beim Handling, da das Gate leicht zerstört werden kann.
- Schutzmaßnahmen erforderlich: Ohne Freilaufdiode oder Gatewiderstand können Schäden entstehen.

Vollautomatischer Ventilator

Um die Leistungsfähigkeit eines MOSFETs in der Praxis zu demonstrieren, soll hier eine vollautomatische Ventilatorschaltung vorgestellt werden. Ein Temperatursensor steuert die Schaltung. Die Ansteuerung des Ventilators erfolgt über den MOSFET. Die Bilder 7 und 8 zeigen das Schaltbild und einen Aufbauvorschlag dazu.

Der NTC-Widerstand ändert seinen Wert mit der Temperatur. Steigt diese an, fällt sein Widerstandswert ab (siehe auch Teil 7 dieser Serie: [Frostmelder und Brandwächter](#)). Dadurch fällt auch die Spannung an der Basis von T1. Mit dem Potentiometer kann die genaue Basisspannung und damit die Schaltschwelle des automatischen Ventilators eingestellt werden. Sobald die Basisspannung den Schwellwert der Transistorschaltspannung von ca. 0,6 V unterschreitet, schaltet der Transistor. Damit ändert sich auch die Spannung am Gate des MOSFETs. Wird diese größer als die Gate-Schwellenspannung von 0,45–1,0 V, wird der MOSFET leitend und der Ventilator beginnt zu laufen.

Fällt die Umgebungstemperatur unter den Schwellwert, steigt der Widerstand des NTCs, T1 wird leitend und das Gate des MOSFETs wird auf Masse geschaltet. Damit sperrt der MOSFET und der Ventilatormotor kommt zum Stehen. Der Widerstand R4 liefert eine positive Rückkopplung an die Basis von T1. Damit wird eine gewisse Hysterese erzeugt. Diese sorgt dafür, dass es am Umschaltzeitpunkt nicht zu unerwünschten Oszillationen kommt. Bild 9 zeigt die mit einem Oszilloskop gemessenen Schaltschwellen. Die rote Linie zeigt die Eingangsspannung an der Basis von T1. Die Hysterese (oranger Bereich) ist deutlich zu erkennen. Die Schaltung sorgt also dafür, dass der Ventilator bei zu hohen Temperaturen automatisch anläuft und bei Unterschreiten der gewählten Schalttemperatur wieder abgeschaltet wird.

Temperaturgesteuerte Ventilatoren finden vielfältige Anwendungen in zahlreichen Bereichen. In der Computertechnik und Leistungselektronik sind sie unerlässlich für die Kühlung von Komponenten wie CPUs, Grafikkarten und Netzteilen. Aber auch für die allgemeine Gehäuselüftung und die Klimatisierung von Serverräumen kommen sie zum Einsatz, um Überhitzung und Leistungsverlust zu vermeiden sowie die thermische Stabilität ganzer Systeme zu gewährleisten.

Im Haushalt und in Gebäuden werden die Ventilatoren in Gewächshäusern zur Optimierung der Wachstumsbedingungen eingesetzt oder

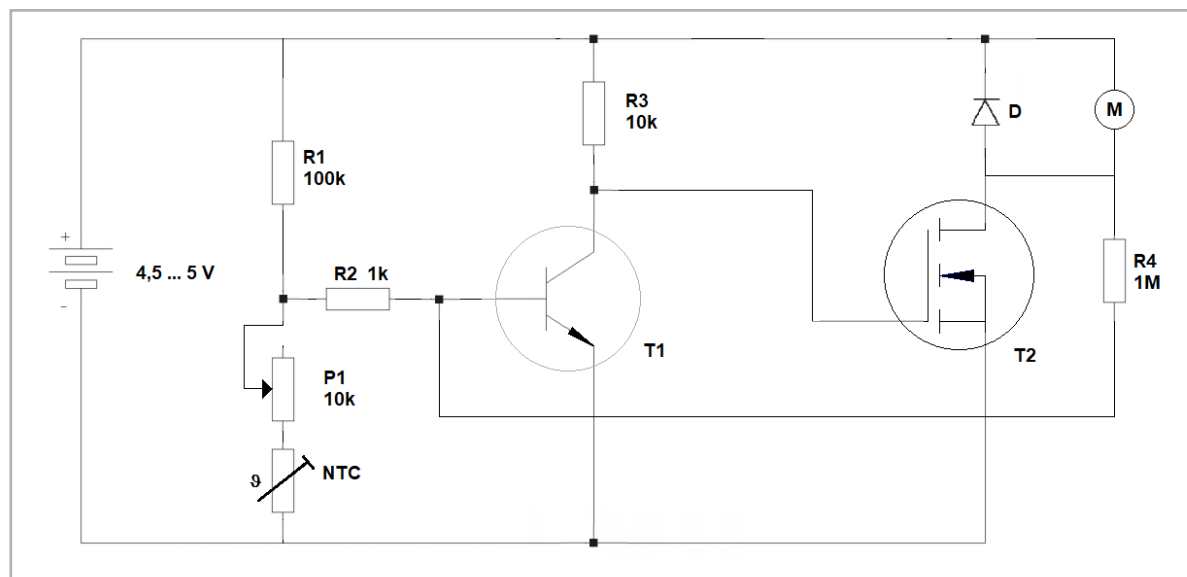


Bild 7: Schaltbild zum automatischen Ventilator

Bild 8: Aufbau zum vollautomatischen Ventilator

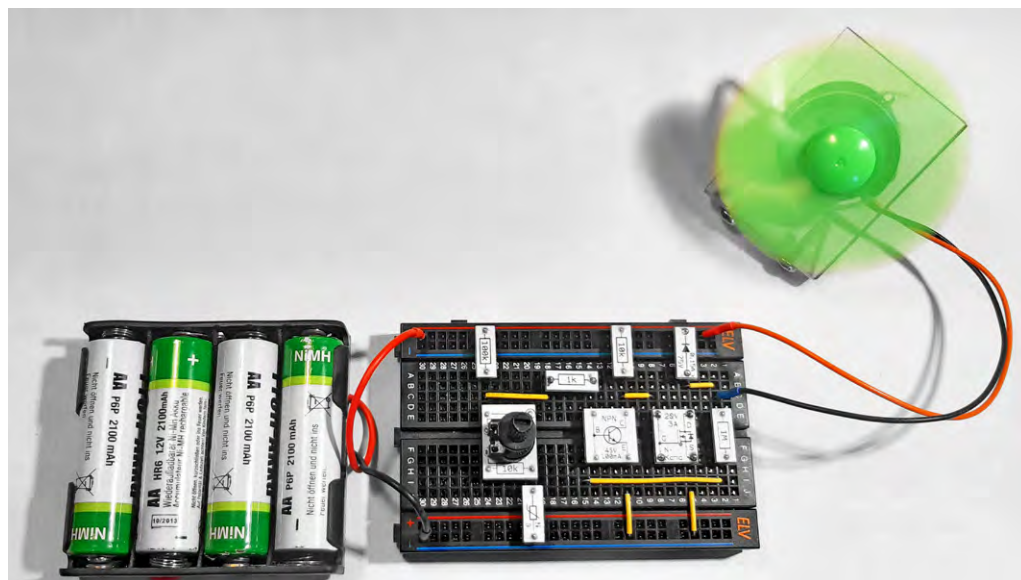
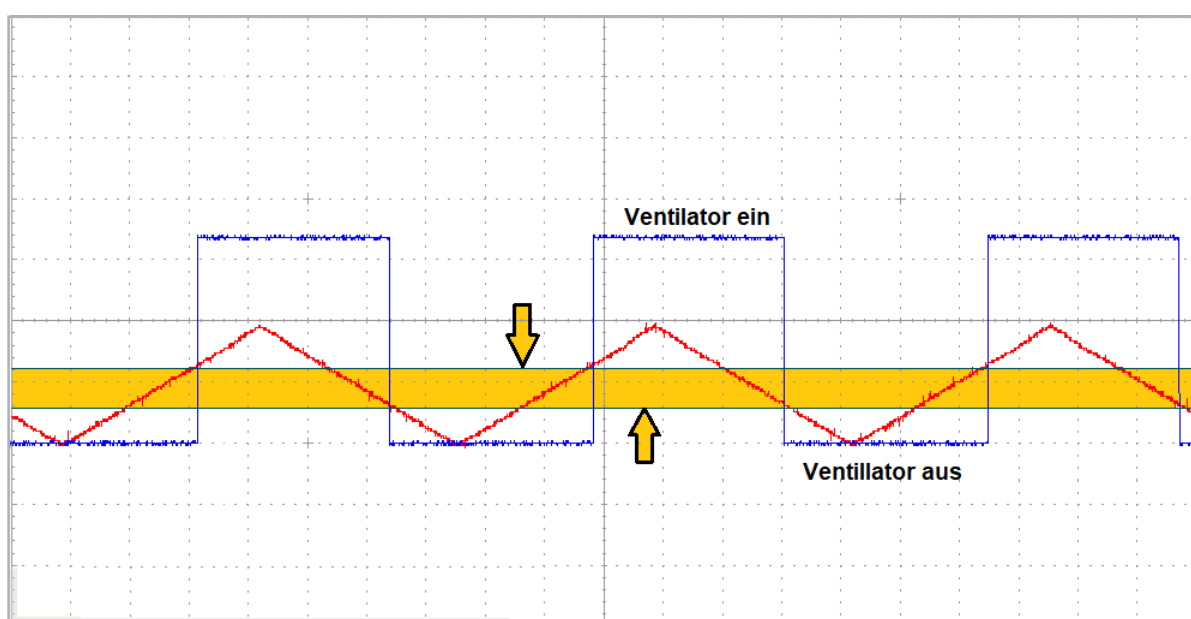


Bild 9: Schaltschwellen und Hysterese (500 ms bzw. 1V pro Skalenteil)



als Dachbodenlüfter zur Reduzierung der sommerlichen Hitzeentwicklung. Auch in der Fahrzeugtechnik spielen sie eine wichtige Rolle bei der Motorkühlung und in einigen Fällen auch bei der Innenraumlüftung. Darüber hinaus finden sich temperaturgesteuerte Ventilatoren in Laborgeräten, medizinischen Systemen usw. Mithilfe leistungsfähiger MOSFETs lassen sich dort auch größere Motoren und Antriebe problemlos steuern und regeln.

Ausblick

Nachdem in diesem Artikel die Grundlagen und Anwendungen von MOSFETs genauer betrachtet wurden, soll es im nächsten Beitrag darum gehen, wie man Spannungen elektronisch umwandeln kann. Dabei sollen dann wieder klassische Transistoren zum Einsatz kommen, um Spannungen effizient zu erhöhen oder aber auch zu reduzieren. Insbesondere die Spannungserhöhung bietet viele interessante Anwendungen. So können damit z. B. Leuchtdioden auch noch mit nahezu leeren Batterien betrieben werden – auch ein kleiner Beitrag zur Energieeinsparung und zum Umweltschutz!

ELV

Ergänzungen und Anregungen

- Kann man mit der „Geisterschaltung“ auch Leitungen in Mauern und Wänden aufspüren?
- Mit einem leistungsstarken LED-Cluster kann die Dimmerschaltung auf eine leuchtstarke Sensorlampe umgerüstet werden – was ist dabei zu beachten?
- In welchen Grenzen lässt sich die Schaltschwelle der automatischen Ventilatorsteuerung ändern? Wie könnte man den Bereich erweitern bzw. einschränken?
- Welche Grenzwerte sollte man beim Betrieb der Ventilatorsteuerung beachten – Hinweis: Leistungsdaten des MOSFETs?



Benötigtes Material

PAD-PRO-EXSB	Artikel-Nr. 158980	Zum Produkt
Kleiner Ventilatormotor, SOL-Expert Solarmotor RF300	Artikel-Nr. 118161	Zum Produkt
Batteriehalter für 4x Micro	Artikel-Nr. 081527	Zum Produkt

Die smarte Markisensteuerung

homematic ^{IP}

Rolladenaktor für Markenschalter HmIP-BROLL-2

- Zeitgesteuertes Hoch- und Herunterfahren von Rollläden oder Markisen
- Für alle gängigen Rohrmotoren bis 500 VA
- Einfache Inbetriebnahme dank automatischer Kalibrierfahrt
- Integration auch in bestehende Schalterserien durch Nutzung vorhandener Rahmen und einteiliger Wippen
- Sprachsteuerung mit Amazon Alexa und Google Assistant möglich

BAUSATZ – Artikel-Nr. 152291 – 59,95 €*

Die Unterputz-Variante HmIP-FROLL (Artikel-Nr. 151347) für den verdeckten Einbau finden Sie im ELVshop.



69,95 €*

Artikel-Nr. 151322

[Zum Produkt](#)

homematic ^{IP}

Regensensor HmIP-SRD

- Informiert sofort bei Regen oder Schnee
- Zuverlässiger und exakter Sensor mit großer, empfindlicher Sensorfläche
- Integrierte Sensorheizung für schnelles Trocknen der Sensorfläche (Kondensationsmodus)
- Einstellbare Empfindlichkeiten zur optimalen Anpassung an den Montageort
- Anwendungsmöglichkeiten in Verbindung mit anderen Homematic IP Geräten, wie z. B. bei Regen die Markise automatisch einfahren lassen oder über geöffnete Fenster informiert werden

BAUSATZ – Artikel-Nr. 154910 – 99,95 €*



149,95 €*

Artikel-Nr. 154826

[Zum Produkt](#)

homematic ^{IP}

Lichtsensord HmIP-SL0, außen

- Direkte Aktorsteuerung über Schwellwertgrenzen für Helligkeit möglich (z. B. für Wärmeschutz)
- Umgebungstemperaturbereich: -20 bis +55 °C
- Funkreichweite: 310 m (Freifeld)
- Messbereich Helligkeit: 0,01-83860 lx
- Messgenauigkeit: ± 10 %, ± 0,1 lx

BAUSATZ – Artikel-Nr. 151598 – 39,95 €*



49,95 €*

Artikel-Nr. 151566

Zum Produkt

homematic ^{IP}

Wettersensoren (basic, plus, pro)

- Vielfältige Funktionsmöglichkeiten in Verbindung mit anderen Homematic IP Geräten – z. B. zum Steuern von Rollläden/Markisen
- Kabelloser Batteriebetrieb, hohe Funkreichweite (Freifeld 400 m)
- Einfach mit dem mitgelieferten Edelstahlmast aufstellbar
- Aufzeichnung der Messdaten in der Homematic IP App oder in der CCU3

	HmIP-SW0-B (basic)	HmIP-SW0-PL (plus)	HmIP-SW0-PR (pro)
Temperatur	✓	✓	✓
Luftfeuchtigkeit	✓	✓	✓
Windgeschwindigkeit	✓	✓	✓
Windrichtung	-	-	✓
Helligkeit (relativ)	✓	✓	✓
Sonnenscheindauer	✓	✓	✓
Regenbeginn	-	✓	✓
Regenmenge	-	✓	✓
Artikel-Nr. Preis	152056 119,95 €*	152057 199,95 €*	151821 279,95 €*



Zu den Wettersensoren

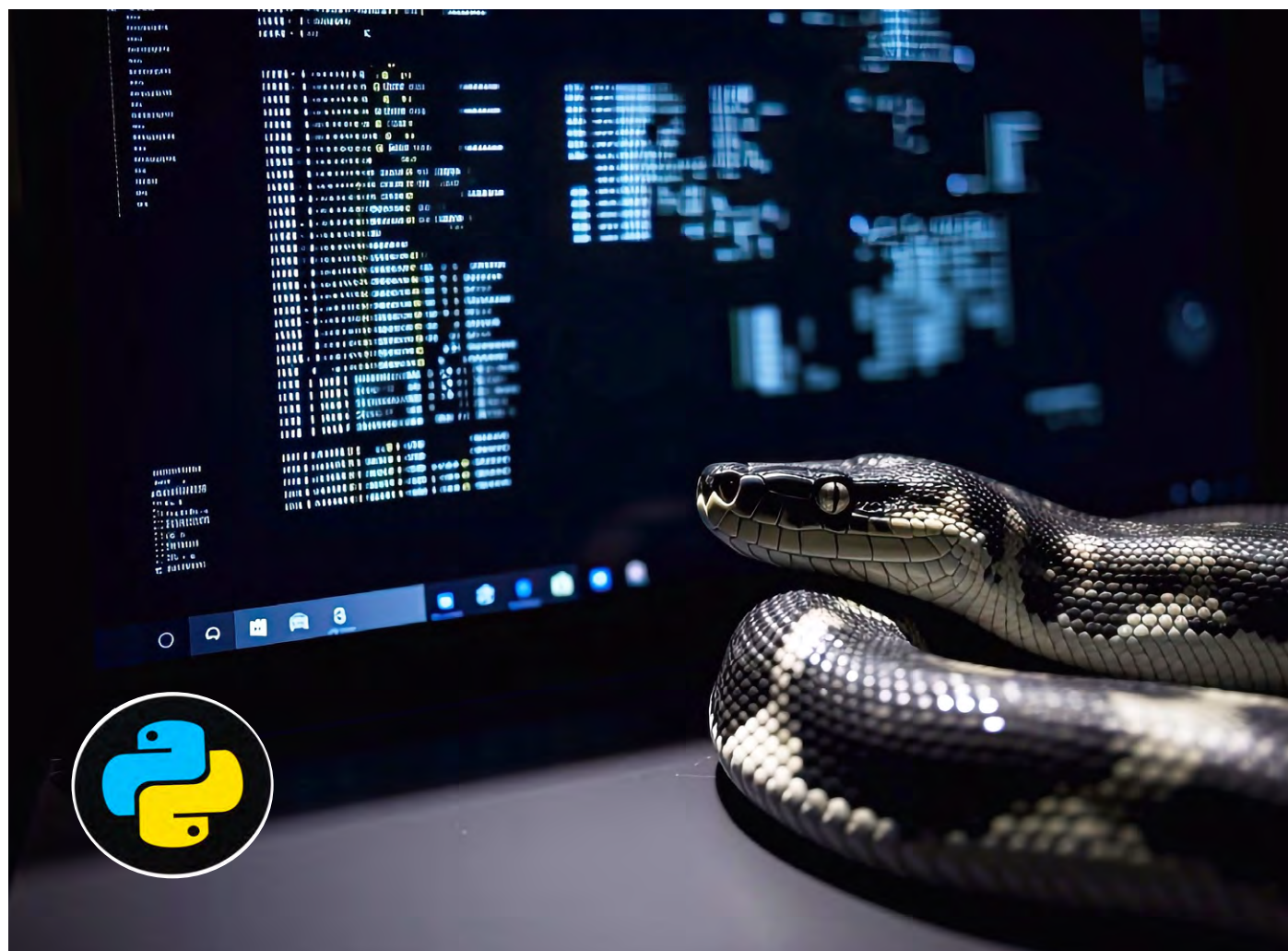
* Die angegebenen Preise sind unverbindlich, entsprechen dem Stand bei Redaktionsschluss und können sich aufgrund von Verfügbarkeit, Marktentwicklung oder tagesaktueller Kalkulation ändern.

Python & MicroPython: Programmieren lernen für Einsteiger

Interaktiv mit Tkinter!

Teil 10

In den letzten Beiträgen dieser Serie ging es überwiegend um Datenausgaben, wie allgemeine Zahlenwerte, Sensordaten oder auch Lichtsignale von LEDs. Eine der wichtigsten Vorteile von Python ist jedoch, dass auch interaktive Steuerungen sehr leicht programmiert werden können. Hierfür bietet sich die Tkinter-Bibliothek an. Tkinter wird als standardmäßige Python-Bibliothek zur Erstellung grafischer Benutzeroberflächen (GUIs – „Grafical User Interface“) verwendet. Mit Tkinter können Fenster, Buttons, Textfelder, Menüs und andere GUI-Elemente erstellt werden. Steuerungsaufgaben, vom einfachen Ein- und Ausschalten einer LED bis hin zu kompletten Heimautomatisierungen wie Steuerung von Motoren für Jalousien, Heizungen oder Klimaanlage können damit problemlos umgesetzt werden.



Flexible Steuerung über Fenster

Die Tkinter-Bibliothek ist nach der Installation von Python üblicherweise vollständig einsatzbereit. Im Bedarfsfall kann die Nachinstallation mit:

```
sudo apt-get install python3-tk
```

erfolgen.

Die ordnungsgemäße Funktion wird mit einem kurzen Testprogramm überprüft:

```
import tkinter
tkinter._test()
```

Die `_test`-Methode sorgt dafür, dass ein eigenständiges Fenster erzeugt wird ([Bild 1](#)).

Innerhalb dieses Fensters findet sich der Text „This is Tcl/Tk version x.y“ und darunter folgt eine weitere Zeile mit Text. Dann kommt ein sogenannter „Button“ mit der Aufschrift „Click me!“. Darauf kann man mit der Maus oder bei Touch-Bildschirmen auch mit dem Finger klicken. Bei jedem Klick erscheint eine weitere eckige Klammerebene um den Text „Click me!“

Darunter findet sich der QUIT-Button, über den die Applikation geschlossen und wodurch das Programm beendet werden kann.

Man erkennt, dass durch die `_test`-Methode bereits verschiedene Aufgaben im Hintergrund umgesetzt werden. Anhand dieses einfachen Beispiels erklären sich die wichtigsten Grundbegriffe sowie der Aufbau einer Python-Tkinter-GUI-Anwendung nahezu von selbst.

Bei jeder GUI wird zunächst dafür gesorgt, dass sich ein oder mehrere Fenster öffnen. Dabei handelt es sich um die eigentliche Programmoberfläche, die wie die Fenster anderer gängiger Computeranwendungen vergrößert, minimiert und über das Kreuzsymbol geschlossen werden können. Sobald das Hauptfenster selbst erstellt worden ist, wird dieses noch mit sogenannten „Widgets“ befüllt.

Die Python-Tkinter-Widgets

Control- bzw. Steuerelemente werden auch als „Widgets“ bezeichnet. Der Text in einem Widget ist ein sogenannter „Label“. Dabei handelt es sich um einen ersten wichtigen Baustein der GUI. Auch der „Click me!“-Button ist ein solches Widget.

Neben Labels und Buttons stehen noch zahlreiche weitere Widgets zur Verfügung. Einige werden später noch genauer betrachtet. Zunächst soll die Erzeugung eines GUI-Fensters näher erläutert werden. Mit `tkinter.Tk()` wird ein sogenanntes Tk-Objekt erzeugt, welches das Hauptfenster der GUI darstellt. Die Referenz auf dieses Objekt kann in einer Variablen „root“ gespeichert werden:

```
root = tkinter.Tk()
```

Damit kann im weiteren Verlauf des Programms über diese Variable auf das gerade erzeugte Tk-Objekt zugegriffen werden. Wird das Programm ausgeführt, stellt man jedoch fest, dass noch kein GUI-Fenster erscheint. Das liegt daran, dass die sogenannte Tkinter-Event-Loop noch gestartet werden muss. Dies erfolgt über das Objekt, auf welches mit der Variable `root` referenziert wird:

```
root.mainloop()
```

Nun erscheint das zugehörige GUI-Fenster, zunächst noch ohne Text und Titel (Bild 2). Dieses Fenster ist bereits voll funktionsfähig und kann vergrößert, minimiert oder geschlossen werden. Um in diesem Fenster den Text „Hallo Welt“ auszugeben, wird ein sogenanntes Label-Widget benötigt:

```
import tkinter

root = tkinter.Tk()
label = tkinter.Label(root, text="Hello Python")
label.pack()

root.mainloop()
```

Für dieses Beispiel wurde der einfachste Layout-Manager verwendet, der mit der Methode „`pack`“ aufgerufen

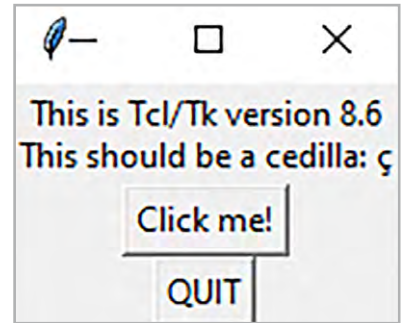


Bild 1: Testfenster

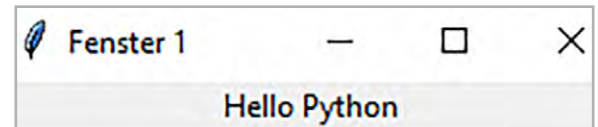


Bild 2: Tkinter-Fenster mit Ausgabe

werden kann. Das Fenster wird nur so groß, wie der Platz für den Text es erfordert, sodass genau das angezeigt wird, was sich in der GUI befindet (Bild 2). Es wird allerdings die Möglichkeit geboten, das Fenster zu vergrößern, indem in eine Ecke geklickt wird, woraufhin ein Pfeil erscheint und das Fenster mit der Maus größer gezogen werden kann. So wie es bereits von anderen Anwendungen bekannt ist, in denen ebenfalls die Größe mithilfe der Maus beliebig angepasst werden kann.

Wenn das Fenster vergrößert wird, wird das Label durchgehend ganz oben zentriert angezeigt. Das liegt daran, dass der Layout-Manager „`pack`“ standardmäßig dafür sorgt, dass alle Informationen möglichst dicht in das Fenster ge-„packt“ werden. Die Ausrichtung des Labels und die Fenstergröße können allerdings modifiziert werden, indem dem Layout-Manager entsprechende Attribute hinzugefügt werden. Hierzu kann die `geometry`-Methode verwendet werden, z. B.:

```
root.geometry("breite x höhe" +x +y)
```

Diese gibt dem Fenster eine festgelegte Breite und Höhe. Der Parameter `x` bezeichnet zusätzlich die horizontale Position des Fensters. Zum Beispiel bedeutet ein Wert von `+50`, dass der linke Rand des Fensters 50 Pixel vom linken Rand des Bildschirms entfernt positioniert werden soll. Der Parameter `y` bezeichnet entsprechend die vertikale Position des Fensters. Über die `title`-Methode kann ein eigener Titel festgelegt werden. Das Fenster kann mit der Maus natürlich weiterhin beliebig verschoben und in der Größe verändert werden. Widgets werden nacheinander in einer bestimmten Reihenfolge (horizontal oder vertikal) „gestapelt“. Das ist ideal für einfache Layouts, bei denen Widgets in einer Richtung angeordnet werden sollen. Zusätzlich stehen einige wichtige Optionen zur Verfügung:

- **side** (z. B. `tk.TOP`, `tk.BOTTOM`, `tk.LEFT`, `tk.RIGHT`) für die Ausrichtung
- **fill** (z. B. `tk.X`, `tk.Y`, `tk.BOTH`): bestimmt, ob das Widget den verfügbaren Raum ausfüllt.
- **expand** (`True/False`): gibt an, ob das Widget zusätzlichen Raum nutzen soll

Das folgende Programm (structured_window.py) erklärt die Anwendung und liefert als Ausgabe **Bild 3**.

```
import tkinter as tk

root = tk.Tk()
root.title("Pack Beispiel mit Textfeldern")
root.geometry("400x300")

entry1 = tk.Entry(root, bg="lightblue")
entry1.insert(0, "Oben, keine Füllung")
entry1.pack(side=tk.TOP)

entry2 = tk.Entry(root, bg="lightgreen")
entry2.insert(0, "Unten, horizontal gefüllt")
entry2.pack(side=tk.BOTTOM, fill=tk.X)

entry3 = tk.Entry(root, bg="lightyellow")
entry3.insert(0, "Links, vertikal gefüllt")
entry3.pack(side=tk.LEFT, fill=tk.Y)

entry4 = tk.Entry(root, bg="lightpink")
entry4.insert(0, "Rechts, komplett gefüllt + expandiert")
entry4.pack(side=tk.RIGHT, fill=tk.BOTH, expand=True)

root.mainloop()
```

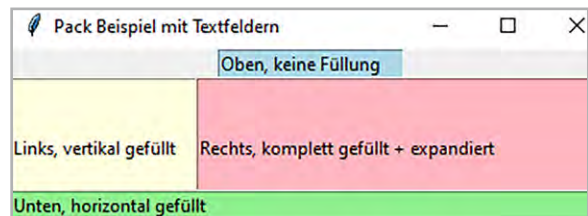


Bild 3: Strukturiertes Fenster

Dabei ist zu beachten, dass das genaue Aussehen des Fensters vom Betriebssystem (Windows, Linux, oder PiOS) abhängen kann.

Im Beispiel oben wurden zusätzlich verschiedene Hintergrundfarben (bg für background) der Textfelder (tk.Entry) mit dem Parameter bg (background) festgelegt, um sie visuell voneinander zu unterscheiden. Die Vordergrundfarbe (Textfarbe oder Farbe der Inhalte eines Widgets) kann mit dem Parameter fg (foreground) festgelegt werden. Er bestimmt, in welcher Farbe der Text innerhalb eines Widgets, wie z. B. eines tk.Entry-Textfelds, angezeigt wird. Ähnlich wie bei der Hintergrundfarbe (bg) können benannte Farben (z. B. „black“, „white“) oder hexadezimale Farbcodes (z. B. „#000000“ für schwarz oder „#FFFFFF“ für weiß) verwendet werden. Das Beispiel mit Textfeldern, ergänzt um fg-Angaben zur Definition der Vordergrundfarbe, findet sich auch im Download-Paket (Colours.py).

Interaktive Steuerung: Spielwürfel

Eine weit verbreitete Anwendung der Tkinter-Bibliothek sind Spielprogramme. Diese können hier nicht in aller Tiefe vorgestellt werden. Als Anregung für eigene Entwicklungen soll an dieser Stelle lediglich ein software-basierter Spielwürfel dienen, der sein echtes Gegenstück grafisch simuliert. Es wird wieder ein Canvas-Widget verwendet, um die Würfelpunkte (Augen) darzustellen, und ein Button, um zufällig eine Zahl zwischen 1 und 6 zu „würfeln“. Die Punkte werden entsprechend der gewürfelten Zahl angezeigt (Dice.py):

```
import tkinter as tk
import random

# Hauptfenster erstellen
root = tk.Tk()
root.title("Würfelsimulation")
root.geometry("300x400")

# Canvas für die Würfelanzeige
canvas = tk.Canvas(root, width=200, height=200, bg="white")
canvas.pack(pady=50)

# Funktion zum Zeichnen der Würfelpunkte
def draw_dice(number):
    canvas.delete("all")
    # Vorherige Punkte löschen
    canvas.create_rectangle(10, 10, 190, 190, outline="black", width=2)
    # Würfelrahmen
    # Positionen der Punkte (Mitte = 100, 100)
    positions = {
        1: [(100, 100)], # Mitte
        2: [(50, 50), (150, 150)], # Diagonale
        3: [(50, 50), (100, 100), (150, 150)], # Diagonale + Mitte
        4: [(50, 50), (50, 150), (150, 50), (150, 150)], # Ecken
        5: [(50, 50), (50, 150), (150, 50), (150, 150), (100, 100)], # Ecken + Mitte
        6: [(50, 50), (50, 100), (50, 150), (150, 50), (150, 100), (150, 150)] # 3x3 ohne Mitte
    }

    for (x, y) in positions[number]:
        canvas.create_oval(x-10, y-10, x+10, y+10, fill="black")

# Button zum Würfeln
button = tk.Button(root, text="Würfeln!", bg="lightgreen")
button.pack(pady=20)
```

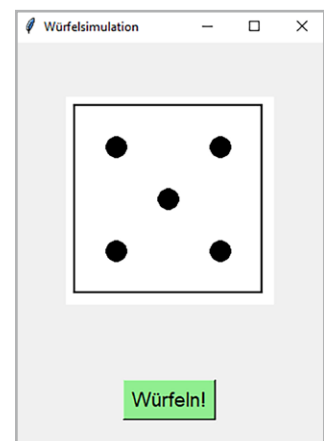


Bild 4: Spielwürfel mit Tkinter

```

# Punkte zeichnen
for pos in positions[number]:
    x, y = pos canvas.create_oval(x-10, y-10, x+10, y+10, fill="black")

# Funktion zum Würfeln
def roll_dice():
    number = random.randint(1, 6) # Zufällige Zahl von 1 bis 6
    draw_dice(number) # Würfel neu zeichnen
    result_label.config(text=f"Gewürfelt: {number}") # Ergebnis anzeigen

# Button zum Würfeln
roll_button=tk.Button(root, text="Würfeln!", command=roll_dice, font=("Arial", 14), bg="lightgreen") roll_button.pack(pady=20)

# Label für das Ergebnis
result_label = tk.Label(root, text="Gewürfelt: -", font=("Arial", 12)) result_label.pack(pady=10)

# Initialen Würfel zeichnen (z. B. 1)
draw_dice(1)

# Hauptschleife starten
root.mainloop()

```

Das Programm liefert die Ausgabe wie in [Bild 4](#) zu sehen. Durch Klicken auf das Feld „Würfeln!“ erscheint eine neue zufällige Augenzahl.

Im Programm wird zunächst ein Fenster mit 300 x 400 Pixel erstellt. Ein Canvas (200 x 200 Pixel) dient als Zeichenfläche für die Würfelaugen.

In der draw_dice-Funktion wird ein quadratischer Rahmen für den Würfel erstellt. Die Positionen der Punkte sind in einem Array (positions) für jede Zahl (1-6) definiert:

- 1: ein Punkt in der Mitte
- 2: zwei Punkte diagonal gegenüber
- 3: drei Punkte diagonal inklusive Mitte
- 4: vier Punkte in den Ecken
- 5: vier Ecken plus Mitte
- 6: sechs Punkte in zwei Reihen (ohne Mitte)

Für jede Position wird ein schwarzer Kreis (create_oval) gezeichnet.

Die roll_dice-Funktion erzeugt eine Zufallszahl zwischen 1 und 6 über die random.randint-Routine.

Anschließend wird die draw_dice-Funktion mit dieser Zahl aufgerufen, und das Ergebnis im Label angezeigt.

Das Programm verwendet die folgenden GUI-Elemente:

- Ein Button (Würfeln!) löst das Würfeln aus.
- Der Button ist grün (bg="lightgreen"), um ihn hervorzuheben.
- Ein Label zeigt die gewürfelte Zahl an.

Für den Initialzustand wird beim Start ein Würfel mit der Zahl 1 gezeichnet, damit das Canvas nicht einfach nur leer ist, sondern wie bei einem echten Würfel aussieht.

Raspberry Pi als Taschenrechner

Dass man mit Tkinter auch ernsthaftere Anwendungen leicht programmieren kann, zeigt das folgende Beispiel: Es liefert einen vollständig funktionsfähigen Taschenrechner als grafische Emulation (Calculator.py):

```

import tkinter as tk

def calculate():
    try:
        expression = entry.get()
        result = eval(expression)
        entry.delete(0, tk.END)
        entry.insert(tk.END, str(result))
    except Exception as e:
        entry.delete(0, tk.END)
        entry.insert(tk.END, "Error")

def clear():
    entry.delete(0, tk.END)

root = tk.Tk()
root.title("Einfacher Taschenrechner")

entry = tk.Entry(root, width=30, borderwidth=5)
entry.grid(row=0, column=0, columnspan=4, padx=10, pady=10)

buttons = [
    "7", "8", "9", "/",
    "4", "5", "6", "*",
    "1", "2", "3", "-",
    "0", ".", "=", "+"
]

row_val = 1
col_val = 0

```




```

for button in buttons:
    tk.Button(root, text=button, padx=20, pady=20,
              command=lambda b=button: calculate() if b == "=" else entry.insert(tk.END, b) if b != "C" else clear()).
grid(row=row_val, column=col_val)
    col_val += 1
    if col_val > 3:
        col_val = 0
        row_val += 1

tk.Button(root, text="C", padx=20, pady=20, command=clear).grid(row=row_val, column=col_val)

root.mainloop()

```

Nach dem Import von Tkinter wird die Funktion „calculate“ erstellt. Diese wird aufgerufen, wenn der Benutzer auf das „=“-Zeichen klickt. Sie liest den Ausdruck aus dem Eingabefeld, wertet ihn mit `eval()` aus und zeigt das Ergebnis an. Falls ein Fehler auftritt, wird „Error“ angezeigt. Zum Erstellen des Eingabefelds wird eine Liste von Tasten definiert, über die der Benutzer mathematische Ausdrücke eingeben kann:

```

buttons = [
    "7", "8", "9", "/",
    "4", "5", "6", "*",
    "1", "2", "3", "-",
    "0", ".", "=", "+"
]

```

Über die Funktion „for button in buttons“ wird jede Taste in einem Raster im Fenster platziert. Die `command`-Option der Tasten ruft entweder die `calculate()`-Funktion auf (wenn „=“ gedrückt wird), fügt den Tastenwert in das Eingabefeld ein oder löscht das Eingabefeld (wenn „C“ gedrückt wird).

Mit `root.mainloop()` startet die Hauptschleife der Anwendung, welche dann auf Benutzerinteraktionen wartet. Bild 5 zeigt, wie der fertige Taschenrechner auf dem Bildschirm dargestellt wird.



Bild 5: Der Raspberry Pi wird mit Tkinter zum voll funktionsfähigen Taschenrechner.

Dynamische Grafiken und Uhren

Aber nicht nur statische oder interaktive Grafiken lassen sich mit Tkinter leicht umsetzen, auch dynamische, sich selbstständig aktualisierende Grafiken, sind problemlos gestaltbar. Ein schönes Beispiel hierfür sind programmierte Uhren. Der einfachste Fall einer Digitaluhr soll hier nicht betrachtet werden. Stattdessen soll eine wesentlich interessantere quasi-analoge Uhr auf dem Bildschirm erscheinen. Das folgende Programm erledigt diese Aufgabe:

```

import tkinter as tk
from math import sin, cos, radians
import time

class AnalogClock:
    def __init__(self, root):
        self.root = root
        self.root.title("Analog Clock")
        self.canvas = tk.Canvas(root, width=400, height=400, bg='white')
        self.canvas.pack()
        self.MX = 200
        self.MY = 200
        self.R = 190
        self.draw_clock_face()
        self.sl = -1
        self.update_clock()

```



```

def draw_clock_face(self):
    for i in range(60):
        x, y = self.get_point(self.R, i)
        size = 4 if i % 5 == 0 else 2
        self.canvas.create_oval(x-size, y-size, x+size, y+size, fill='black')

def get_point(self, length, angle):
    w1 = radians(angle * 6 - 90)
    x1 = self.MX + length * cos(w1)
    y1 = self.MY + length * sin(w1)
    return (x1, y1)

def update_clock(self):
    zeit = time.localtime()
    s = zeit.tm_sec
    m = zeit.tm_min
    h = zeit.tm_hour

    if h > 12:
        h = h - 12
    hm = (h + m / 60.0) * 5

    if s != self.s1:
        self.canvas.delete("hands")
        x, y = self.get_point(120, hm)
        self.canvas.create_line(self.MX, self.MY, x, y, width=6, fill='black', tags="hands")
        x, y = self.get_point(170, m)
        self.canvas.create_line(self.MX, self.MY, x, y, width=4, fill='black', tags="hands")

        x, y = self.get_point(180, s)
        self.canvas.create_line(self.MX, self.MY, x, y, width=2, fill='red', tags="hands")

        self.s1 = s
        self.root.title("Aktuelle Zeit: " + time.asctime())
        self.root.after(1000, self.update_clock)

root = tk.Tk()
clock = AnalogClock(root)
root.bind('<Escape>', lambda e: root.quit())
root.mainloop()

```

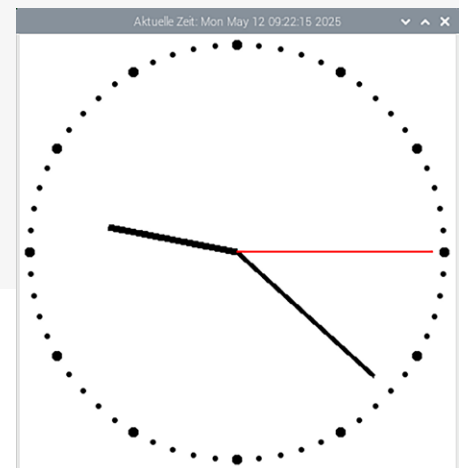


Bild 6: Tkinter zaubert eine ansprechende Analoguhr auf den Bildschirm.

Die Analoguhr zeigt die aktuelle Zeit als klassische „Bahnhofsuhr“ an. Es wird ein Tkinter-Fenster mit einem 400×400 Pixel großen Canvas verwendet, auf dem das Zifferblatt gezeichnet wird. Der Mittelpunkt der Uhr liegt auf den Koordinaten (200, 200 – self.MX = 200 / self.MY = 200), der Radius des Zifferblatts beträgt 190 Pixel (self.R = 190), um einen kleinen Rand zu lassen.

Zunächst wird das Zifferblatt erstellt, indem kleine Kreise für die Minuten und größere Kreise für die Stunden (alle 5 Minuten) gezeichnet werden (draw_clock_face). Diese Kreise werden entlang des Umfangs der Uhr platziert, wobei ihre Positionen mit trigonometrischen Funktionen berechnet werden. Konkret wird für jeden Punkt ein Winkel in Grad berechnet (6 Grad pro Minute, da $360^\circ \div 60 = 6^\circ$). Für die Zeiger der Uhr wird die aktuelle Zeit mit time.localtime() abgerufen, um Sekunden, Minuten und Stunden zu erhalten. Die Stunden werden auf ein 12-Stunden-Format reduziert (d. h. 13 Uhr wird zu 1 Uhr usw.).

Dann werden die Winkel für Minuten und Sekunden berechnet, wobei jede Minute und Sekunde 6 Grad entspricht. Mit diesen Winkeln werden die Endpunkte der Zeiger wieder mittels sinus und cosinus berechnet, um ihre Positionen auf dem Kreis zu bestimmen. Die Zeiger erhalten die folgenden Eigenschaften:

- Der Stundenzeiger ist kurz (120 Pixel), dick (6 Pixel) und schwarz.
- Der Minutenzeiger mittellang (170 Pixel), mitteldick (4 Pixel) und schwarz.
- Der Sekundenzeiger ist lang (180 Pixel), dünn (2 Pixel) und rot.

Dadurch sind alle Zeiger optisch gut zu unterscheiden. Die Aktualisierung der Uhr erfolgt jede Sekunde. Das Programm prüft, ob sich die Sekunden seit der letzten Aktualisierung geändert haben.

Anschließend werden die neuen Positionen der Zeiger berechnet und als Linien vom Mittelpunkt zu den berechneten Endpunkten gezeichnet (Bild 6).

Aktive Hardwaresteuerung

Eine der wichtigsten Anwendungen von Tkinter ist die aktive Steuerung von Hardwarekomponenten. Um beispielsweise eine LED zu schalten, benötigt man lediglich eine Kombination aus einer grafischen Benutzeroberfläche (GUI) mit Tkinter und einer Schnittstelle zur Hardware, z. B. über die GPIO-Pins eines Raspberry Pi.

Die LED kann z. B. an GPIO 17 des Raspberry Pi angeschlossen werden. **Bild 7** zeigt einen entsprechenden Aufbau mit einem LED-Modul (alternativ kann auch eine einfache LED mit einem passenden Vorwiderstand verwendet werden).

Mit Tkinter wird dann eine GUI erstellt, die passende Schaltflächen („Buttons“) enthält. Diese Buttons rufen Funktionen auf, die den Zustand der LED über die GPIO-Pins ändern, also ein- oder ausschalten. Ein Programm, das eine LED an GPIO 17 mit zwei Buttons („LED an“ und „LED aus“) steuert, kann so aussehen (LEDcontrol.py):

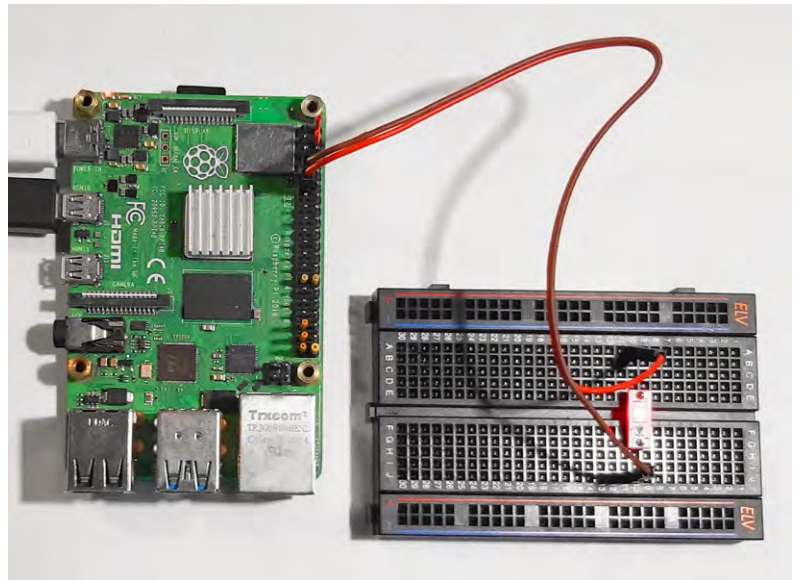


Bild 7: Raspberry Pi mit LED an Pin 17

```
import tkinter as tk
import RPi.GPIO as GPIO
LED_PIN = 17
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(LED_PIN, GPIO.OUT)
GPIO.output(LED_PIN, GPIO.LOW)

def led_an():
    GPIO.output(LED_PIN, GPIO.HIGH)
    status_label.config(text="LED ist AN")

def led_aus():
    GPIO.output(LED_PIN, GPIO.LOW)
    status_label.config(text="LED ist AUS")

root = tk.Tk()
root.title("LED-Steuerung")
root.geometry("300x200")

status_label = tk.Label(root, text="LED ist AUS", font=("Arial", 14))
status_label.pack(pady=20)

an_button = tk.Button(root, text="LED an", command=led_an, bg="lightgreen", font=("Arial", 12))
an_button.pack(pady=10)

aus_button = tk.Button(root, text="LED aus", command=led_aus, bg="lightcoral", font=("Arial", 12))
aus_button.pack(pady=10)

def cleanup():
    GPIO.cleanup()
    root.destroy()

root.protocol("WM_DELETE_WINDOW", cleanup)
root.mainloop()
```

Im Code erfolgt zunächst die GPIO-Initialisierung. Dabei wird mit

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
```

die BCM-Nummerierung der Pins festgelegt, sodass GPIO-Nummern statt physischer Pin-Nummern verwendet werden. Anschließend definiert

```
GPIO.setup(LED_PIN, GPIO.OUT)
```

den gewählten Pin als Ausgang, und `GPIO.output(LED_PIN, GPIO.LOW)` schaltet die LED initial aus.

Danach kommen die Funktionen ins Spiel: Die erste Funktion

```
led_an()
```

schaltet die LED durch GPIO.HIGH ein und aktualisiert gleichzeitig das Label mit dem aktuellen Status, während

```
led_aus()
```

die LED mit GPIO.LOW ausschaltet und ebenfalls das Label anpasst.

Die GUI-Elemente werden durch

```
tk.Label und tk.Button
```

realisiert, wobei das Label den aktuellen Status der LED anzeigt und zwei Buttons mit den Funktionen `led_an` und `led_aus` ausgestattet sind. Hintergrundfarben (bg) sorgen für visuelle Unterscheidbarkeit – grün für „an“ und rosa für „aus“.

Abschließend kümmert sich der Clean-up-Prozess darum, dass mit `GPIO.cleanup()` die GPIO-Pins zurückgesetzt werden, sobald das Fenster geschlossen wird, um unerwünschte Zustände zu vermeiden. Dafür sorgt `root.protocol`, indem es sicherstellt, dass die `cleanup()`-Funktion beim Schließen des



Bild 8: Kontrollfenster zum Steuern der LED

Fensters aufgerufen wird. Nach dem Starten des Programms sieht das Steuerungsfenster so aus wie in [Bild 8](#).

Die angeschlossene LED kann nun über ein eigenes Fenster gesteuert werden. Im Bedarfsfall sind natürlich auch mehrere Ports nutzbar. Falls passende Relaissysteme zur Verfügung stehen, können über diese auch Verbraucher mit höheren Leistungen via Tkinter gesteuert werden.

Automatisierung im Griff: Motorsteuerung

Um mit Tkinter die Drehzahl eines kleinen DC-Motors zu steuern, kann eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) erstellt werden, die es ermöglicht, den Motor interaktiv zu kontrollieren.

Die Hardwaregrundlage bildet ein Raspberry Pi, der über einen Transistor (z. B. NPN-Transistormodul oder einen Einzeltransistor wie den BC547) einen kleinen DC-Motor ansteuert. Die Transistorstufe ist erforderlich, da der Motor mehr Strom benötigt, als die GPIO-Pins direkt liefern können.

Tkinter wird wieder verwendet, um eine GUI mit einem virtuellen Schieberegler („Slider“) zu erstellen. Die Drehzahl des Motors wird über PWM gesteuert, wobei der Duty Cycle (Tastverhältnis) die Geschwindigkeit bestimmt: 0 % = aus, 100 % = volle Drehzahl.

Im folgenden Programmbeispiel, wird der Schieberegler verwendet, um die Drehzahl des DC-Motors über GPIO 17 zu steuern (`AnalogSliderControl.py`):

```
import tkinter as tk
from tkinter import ttk
import RPi.GPIO as GPIO

# GPIO-Setup
MOTOR_PIN = 17 # GPIO-Pin für den Motor
GPIO.setmode(GPIO.BCM) # BCM-Nummerierung
GPIO.setup(MOTOR_PIN, GPIO.OUT) # Pin als Ausgang
pwm = GPIO.PWM(MOTOR_PIN, 100) # PWM mit 100 Hz Frequenz
pwm.start(0) # Start mit 0 % Duty Cycle (Motor aus)

# Funktion zur Drehzahlsteuerung
def update_drehzahl(value):
    duty_cycle = float(value) # Wert von 0 bis 100
    pwm.ChangeDutyCycle(duty_cycle) # PWM anpassen
    status_label.config(text=f"Drehzahl: {int(duty_cycle)}%")

# GUI erstellen
root = tk.Tk()
root.title("DC-Motor Drehzahlsteuerung")
root.geometry("300x200")

status_label = tk.Label(root, text="Drehzahl: 0%", font=("Arial", 14))
status_label.pack(pady=10)
```




```
# Rahmen für Schieberegler und Werte
frame = tk.Frame(root)
frame.pack(pady=10, padx=20, fill="x")

# Label für 0
label_min = tk.Label(frame, text="0", font=("Arial", 12))
label_min.pack(side="left")

# Schieberegler für Drehzahl (0 bis 100)
slider = ttk.Scale(frame, from_=0, to=100, orient="horizontal", command=update_drehzahl)
slider.pack(side="left", expand=True, fill="x")

# Label für 100
label_max = tk.Label(frame, text="100", font=("Arial", 12))
label_max.pack(side="right")

# Cleanup beim Schließen
def cleanup():
    pwm.stop() # PWM beenden
    GPIO.cleanup() # GPIO aufräumen
    root.destroy() # Fenster schließen

root.protocol("WM_DELETE_WINDOW", cleanup)

# Hauptschleife starten
root.mainloop()
```

Zunächst wird im Programm der verwendete GPIO-Pin als Ausgang definiert, und es wird eine PWM-Signalquelle mit einer Frequenz von 100 Hz gestartet. Der Duty Cycle beginnt bei 0 %, sodass der Motor zunächst ausgeschaltet bleibt.

Die Drehzahlsteuerung erfolgt über die Funktion `update_drehzahl`, die bei jeder Änderung des Schiebereglers aufgerufen wird. Diese Funktion passt den Duty Cycle des PWM-Signals entsprechend dem aktuellen Wert des Sliders im Bereich von 0 bis 100 % an und aktualisiert gleichzeitig die Anzeige der aktuellen Drehzahl in einem Label. Die grafische Benutzeroberfläche besteht aus einem Label, das den prozentualen Wert der Drehzahl anzeigt, sowie aus einem stufenlos verstellbaren Schieberegler zur manuellen Einstellung der Drehzahl.

Nach dem Start des Programms erscheint ein Steuerungsfenster, das die Drehzahl eines Gleichstrommotors regelt ([Bild 9](#)).

Beim Schließen des Fensters werden PWM und GPIO wieder durch einen Clean-up-Befehl zurückgesetzt, um die Hardware in einen definierten Zustand zu versetzen.

Für den Hardwareanschluss gibt es zwei Möglichkeiten: Eine einfache Variante nutzt einen NPN-Transistor (z. B. mit dem Kollektor am Minuspol des Motors, dem Emitter an GND und der Basis über einen 1-kΩ-Widerstand an GPIO 17). Der Pluspol des Motors wird dabei direkt an 3,3 V oder 5 V angeschlossen – je nach Spezifikation des Motors. Eine Freilaufdiode (z. B. 1N4007), die antiparallel zum Motor geschaltet ist, schützt vor Spannungsspitzen beim Abschalten ([s. Bild 10](#)).

Optional lässt sich das Projekt um verschiedene Funktionen erweitern: Beispielsweise könnten zusätzliche Buttons für „An“ (100 % Duty Cycle) und „Aus“ (0 % Duty Cycle) integriert werden. Mit einem H-Brücken-Treiber wie dem L298N und einem zweiten GPIO-Pin wäre auch eine Richtungssteuerung des Motors möglich. Darüber hinaus könnte ein Canvas-Element genutzt werden, um die aktuelle Drehzahl grafisch – etwa als Tachometer – darzustellen.

Man kann zunächst testweise die LED wie in [Bild 7](#) anschließen. Die Leuchtdiode kann nun nicht nur ein- und ausgeschaltet, sondern auch stufenlos in ihrer Helligkeit verändert werden. Auf einem Oszilloskop kann der Spannungsverlauf der Pulsweitenmodulation sichtbar ge-



Bild 9: Steuerungsfenster für einen Gleichstrommotor

macht werden. [Bild 11](#) zeigt ein Beispiel für eine mittlere Motorleistung.

Idealerweise kommt für den Motor eine eigene Stromversorgung zum Einsatz. Die direkte Ansteuerung eines kleinen DC-Motors über die 5-V-Pins eines Raspberry Pi ist zwar prinzipiell möglich, aber mit mehreren Nachteilen verbunden:

- **Begrenzte Stromstärke:**

Die 5-V-Pins des Raspberry Pi liefern nur begrenzten Strom (typisch ~500 mA, abhängig von der Stromversorgung). Ein DC-Motor kann jedoch mehr Strom ziehen, was zu Spannungsabfällen oder Schäden am Raspberry Pi führen kann.

- **Kein Schutzmechanismus:**

DC-Motoren erzeugen beim Ein-/Ausschalten Spannungsspitzen (Rückstrom), die den Raspberry Pi im Betrieb stören oder sogar beschädigen können.

Für eine sichere und flexible Motorsteuerung ist für die Nutzung eines GPIO-Pins mit PWM daher eine externe Spannungsquelle empfehlenswert, um Probleme oder sogar Schäden sicher zu vermeiden.

[Bild 12](#) zeigt eine Aufbauvorschlagn für eine Motorsteuerung mit externer Spannungsquelle und einem Transistormodul.

Mit dieser Schaltung kann die Drehzahl eines DC-Motors interaktiv und präzise über eine Tkinter-GUI gesteuert werden. Dabei ist lediglich zu beachten, dass der Transistor für den Motorstrom ausreichend dimensioniert ist. Der im Modul verwendete BC846 kann beispielsweise für bis zu 100 mA eingesetzt werden. Das Diodenmodul sorgt dafür, dass eventuelle induktive Spannungsspitzen des Motors keine Schäden verursachen.

Ergänzungen und Übungen

Erweiterungsmöglichkeiten zum Spielwürfel

- **Animation:** Wie könnte man eine kurze Animation (z. B. schnelles Wechseln der Augenzahlen) einsetzen um den Würfel vor dem endgültigen Ergebnis „ausrollen“ zu lassen?
- **Farben:** Würfelrahmen oder Punkte könnten farbig gestaltet werden (z. B. fill="red" für Punkte).
- **Größe:** Könnte man den Würfel größer oder kleiner skalieren, z. B. indem die Canvas-Größe und Punktkoordinaten angepasst werden?

Erweiterungsmöglichkeiten zum Taschenrechner:

- Wie könnte man wissenschaftliche Funktionen (Sinus, Cosinus, Quadratwurzel etc.) einbauen?
- Wie kann man den einfachen Taschenrechner mit Tkinter um grafische Funktionen erweitern?

Erweiterungsmöglichkeiten zur Motorsteuerung:

- Was ist zu beachten, wenn man leistungstärkere Motoren betreiben will?
- Wie könnte man die Steuerung auf Vorwärts- und Rückwärtslauf des Motors erweitern?

Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Artikel wurden die interaktiven grafischen Darstellungsmöglichkeiten mit Tkinter ausführlich untersucht. Neben rein softwaretechnischen Anwendungen wie Uhren und Taschenrechnern kamen auch Hardwareansteuerungen für LEDs oder DC-Motoren zum Einsatz.

Im nächsten Beitrag wird es um fortgeschrittenere Anwendungen gehen. Insbesondere sollen dann analoge Messwerte anschaulich über virtuelle Messinstrumente dargestellt werden.

Als Anwendungen kommen verschiedene Bereiche wie Wetterstationen, Motorüberwachung im Kfz-Bereich, IoT-Projekte oder auch Hausautomatisierungen infrage.

ELV

Material

Raspberry Pi mit Netzteil
Breadboard und Jumperkabel
LED mit Vorwiderstand oder LED-Modul aus PAD-Set
Kleiner DC-Motor
PAD-Transistormodul
Dioden und Widerstand aus einem PAD-Set

Zum Download-Paket

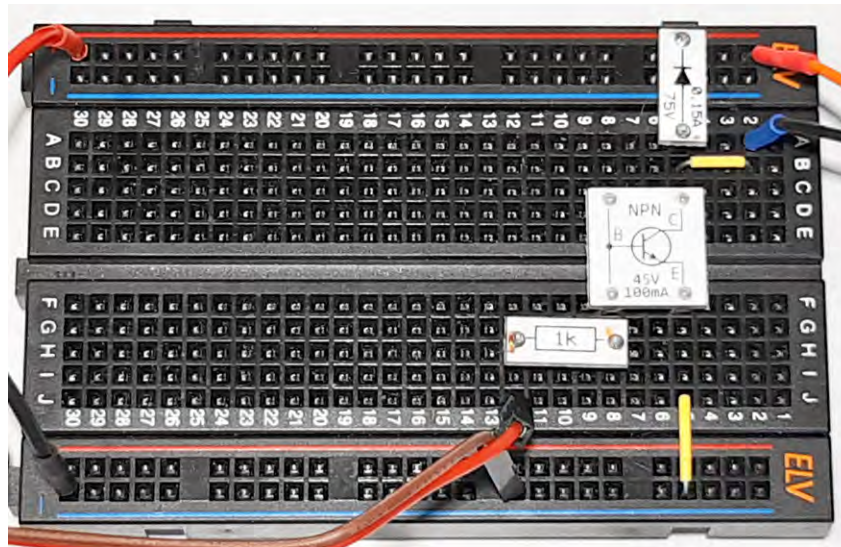


Bild 10: Detailaufbau zur Motorsteuerung

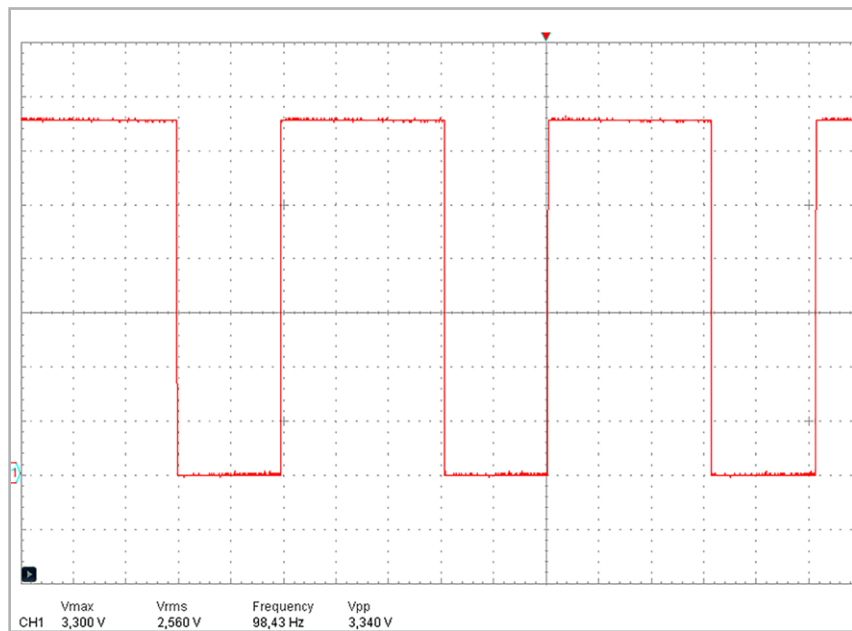


Bild 11: PWM-Signal des Steuerprogramms

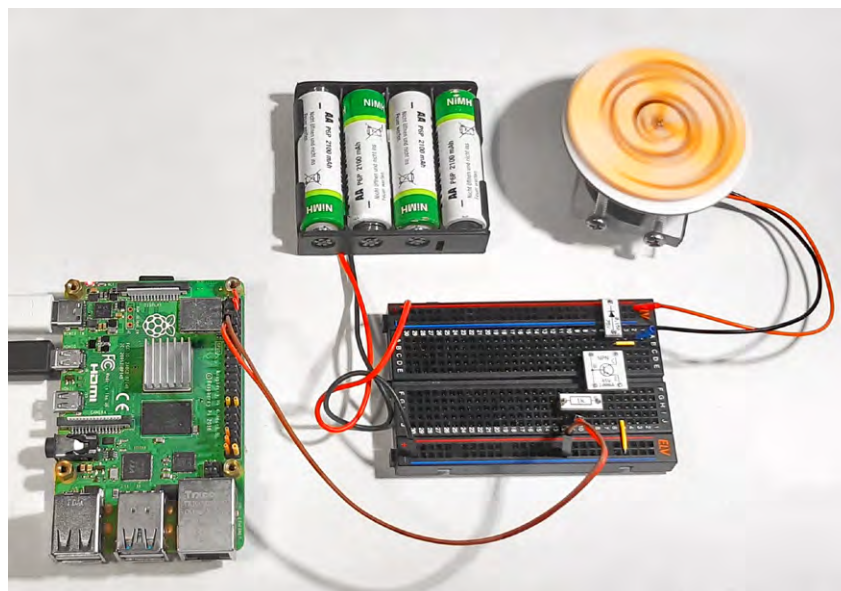
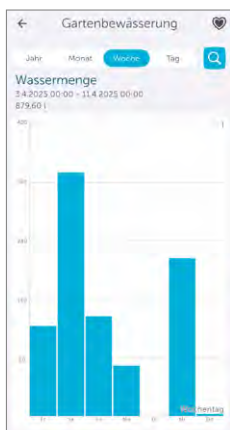


Bild 12: Motorsteuerung für den Raspberry Pi

ELV Smart Home Bewässerungsaktor ELV-SH-WSM

powered by
homematic IP

ELV



Beispiel-Screen in der
Homematic IP App



Anwendungsbeispiel –
beide Adapter nicht im
Lieferumfang

BAUSATZ

79,95 €*

Artikel-Nr. 161647

[Zum Fachbeitrag](#)

[Zum Produkt](#)

- Automatisierte Bewässerung z. B. über Zeitprogramme
- Erfassung des Wasserverbrauchs und Durchflussmessung
- Leichter Zusammenbau komplett ohne Löten
- Mit 1"-Gewinde (eingangsseitig) – mittels Adapter (nicht inkl.) an übliche Außen-Wasserhähne anschließbar
- Batteriebetrieben (ca. 1 Jahr Laufzeit)
- Kompatibel mit dem Homematic IP Access Point, der Smart Home Zentrale CCU3 oder der Home Control Unit

Abm. (B x H x T): 137 x 82 x 88 mm,
Gewicht: 365 g (inkl. Batterien)

Geräte-Kurzbezeichnung:	ELV-SH-WSM
Versorgungsspannung:	2x 1,5 V LR6/Mignon/AA
Stromaufnahme:	1000 mA max./50 µA typ.
Batterielebensdauer:	typ. 1 Jahr
Umgebungstemperatur:	5–55 °C
Anschlussgewinde Wassereinlass:	33,3 mm (G1")
Anschlussgewinde Wasserauslass:	26,5 mm (G3/4")
Durchflusssensor:	2–45 l/min
Schutzart:	IP44
Max. Arbeitsdruck:	0,9 MPa bzw. 9 bar
Funkfrequenz:	868,0–868,6 / 869,4–869,65 MHz

+ Gleich mitbestellen: passendes Zubehör von GARDENA :

GARDENA Adapter, G 1" auf G 3/4" mit Innen-/Außengewinde

- Einfache Installation dank Rändelung
- Hochwertiger Kunststoff – leicht und robust



[Zum Produkt](#)

GARDENA Hahnverbinder, G 3/4"

- Anti-Splash-Funktion für spritzfreie Wasserentnahme
- Einfache Handhabung dank spezieller Form
- Wasserdichte und stabile Verbindung – frostsicher und langlebig



[Zum Produkt](#)

GARDENA 2-Wege-Verteiler, 2x G 3/4"

- 2 Ausgänge mit je 3/4" für gleichzeitige Nutzung
- Regler für unabhängigen Wasserdurchfluss
- Anschluss von Bewässerungscomputern möglich
- Geeignet für Gewinde mit 26,5 mm (G 3/4") und 33,3 mm (G 1")



[Zum Produkt](#)

GARDENA 4-Wege-Verteiler, 4x G 3/4"

- 4 Ausgänge mit je 3/4" für gleichzeitige Nutzung
- Regler für unabhängigen Wasserdurchfluss
- Anschluss von Bewässerungscomputern möglich
- Geeignet für Gewinde mit 26,5 mm (G 3/4") und 33,3 mm (G 1")

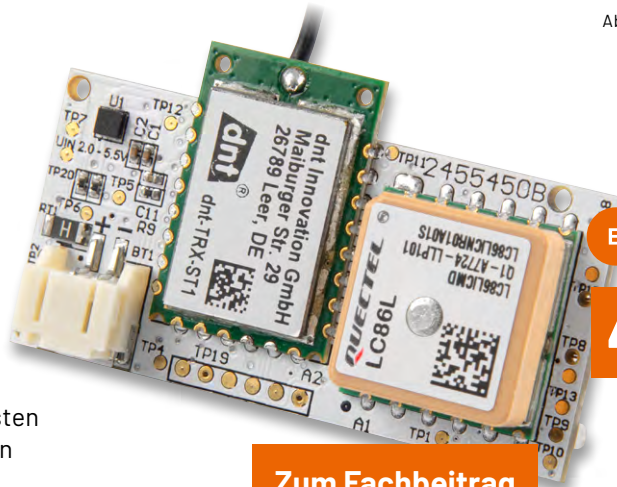


[Zum Produkt](#)

ELV LoRaWAN® GPS Tracker (batteriebetrieben) ELV-LW-GPS2

ELV

Abm. (B x H x T): 47,7 x 26,3 x 10,6 mm,
Gewicht: 12,4 g



EXKLUSIV

BAUSATZ

49,95 €*

Artikel-Nr. 161407

- LoRaWAN®-GPS-Tracker mit integriertem GNSS-Modul zur präzisen Positionsbestimmung
- LoRaWAN®-Modul zur drahtlosen Datenübertragung ohne laufende Kosten
- Weiter Betriebsspannungsbereich von 2,0 bis 5,5 V, ideal für Batteriebetrieb
- Bewegungserkennung durch integrierten 3-Achsen-Beschleunigungssensor
- Kontaktinterface zur externen Triggerung der Ortung
- Mehrere Betriebsmodi: zyklisch, bewegungsgesteuert, kontaktgesteuert
- Konfigurierbare Parameter: Bewegungsempfindlichkeit, Energiesparmodus, Datenrate
- JST-PH-Buchse (2 mm) zum einfachen Anschluss einer Spannungsversorgung
- Typische Funkreichweite: bis zu 6 km in Städten, über 10 km im ländlichen Raum

[Zum Fachbeitrag](#)
[Zum Produkt](#)

Geräte-Kurzbezeichnung:	ELV-LW-GPS2
Spannungsversorgung:	2,0-5,5 V _{DC}
Stromaufnahme:	
Idle:	16 µA @ 2,0 V _{DC} /9,6 mA @ 5,0 V _{DC}
GPS aktiv:	68,10 mA @ 2,0 V _{DC} /25,55 mA @ 5,0 V _{DC}
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Leitungslängen:	max. 3 m (Kontaktinterface) max. 15 cm (Batterie)

ELV Smart Home Luftdrucksensor ELV-SH-CAP

powered by
homematic IP

ELV

EXKLUSIV

BAUSATZ

22,95 €*

Artikel-Nr. 161235



Abm. (Ø x T): 43 x 12 mm,
Gewicht (inkl. Batterie): 18 g


[Zum Fachbeitrag](#)
[Zum Produkt](#)

- Liefert genaue Werte für Luftdruck und Temperatur
- Äußerst platzsparend: kann unauffällig im Raum installiert werden, auch eine verdeckte Montage ist möglich
- Dank der Batterieversorgung ist eine flexible Positionierung möglich
- Kompatibel mit dem Homematic IP Access Point, der Smart Home Zentrale CCU3 oder der Home Control Unit

Geräte-Kurzbezeichnung:	ELV-SH-CAP
Versorgungsspannung:	1x 3 V/CR2032
Stromaufnahme:	40 mA max.
Batterielebensdauer:	2 Jahre (typ.)
Umgebungstemperatur:	5-35 °C
Messbereich Temperatur:	-10 bis +60 °C
Messbereich Luftdruck:	300-1250 hPa
Funk-Frequenzband:	868,0-868,6 MHz/ 869,4-869,65 MHz
Typ. Funk-Freifeldreichweite:	130 m
Sensortoleranz Temperatur:	± 0,5 °C (0-60 °C)
Sensortoleranz Luftdruck:	± 30 Pa

* Die angegebenen Preise sind unverbindlich, entsprechen dem Stand bei Redaktionsschluss und können sich aufgrund von Verfügbarkeit, Marktentwicklung oder tagesaktueller Kalkulation ändern.

ELV Smart Home Außensteckdose - erhältlich in 3 Set-Varianten:

ELV

Set 1: ELV Smart Home Set Außensteckdose, ohne Aktor

Set mit Außensteckdosen-Kombination und ELV Halteplatte ELV-MPA

ELV-MPA im Detail:

- Fachgerechte, schraubenlose Montage von Homematic IP Unterputzaktoren in der Aufputzdosenkombination
- Kompatibel mit den Unterputzaktoren HmIP-FSI16, HmIP-FSM, HmIP-FSM16 und HmIP-FDT
- Leichtes Lösen des montierten Aktors über einfach zu betätigende Rasthaken


34,95 €*

Artikel-Nr. 254494

[Zum Produkt](#)

Set 2: ELV Smart Home Set Außensteckdose Schalten/Messen, 5 A

Set mit Außensteckdosen-Kombination, ELV Halteplatte ELV-MPA und ARR-Bausatz Homematic IP Schalt-Mess-Aktor HmIP-FSM

HmIP-FSM im Detail:

- Schaltleistung 5 A/1150 W
- Sehr geringer Eigenverbrauch, nur 0,2 W
- Messung von Spannung, Strom, Leistung und Netzfrequenz
- Interne, ausfallsichere Speicherung eines Wochen-Schaltprogramms

Mehr Informationen zu HmIP-FSM finden Sie [hier](#)

Sie sparen 4,95 € im Set


69,95 €*

Artikel-Nr. 254495

[Zum Produkt](#)

Set 3: ELV Smart Home Set Außensteckdose Schalten/Tastereingang, 16 A

Set mit Außensteckdosen-Kombination, ELV Halteplatte ELV-MPA und Bausatz Homematic IP Schaltaktor mit Tastereingang (16 A) HmIP-FSI16

HmIP-FSI16 im Detail:

- Schaltleistung 16 A/3680 W
- Eingang für klassische 230-V-Schalter und Taster
- Interne, ausfallsichere Speicherung eines Wochen-Schaltprogramms
- Sehr geringer Eigenverbrauch: nur 0,25 W

Mehr Informationen zu HmIP-FSI16 finden Sie [hier](#)

Sie sparen 9,95 € im Set


84,95 €*

Artikel-Nr. 254496

[Zum Produkt](#)

Weitere Informationen zur Smart-Home-Außensteckdose mit Halteplatte finden Sie in unserem Fachbeitrag.

[Zum Fachbeitrag](#)

ELV Erweiterungsmodul Adapterplatine 2 ELV-EM-AP2

ELV


Anwendungsbeispiel in Spelsberg-Abox



Abm. (B x H x T): 82 x 76 x 20 mm (ohne Abox),
Gewicht: 33 g (ohne Batterien)

EXKLUSIV
BAUSATZ
14,95 €*

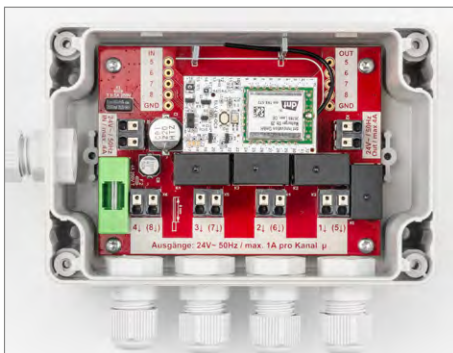
Artikel-Nr. 161127

[Zum Fachbeitrag](#)
[Zum Produkt](#)

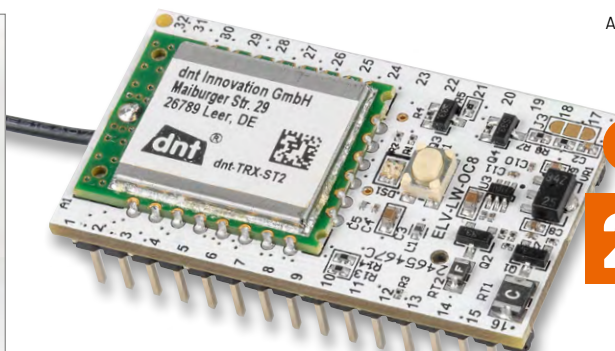
- Anwenderfreundliche Erweiterung für das ELV-Modulsystem für Lösungen im Außenbereich
- Integrierte Energieversorgung erspart den Einsatz eines ELV-Powermoduls
- Kompatibel mit neuer und alter Abox 040 von Spelsberg
- ➕ **Gleich mitbestellen:** Spelsberg Abzweigkasten Abox 040-L
Artikel-Nr. 254245 – 5,00 €*

Geräte-Kurzbezeichnung:	ELV-EM-AP2
Versorgungsspannung:	2x 1,5 V LR6/Mignon/AA
Stromaufnahme:	2 µA (ohne Last)
Ausgangsspannung:	3,3 VDC
Ausgangsstrom:	250 mA max.
Umgebungstemperatur:	-20 bis +55 °C

ELV LoRaWAN®-Modulplatine Open Collector – 8-fach ELV-LW-OC8

ELV


Anwendungsbeispiel mit dem
[Garten-Ventil-Interface ELV-SH-GVI](#)



Abm. (B x H x T): 42 x 23,8 x 13,5 mm,
Gewicht: 8 g

EXKLUSIV
BAUSATZ
29,95 €*

Artikel-Nr. 161150

[Zum Fachbeitrag](#)
[Zum Produkt](#)

- LoRaWAN®-Empfänger für verzögerungsfreies Schalten auf Distanz
- Große Reichweite für Ihre Projekte: bis zu 6 km in Städten, mehr als 10 km im ländlichen Raum
- Kompatibel zu Projekten, die das HmIP-MOD-OC8 nutzen, z. B. das Interface ELV-SH-GVI
- 8 Open-Collector-Ausgänge – individuell steuerbar für vielseitige Einsätze
- Fernkonfiguration und -steuerung – flexibel anpassbar über Downlinks

Geräte-Kurzbezeichnung:	ELV-LW-OC8
Spannungsversorgung:	2,6–3,5 VDC / 4,5–12 VDC
Stromaufnahme:	
Idle:	6,10 mA @ 2,6 VDC / 5,70 mA @ 12,0 VDC
Uplink:	44,20 mA @ 2,6 VDC / 37,55 mA @ 12,0 VDC
Anzahl Input-Kanäle:	8
Anzahl Output-Kanäle:	8
Max. Strom pro Open-Collector-Kanal:	100 mA
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C

* Die angegebenen Preise sind unverbindlich, entsprechen dem Stand bei Redaktionsschluss und können sich aufgrund von Verfügbarkeit, Marktentwicklung oder tagesaktueller Kalkulation ändern.

Service

Technische Anfragen

Für technische Fragen zu den Beiträgen aus dem ELVjournal, kontaktieren Sie gerne unsere technische Kundenberatung über unser [Kontaktformular](#). Bitte nennen Sie hierbei die Artikelnummer, Artikelbezeichnung und Journalseite. Unsere Techniker klären Ihre offenen Fragen im Anschluss.

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: ELV Elektronik AG, Reparatur-Service, 26789 Leer, Deutschland

Qualität/Sicherheit

Bausätze von ELV beinhalten sämtliche zum Aufbau erforderlichen elektronischen und mechanischen Teile einschließlich Platinen, Gehäuse mit gebohrter und bedruckter Frontplatte, Netztrafos, Schrauben, Muttern usw. Es finden ausschließlich hochwertige Markenbauteile Verwendung. Fertiggeräte werden mit Gehäuse betriebsfertig und komplett abgeglichen geliefert. Sämtliche ELV Bausätze und ELV Fertiggeräte sind mit 1%-Metallfilmwiderständen ausgerüstet. Technische Änderungen vorbehalten.

Wichtiger 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 einer ausgebildeten Elektrofachkraft aufgebaut werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt und hinreichend mit den einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen vertraut ist.

Versandkosten

Unsere Versandkosten betragen 3,99 €, ab 39,00 € liefern wir für Sie innerhalb Deutschlands versandkostenfrei. Unsere Versandkosten in andere Länder entnehmen Sie bitte unserer [Internetseite](#).

Kontaktdaten

Bestellannahme, Technische Kundenberatung, Reklamation/Retouren

Kontakt per E-Mail: [Kontaktformular](#)

Adresse: ELV Elektronik AG
Maiburger Straße 29-36
26789 Leer
Deutschland

Weiterführende Informationen und Möglichkeiten zur Kontaktaufnahme sowie Hotlinezeiten finden Sie auf unserer Internetseite [de.elv.com/service-bereich/kontakt-support/](#).

Bestellhinweise

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB), die Sie auf unserer Internetseite [de.elv.com/service-bereich/agb/](#) einsehen, speichern und ausdrucken können. Sie können die AGB auch schriftlich anfordern.

Widerrufsbelehrung

Widerrufsrecht

Sofern Sie Verbraucher sind, können Sie 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 erhalten haben, im Falle eines Verbrauchsgüterkaufs jedoch nicht, bevor Sie oder ein von Ihnen benannter Dritter, der nicht Frachtführer ist, die Ware erhalten hat; im Falle der Lieferung mehrerer Waren oder Teilsendungen im Rahmen einer einheitlichen Bestellung nicht vor Lieferung der letzten Ware oder Teilsendung; im Falle der regelmäßigen Belieferung über einen festgelegten Zeitraum nicht vor Lieferung der ersten Ware. Zur Wahrung der Widerrufsfrist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs.

Der Widerruf ist zu richten an: ELV Elektronik AG, Maiburger Str. 29-36, 26789 Leer, Telefax: +49 491/7016, E-Mail: widerruf@elv.com. Sie können dafür das beigefügte Muster-Widerrufsformular verwenden, das jedoch nicht vorgeschrieben ist. 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;

Widerrufsfolgen

Im Fall eines wirksamen Widerrufs sind die beiderseits empfangenen Leistungen zurückzugewähren. Für die Rückzahlung verwenden wir dasselbe Zahlungsmittel, das Sie bei der ursprünglichen Transaktion eingesetzt haben.

Das Widerrufsrecht besteht nicht bei Lieferung von Waren, die nicht vorgefertigt sind und für deren Herstellung eine individuelle Auswahl oder Bestimmung durch den Verbraucher maßgeblich ist oder die eindeutig auf die persönlichen Bedürfnisse des Verbrauchers zugeschnitten sind; bei Lieferung von Ton- oder Videoaufnahmen oder Computersoftware in einer versiegelten Packung, wenn die Versiegelung nach der Lieferung entfernt wurde.

Ende der Widerrufsbelehrung

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: +49 491/7016
E-Mail: widerruf@elv.com

Hiermit widerrufe(n) ich/wir (*) den von mir/uns (*) abgeschlossenen Vertrag über den Kauf der folgenden Waren (*)/ die Erbringung der folgenden Dienstleistung (*)

Bestellt am (*)/ erhalten am (*)

Name und Anschrift des/der Verbraucher(s)

Datum Unterschrift des/der Verbraucher(s) (nur bei Mitteilung auf Papier)

(*) Unzutreffendes streichen

Datenschutz

Erklärung zu personenbezogenen Daten

Personenbezogene Daten sind Informationen, die Ihrer Person zugeordnet werden können. Hierunter fallen z. B. der Name, die Anschrift oder die E-Mail-Adresse.

Erfassung und Verwendung von personenbezogenen Daten

Persönliche Daten, die Sie uns zur Verfügung stellen, dienen der Abwicklung der Bestellung, der Lieferung der Waren sowie der Zahlungsabwicklung. Da der Datenschutz für die ELV Elektronik AG einen sehr hohen Stellenwert einnimmt, erfolgt die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung Ihrer uns zur Verfügung gestellten Daten ausschließlich auf der Grundlage der gesetzlichen Bestimmungen der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) und des Telemediengesetzes (TMG).

Nach den geltenden gesetzlichen Regelungen haben Sie ein Recht auf unentgeltliche Auskunft über Ihre gespeicherten Daten sowie ggf. ein Recht auf Berichtigung, Sperrung oder Löschung dieser Daten.

Bei Erstbestellungen auf Rechnung oder per Lastschrift können wir bei Bestehen eines berechtigten Interesses zur Risikovermeidung Informationen zu Ihrem bisherigen Zahlungsverhalten sowie Bonitätsinformationen auf der Basis mathematisch-statistischer Verfahren von der Creditreform Boniversum GmbH, Hellersbergstr. 11, 41460 Neuss, vertreten durch Dr. Holger Bissel, Ingolf Dorff, Thomas Schurk, einholen.

Im Bereich der **Kreditkartenzahlung** arbeiten wir zusammen mit der Mollie B.V. (Mollie), Keizersgracht 126, 1015 CW Amsterdam, Niederlande. In diesem Rahmen werden neben Kaufbetrag und Datum auch Kartendaten an das oben genannte Unternehmen übermittelt.

Wir weisen gemäß Art. 6 ff. DSGVO darauf hin, dass wir die von unseren Kunden mitgeteilten Daten EDV-mäßig speichern.

Sollten Sie keine Informationen über unsere Angebote und Dienstleistungen wünschen, genügt ein formloser Brief, ein Telefax oder eine E-Mail an: ELV Elektronik AG, Maiburger Str. 29-36, 26789 Leer, Deutschland, Telefax-Nr. +49 (0)491-7016, E-Mail: datenschutz@elv.com

Weitergabe von Daten

Im Rahmen der Auftragsdatenverarbeitung wählen wir unsere Partner sorgfältig aus und verpflichten unsere Dienstleister gemäß Art. 28 DSGVO zum vertrauensvollen Umgang mit Ihren Daten.

Widerruf von Einwilligungen

Jede von Ihnen erteilte Einwilligung zur Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten können Sie jederzeit widerrufen. Näheres entnehmen Sie bitte unserer Datenschutzerklärung unter [de.elv.com/service-bereich/sicherheit-datenschutz](#) bzw. [ch.elv.com/sicherheit-datenschutz](#)

Rücknahme von Elektro- und Elektronik-Altgeräten

Hersteller und Händler sind gesetzlich verpflichtet, Altgeräte kostenfrei wieder zurückzunehmen und nach vorgegebenen Standards umweltverträglich zu entsorgen bzw. zu verwerten. Dies gilt für betreffende Produkte mit nebenstehender Kennzeichnung.

Verbraucher/-innen dürfen Altgeräte mit dieser Kennzeichnung nicht über den Hausmüll entsorgen, sondern können diese bei den dafür vorgesehenen Sammelstellen innerhalb Ihrer Gemeinde bzw. bei den ÖRE (öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger) abgeben.

Verbraucher/-innen sind im Hinblick auf das Löschen personenbezogener Daten auf den zu entsorgenden Altgeräten selbst verantwortlich.

Unsere Rücknahmeverpflichtung nach dem ElektroG wickeln wir über die Fa. Hellmann Process Management GmbH & Co. KG (HPM) und die Fa. DHL Paket GmbH (DHL) ab. HPM übernimmt für uns die Entsorgung und Verwertung der Altgeräte über die kommunalen Sammelstellen. Zum Erstellen eines DHL-Retouren-Aufklebers für die Rücksendung Ihres Elektro- und Elektronik-Altgeräts benutzen Sie bitte unser DHL-Retouren-Portal im Internet. Weitere Informationen finden Sie unter [de.elv.com/hinweise-zur-entsorgung](#). Unsere Registrierungsnummer lautet: WEEE-Reg. Nr. DE 14047296.



= Symbol für die getrennte Erfassung von Elektro- und Elektronikgeräten

Batteriegesetz – BattG

Verbraucher/-innen sind zur Rückgabe von Altbatterien gesetzlich verpflichtet.

Mit nebenstehendem Zeichen versehene Batterien dürfen nicht über den Hausmüll entsorgt werden, sondern sind einer getrennten Entsorgung zuzuführen. Verbraucher(innen) können Batterien nach Gebrauch unentgeltlich an unser Versandlager schicken oder dort abgeben.

Altbatterien können Schadstoffe enthalten, die bei nicht sachgemäßer Lagerung oder Entsorgung die Umwelt oder Ihre Gesundheit schädigen können. Batterien enthalten aber auch wichtige Rohstoffe, wie z. B. Eisen, Zink, Mangan oder Nickel und werden wiederverwendet. Bedeutung chemischer Zeichen in Kennzeichnung: Hg = Quecksilber; Cd = Cadmium; Pb = Blei



= Batterien sind schadstoffhaltige Produkte und dürfen nicht über den Hausmüll entsorgt werden.

ELVjournal

Alle Ausgaben auf einen Blick!

Lesen Sie jetzt alle ELVjournal Ausgaben wann und wo Sie wollen – und das digital komplett kostenlos.
Wir haben alle ELVjournale von der ersten bis zur aktuellen Ausgabe übersichtlich für Sie zusammengestellt.



ELVjournal Redaktion



ELV Elektronik AG
Redaktion ELVjournal
Maiburger Straße 29-36
26789 Leer
Deutschland



redaktion@elvjournal.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 ELVjournal mit Nennung Ihres Namens vorgestellt.

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 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. 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.

Ihre Einsendungen senden Sie per Brief oder Mail mit dem Stichwort „Leserwettbewerb“ an:

ELV Elektronik AG, 26789 Leer, Deutschland
oder leserwettbewerb@elv.com

Impressum

Herausgeber:

ELV Elektronik AG
Maiburger Straße 29-36
26789 Leer
Deutschland

E-Mail: redaktion@elvjournal.com

Chefredaktion:

Prof. H.-G. Redeker

Redaktionsleitung:

Dipl.-Ing. (FH) Holger Arends, verantwortlich

Erscheinungsweise:

zweimonatlich (Januar, März, Mai, Juli, September, November)

Technisches Layout:

Silvia Heller, Wolfgang Meyer,
Annette Schulte, Dipl. Ing. (FH) Martin Thoben

Satz und Layout:

Franziska Giesselmann, Andrea Rom

Redaktion:

Dipl.-Ing. (FH) Holger Arends, 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 Grobelsnik,
Stephan Fabry (M. Eng.), Dipl.-Ing. (FH) Fredo Hammieders,
Lothar Harberts, Dipl.-Ing. (FH) Christian Helm,
Julian Kaden (M. Eng.), Damian Krause, Nikolai Krause,
Dipl.-Ing. (FH) Karsten Loof, Marcel Maas (M. Eng.),
Simon Möhlmann (B. Eng.), Hilko Meyer (M. Eng.),
Tammo Post (M. Eng.), Andreas Prast (Bachelor Professional),
Dipl.-Ing. (FH) Thorsten Reck, Helga Redeker,
Dipl.-Ing. (FH) Keno Reiß, Dipl.-Wi.-Inf. (FH) Frank Sanders,
Dipl.-Ing. (FH) Lothar Schäfer, Kevin Schöning (M. Eng.),
Bastian Schmidt (B. Eng.), Udo Schoon (M. Eng.),
Dirk Stüben, Dipl.-Ing. (FH) Heiko Thole,
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Wiemken, Dipl.-Ing. (FH) Markus Willenborg,
Florian Willms (M. Sc.), Sebastian Witt (B. Eng.),
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Ysker

Lithografie:

KruseMedien GmbH
48691 Vreden
Telefon: +49 2564 5686-110
www.krusemedien.com
Verantwortlicher: Udo Wesseler

Urheberrechte:

Alle Inhalte dieses ELVjournals, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei der ELV Elektronik AG. Bitte fragen Sie, falls Sie die Inhalte dieses Internetangebots verwenden möchten.

Patente und Marken:

Sämtliche Veröffentlichungen erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patent- oder Gebrauchsmusterschutzes. Bei den verwendeten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Marken handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber markenmäßig benutzt werden dürfen.

Eingesandte Beiträge:

Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingesandte Manuskripte oder Geräte zurückzusenden. Eine Haftung wird für diese Gegenstände nicht übernommen.

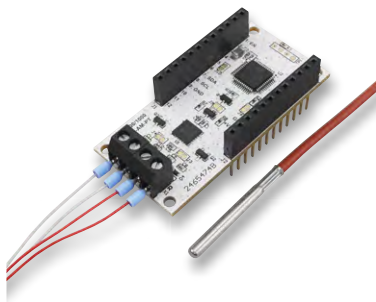
Gesetzliche Bestimmungen:

Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Erwerb, Herstellung und Inbetriebnahme von Sende- und Empfangseinrichtungen sind zu beachten.

Haftungsausschluss:

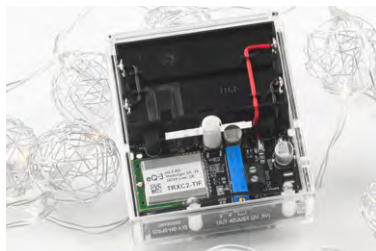
Der Herausgeber übernimmt keine Haftung für die Richtigkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Artikel und sonstigen Beiträge.

Im nächsten

ELVjournal

ELV Applikationsmodul Platin-Tempertursensor – ELV-AM-PT

Egal ob heiß oder kalt – der Platin-Tempertursensor kann alle Temperaturen erfassen. Das ELV-AM-PT ist ein neues Applikationsmodul des ELV-Modulsystems zum genauen Messen von Temperaturen. Dank eines speziellen Messwandlers kann das Modul alle gängigen Platin-Tempertursensoren auslesen – ob PT100 oder PT1000, in 2-, 3- oder 4-Leitertechnik. Durch die Änderung der I2C-Adresse (Löt-Jumper) können bis zu 4 Module an einer Base des ELV-Modulsystems verwendet werden.



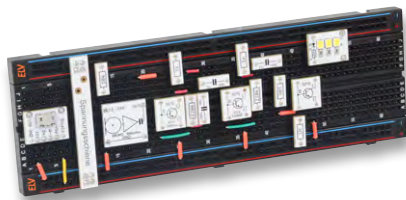
ELV Smart Home Spannungsversorgung, schaltbar

Die batterieversorgte Spannungsversorgung ELV-SH-SPS25 kann Kleinverbraucher wie z. B. batteriebetriebene LED-Lichterketten mit einer einstellbaren Ausgangsspannung von 2 V bis 5 V und bis zu 150 mA versorgen. Der Ausgang lässt sich über die Bedientaste am Gerät sowie über andere Komponenten des Smart-Home-Systems Homematic IP fernschalten. Zusätzlich lässt sich über eine der Zentralen des Systems das im Aktor vorhandene Wochenschaltprogramm für automatische Schaltvorgänge konfigurieren.



Schalt-Mess-Kabel, indoor

Verlängert, gemessen und sicher geschaltet! Das Schalt-Mess-Kabel ELV-SH-PSMCI vereint die Funktionalität eines Schaltaktors und einer Verlängerungsleitung und reiht sich als Innenvariante des HmIP-PSMCO in die ELV Smart-Home-Serie ein. Durch die allpolige Abschaltung wird das spannungsversorgte Gerät zudem vollständig vom Netz getrennt.



Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB: Transistoren als Verstärker

In dem nächsten Teil unserer Serie zum PAD-PRO-EXSB zeigen wir, wie man Transistoren als Verstärker in der Praxis einsetzt. Neben einigen Beispielschaltungen wie z. B. einem Mikrofonverstärker, werden auch die gängigsten Grundschaltungen für unterschiedliche Anwendungsbereiche erklärt.

Projekte für Elektroneinsteiger, Teil 14

Nachdem im letzten Artikel die Grundlagen und Anwendungen von MOSFETs genauer betrachtet wurden, soll es im nächsten Beitrag darum gehen, wie man Spannungen elektronisch umwandeln kann. Dabei sollen dann wieder klassische Transistoren zum Einsatz kommen, um Spannungen effizient zu erhöhen oder aber auch zu reduzieren. Insbesondere die Spannungserhöhung bietet viele interessante Anwendungen. So können damit z. B. Leuchtdioden auch noch mit nahezu leeren Batterien betrieben werden – ein kleiner Beitrag zur Energieeinsparung und zum Umweltschutz!

Python & MicroPython – Programmieren lernen für Einsteiger, Teil 11

In dem vorangegangenen Artikel zu dieser Reihe wurden die graphischen Darstellungsmöglichkeiten mit Tkinter ausführlich untersucht. Im nächsten Beitrag wird es um fortgeschrittenere Anwendungen gehen. Insbesondere sollen dann analoge Messwerte anschaulich über virtuelle Messinstrumente dargestellt werden. Als Anwendungen kommen verschiedene Bereiche wie Wetterstationen, Motorüberwachung im Kfz-Bereich, IoT-Projekte oder auch Hausautomatisierungen infrage.

Das ELVjournal 5/2025 erscheint am 17. September 2025

NEXT LEVEL SMART HOME



299,95 €*

Zur weißen Variante

Zur anthrazitfarbenen Variante

homematic 

Home Control Unit, HmIP-HCU1

- Alle Geräte im Smart Home bequem per App steuern – lokal oder über die Cloud
- Unterstützung von Homematic IP Wired Geräten durch den Homematic IP Wired Access Point und eine Homematic-Einbindung über die CCU3 als Gateway
- Automatisierte Systemübertragung von Access Point auf Home Control Unit möglich
- Zuverlässige Verschlüsselung der Kommunikation – es ist keine Registrierung notwendig
- Bis zu 350 Geräte anlernbar, davon 120 Funkgeräte (Systemgrenzen offen)
- **NEU:** eigene Plug-ins durch Connect-API-Schnittstelle möglich

Mehr Infos zur neuen Home Control Unit finden Sie unter ELVwissen.

Mehr Infos



* Die angegebenen Preise sind unverbindlich, entsprechen dem Stand bei Redaktionsschluss und können sich aufgrund von Verfügbarkeit, Marktentwicklung oder tagesaktueller Kalkulation ändern.

Smartes Licht für Garten und Teich



Set mit 3 Spots

Oase

LunAqua Connect Set M – Teichbeleuchtung mit 3 Spots

- Drei LED-Leuchten mit weißem Licht
- Steuerung über Oase-Switch-App
- Für dauerhaften Unterwassereinsatz (IP68) bis 4 m Tiefe
- Flexible Installation mit Standfuß oder Erdspieß
- Hohe Lichtausbeute von 250 lm pro Leuchte
- Modular erweiterbar mit weiteren Leuchten aus dem Oase-LunAqua-System

Zur Steuerung mit der App ist ein [Oase LunAqua Connect Controller \(Artikel-Nr. 258069\)](#) erforderlich.

286,17 €*

Artikel-Nr. 258029

[Zum Produkt](#)

NEU



Solarleuchten-Set SIMON LED mit 5 LED-Leuchten

- 1 W Leistung, 70 lm Helligkeit, warmweißes Licht (3000K)
- 2-m-Verlängerungskabel
- IP65: strahlwassergeschützt
- 6-9 Stunden Betriebsdauer
- Automatisches Ein-/Ausschalten anhand der Helligkeit (Lux)

Set mit 5 Leuchten



64,99 €*

Artikel-Nr. 258177

[Zum Produkt](#)

* Die angegebenen Preise sind unverbindlich, entsprechen dem Stand bei Redaktionsschluss und können sich aufgrund von Verfügbarkeit, Marktentwicklung oder tagesaktueller Kalkulation ändern.