

# Sensoren für Mikrocontroller

Intelligente Kombinationen für alle Fälle



Sensoren sind die Sinnesorgane der Elektronik – im Zusammenspiel mit Mikrocontrollern und heute relativ einfach nutzbaren Programm-Entwicklungsumgebungen eröffnen sich dem Anwender faszinierende Möglichkeiten. In unserem Sonderteil betrachten wir, ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit, eine Reihe interessanter Sensoren, ihre Daten, Technik, Aufbau und praktische Anwendungsmöglichkeiten.

Damit weisen wir Mikrocontroller-Einsteigern den Weg hin zu eigenen Lösungen und erfahrene Anwender erhalten eine kompakte Zusammenfassung inklusive umfangreicher Quellenhinweise als konzentriertes Nachschlagewerk.

Zu allen besprochenen Sensoren zeigen wir verschiedene, für jeden zugängliche Softwarelösungen für die verbreitetsten Mikrocontrollerumge-

bungen, also Arduino/AVR, ESPxx, Raspberry Pi und zum Teil weitere wie STM32.

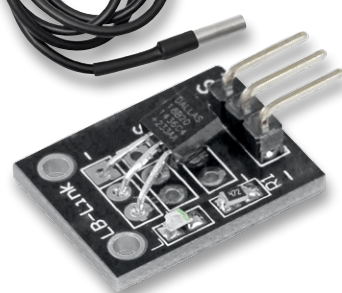
Aufgrund der einfachen Handhabbarkeit, vor allem auf Steckboards, stellen wir, wo möglich, Breakout-Boards mit kompletten, einsatzfähigen Sensorschaltungen vor, die schnell per Stiftleiste einsetzbar sind. Das Anlöten einer Stiftleiste bleibt dann auch nahezu die einzige Lötarbeit, wenn man Steckboards benutzt. Die notwendigen peripheren Teile können aus der Prototypenadapter- und Experimentierboard-Reihe (siehe Anhang) entnommen bzw. die Schaltungen mit diesen realisiert werden.

# Klima- und Umweltsensoren

Sie sind die Klassiker in Mikrocontroller-Umgebungen und oft der erste Einstieg in Sensoranwendungen überhaupt – allen voran Temperatur- und Luftfeuchtesensoren.

## Der 1-Wire-Klassiker: DS18B20

Der DS18B20 von Maxim Integrated/Dallas Semiconductor ist ein digitaler Temperatursensor (Bild 1) mit 1-Wire-Anschluss. Das heißt, er wird über nur eine Signalleitung plus Masse und Stromversorgungsleitung an einen digitalen Port des Mikrocontrollers angeschlossen. Da jeder Sensor eine intern abgelegte Seriennummer besitzt, können mehrere dieser Sensoren an einer Busleitung betrieben und einzeln ausgelesen werden. Seine äußere Beschaltung ist minimal, lediglich ein Pull-up-Widerstand ist am Bus erforderlich. Durch eine sogenannte parasitäre Stromversorgung über die Datenleitung kann der Anschluss auch allein über die Datenleitung und Masse erfolgen.



**DS18B20**

<b>Messbereich</b>	-55 °C bis +125 °C
<b>Genauigkeit</b>	+0,5 °C
<b>Interface</b>	1-Wire, fest codiert
<b>Betriebsspannung</b>	3–5 V
<b>Besonderheit</b>	Parasitäre Stromversorgung

Bild 1: Der Temperatursensor DS18B20

Die meist genutzte Bauform ist T092, sehr oft kommt auch die gekapselte und damit wasserdichte Variante des Sensors zum Einsatz. Der intelligente Sensor verfügt über eine Alarmfunktion mit vom Nutzer programmierbaren und im EEPROM des Sensors hinterlegbaren Alarmschwellen.

Für den Einsatz am Arduino stehen über den Bibliotheksmanager verschiedene Libraries zur Verfügung, am bekanntesten ist die „DallasTemperature.h“ [1]. Im Arduino.cc-Project-Hub finden sich zahlreiche Anwendungen, z. B. [2].

Eine ausführliche Einführung zum Raspberry Pi ist unter [3] zu finden, darunter auch Programme für Python und Perl. Zahlreiche sofort nutzbare Anwendungen gibt es auch für Espressif ESPxx-Plattform, z. B. unter [4].

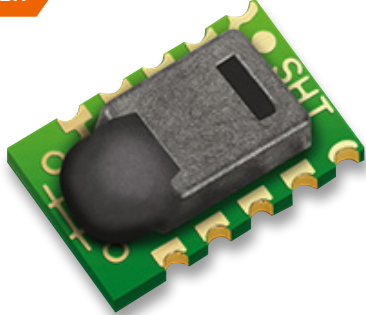
Deutlich verbreiteter sind heute jedoch kombinierte Temperatur-/Luftfeuchtesensoren.



## Digitale Feuchte- und Temperatursensoren SHT1x

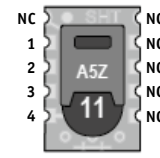
Die SHT-Feuchtesensor-Reihe von Sensirion, bekanntester und ältester Vertreter ist der SHT11 (Bild 2), liefert ein digitales, kalibriertes Ausgangssignal mit dem von einem kapazitiven Sensor erfassten Luftfeuchtwert über eine serielle Schnittstelle (SCK/DATA). Er kann als Besonderheit, wenn der angeschlossene Mikrocontroller das Protokoll wechselt, auch an einer I<sup>2</sup>C-Schnittstelle betrieben werden.

Für den Arduino steht hier die Library „SHT1x.h“ zur Verfügung, in [5] findet man eine Applikation.



**SHT1x**

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected



<b>Messbereich</b>	0 % rH bis 100 % rH
<b>Genauigkeit</b>	+3 % rH (SHT11)
<b>Interface</b>	Seriell
<b>Betriebsspannung</b>	2,4–5 V

Bild 2: Der Luftfeuchtesensor SHT11 von Sensirion



### Temperatur und Luftfeuchte – DHTxx, SHT2x

Die preisgünstigen Temperatur-/Luftfeuchtesensoren DHT11/DHT22 (verschiedene Hersteller, z. B. AOSONG) sind ab Werk fest kalibrierte Sensoren (kapazitiver Feuchtesensor/NTC-Temperatursensor) mit serieller Single-Bus-Schnittstelle (Bild 3).

#### DHT11

<b>Messbereich</b>	20 % rH bis 90 % RH, 0 °C bis 50 °C
<b>Interface</b>	Seriell, Single Bus
<b>Betriebsspannung</b>	3,3–5 V

Bild 3: Der Temperatur-/Luftfeuchtesensor DHT11

Einer der vier Pins ist nicht belegt, deshalb findet man die Varianten auf einem Breakout-Board oder mit Drahtanschluss ausschließlich mit drei Anschlüssen. Einen guten Überblick zum Anschluss und Einsatz findet man unter [6], die zugehörige Arduino-Library heißt „DHT.h“. Für den ESP32 ist in [7] eine ausführliche IoT-Applikation veröffentlicht.

Ein weiterer, oft genutzter Temperatur-/Luftfeuchtesensor ist der hochwertige SHT20/SHT21/SHT25 von Sensirion (Bild 4). Er besitzt einen kapazitiven Feuchtesensor, einen Bandlückentemperatursensor, eine individuelle und fest gespeicherte Kalibrierung, eine eindeutige ID, umschaltbare Auflösung und Prüfsummenbildung. Als Schnittstelle kommt hier I<sup>2</sup>C zum Einsatz.

#### SHT20

<b>Messbereich</b>	0 % rH bis 100 % rH, -40 °C bis +125 °C
<b>Interface</b>	I <sup>2</sup> C
<b>Betriebsspannung</b>	2,1–3,5 V

Bild 4: Der Temperatur-/Luftfeuchtesensor SHT20 von Sensirion, rechts das SHT20-Modul des PAD4

Der Sensor befindet sich auch im Lieferumfang des ELV Prototypenadapter-Boards PAD4 [8], Bild 5 zeigt einen Aufbau mit diesem Board. Eben hier sind auch Anschluss und eine einsetzbare Arduino-Bibliothek beschrieben. In [9] findet man ein Programmbeispiel zum SHT20 am Arduino, unter [10] eines zum ESP8266.

#### SHT20

Bild 5: Testaufbau mit dem Temperatur-/Luftfeuchtesensor SHT20 aus dem Prototypen-Adapter-Bausatz PAD4

### Noch mehr Daten – Umweltsensoren BMP/BME

Bosch Sensortec bietet ein großes Portfolio an superkompakten, für den Einsatz in mobilen Geräten konzipierten Umweltsensoren an, die für den Anwender praktischerweise meist auf Breakout-Boards (Bild 6a und Bild 6b), z. B. auf dem bekannten Board namens GY-68, angeboten werden. Der bis heute wohl am meisten eingesetzte Sensor dieser Reihe ist der BMP180 (die noch präziseren Nachfolger sind die aktuellen BMP280/380/390).

Seine Hauptaufgabe (erkennbar am „P“ in der Typenbezeichnung) ist die Erfassung des Luftdrucks nebst Abbildung der aktuellen Standorthöhe über dem Meeresspiegel (NN). Daneben gibt er die Temperatur im Bereich von -40 °C bis +85 °C aus.

Der Sensor verfügt sowohl über ein I<sup>2</sup>C-Interface als auch über eine SPI-Schnittstelle, wobei die allermeisten Breakout-Boards nur einen (ausreichenden) Anschluss via I<sup>2</sup>C anbieten.

#### BMP280

8 VDD	 Vent hole	1 GND
7 GND		2 CSB
6 VDDIO		3 SDI
5 SDO		4 SCK

TOP VIEW (pads not visible)

<b>Messbereich</b>	-40 °C bis +85 °C, 300 hPa bis 1100 hPa
<b>Interface</b>	I <sup>2</sup> C/SPI
<b>Betriebsspannung</b>	1,71–3,6 V

Bild 6a: Der Bosch Sensortec-Umweltungssensor BMP280

ab S. 120

Gesten erkennen, Distanzen und Bewegungen erfassen

ab S. 124

Rot – Grün – Blau: Farbsensoren

ab S. 126

Lage- und Richtungserkennung, Beschleunigungsmessung

ab S. 128

Biometrische und Health-Sensoren

ELVJournal 4/2020

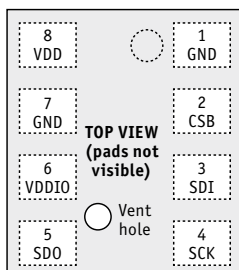
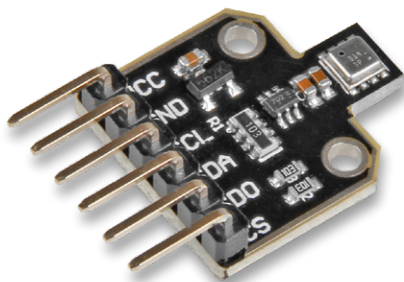
**BME680**


Bild 6b: Der Bosch Sensortec-Umgebungssensor BME680

<b>Messbereich</b>	0 % rH bis 100 % rH, -40 °C bis +85 °C, 300 hPa bis 1100 hPa, Gas IAQ-Index: 0–500
<b>Interface</b>	I <sup>2</sup> C/SPI
<b>Betriebsspannung</b>	1,71–3,6 V

Noch mehr, und damit eine gute Grundlage für eine kleine Wetterstation, mit der man sogar eine örtliche Vorhersage anzeigen lassen kann, bieten die Sensoren der BME-Reihe (E = Environment), beispielsweise der BME280. Er erfasst zusätzlich die relative Luftfeuchte und somit die wesentlichen Umgebungsdaten Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck.

Noch einen Schritt weiter geht der BME680, er erfasst zusätzlich sogenannte VOC, also flüchtige organische Verbindungen (Gase) in der Luft. Dazu zählen Kohlenwasserstoffe wie etwa Methan, Alkohole, Aldehyde, organische Säuren, übersetzt im Alltag: Abgase aus biologischen und technischen Prozessen, Lösungsmitteln, Flüssigbrennstoffen, Reinigungsmitteln, Farben, Lacken, Formaldehyden in Möbeln etc.

Dieser Sensor kann dann bereits die Grundlage für einen komplexen Umweltsensor sein, der die Raumluftqualität erfasst und dem angeschlossenen Mikrocontrollersystem eine Bewertung der Luftqualität möglich macht.

Für die Einbindung in die Arduino-IDE gibt es eine ganze Reihe Libraries, z. B. die „Adafruit\_BMP085.h“ für den BMP180 oder die „Adafruit\_BMP280.h“ für den BMP280 sowie unzählige Applikationen und Lernkurse, z. B. in [11].

Unter [12] findet man eine entsprechende Einführung mit dem Raspberry Pi und unter [7] ein Programmbeispiel zum ESP32.

**Die Schnüffler am µC – Gassensoren der MQx-Reihe**

Die Gassensoren der MQx-Reihe (Bild 7) sind analoge Gassensoren mit integrierter Sensorheizung für das Erfassen der verschiedensten Gase in der Luft – von Butan über Methan, Flüssiggas (LPG), CNG, Erdgas, Rauchgase (CO), Alkohole, Ethanol, Wasserstoff, Ozon, VOC usw.

Der wohl am meisten eingesetzte Sensor dieser Reihe ist der MQ-7, der Kohlenmonoxid erfasst. In [13] findet man eine Übersicht dazu und Links zu allen Datenblättern sowie zu Applikationen. Eine Universal-Library für Arduino/ESP ist die „MQUnifiedSensor.h“. Unter [14] findet sich ein Grundsatzbeitrag für den Einsatz der Sensorreihe am Raspberry Pi.

**MQ7**


Bild 7: Der CO-Sensor MQ7 mit Anschlussbelegung des Breakout-Boards

Anschlussbelegung	
<b>VCC</b>	Betriebsspannung
<b>GND</b>	Masse
<b>AOUT</b>	Analoger Ausgang
<b>DOUT</b>	Digitaler Ausgang
<b>Messbereich</b> 20–2000 ppm	
<b>Interface</b>	Analog, digital (Schwellwert einstellbar)
<b>Betriebsspannung</b>	2,5–5 V

**Spezialisten für Feinstaub – Sharp GP2Y1010 und Sensirion SPS30**

Zur kompletten Bewertung der Umwelt- und Luftqualität gehört heute auch die Erfassung der Feinstaubkonzentration in der Luft. Die entsprechenden Sensoren, die auf optischer Basis arbeiten, sind recht komplex und deshalb auch relativ teuer. In der Maker-Szene ist der Sharp GP2Y1010/1014AU0F (Bild 8), der sich u. a. als Breakout-Board im Portfolio von Waveshare [15] findet, sehr verbreitet. Er ist über seinen analogen Ausgang einfach anzubinden, ein Signaleingang kann ihn aktivieren. Der LED-basierte Sensor kann Partikel bis herab auf 0,8 µm (Klasse PM2.5) erfassen. Er wird übrigens oft in elektrischen Luftreinigern und Klimageräten eingesetzt. Die Waveshare-Seite bietet für die Anbindung des Sensors an unterschiedliche Mikrocontroller-Plattformen Beispiel-Codes.

**GP2Y1010AU0F**


Bild 8: Der Feinstaubsensor Sharp GP2Y-1010AU0F mit Anschlussbelegung des Breakout-Boards. Bild: Waveshare

Anschlussbelegung	
<b>VCC</b>	Betriebsspannung
<b>GND</b>	Masse
<b>AOUT</b>	Analoger Ausgang
<b>ILED</b>	LED-Spannung
<b>Detektionsbereich</b> Partikel ab 0,8 µm, Bereich: 500 µm <sup>3</sup>	
<b>Interface</b>	Analog
<b>Betriebsspannung</b>	2,5–5 V

Einen kompletten Applikationsführer zu diesem Sensor mit ausführlicher Funktionsbeschreibung und Theorie zur Feinstaubmessung findet man unter [16]. Der Lernkurs in [17] zeigt eine Anwendung mit der ESP-Plattform.





Der Sensirion SPS30 – (Bild 9) zeigt den Sensor in der Anschlussapplikation von SparkFun – ist ein hochwertiger Feinstaubsensor der Klasse PM1.0/PM2.5/PM4.0/PM10.0. Er arbeitet statt mit einem LED-Detektor (dieser funktioniert ähnlich wie in einem Rauchmelder) mit einem Laser, der eine noch präzisere Erfassung und zusammen mit der eingesetzten Auswertungstechnik des Sensors auch eine sehr hohe Langzeitstabilität sowie die präzise Messung verschiedener Partikelgrößen bietet. Er hat einen vollständig werkskalibrierten Digitalausgang mit UART- und I<sup>2</sup>C-Schnittstellen.

**SPS30**

**M-CERTS**  
THE ENVIRONMENT AGENCY'S  
MONITORING CERTIFICATION SCHEME

Pin 1 Pin 5

- 1 - VDD
- 2 - RX/SDA
- 3 - TX/SCL
- 4 - SEL
- 5 - GND

*Bild 9: Der Feinstaubsensor SPS30 von Sensirion*

<b>Detektionsbereich</b>	Partikel ab 0,3 µm, Bereich: 1000 µm <sup>3</sup>
<b>Interface</b>	UART/I <sup>2</sup> C
<b>Betriebsspannung</b>	4,5–5,5 V

Für die Integration in Arduino-/AVR-/ESP- und SAMD-Systeme findet man passende Libraries und Applikationshinweise unter [18], in [19] einen Leitfa- den zur Anbindung an den Raspberry Pi.

**Berührungslos Temperaturen messen – IR-Sensor MLX 90614**

Berührungslos Temperaturen messen, ob per IR-Thermometer oder Wärmebildkamera, gehört heute zum Alltag, entsprechend gibt es hier auch das passende Breakout-Bord mit dem hierzu geeigneten Sensor (Bild 10), dem MLX90614 von Melexis. Er kann berührungslos Objekttemperaturen von -70 °C bis +380 °C erfassen und verfügt über einen SMBus-Ausgang, der als vereinfachter I<sup>2</sup>C-Anschluss genutzt werden kann.

Auf der entsprechenden Waveshare-Seite [20] sind der Umgang mit diesem Bus, das Kommunikationsprotokoll, die Programmierung und Programm-Code

ausführlich zusammengefasst. Für Arduino-/ESP-Anwendungen ist z. B. auch die Library „Adafruit\_MLX90614.h“ einsetzbar.

Zwei interessante Selbstbauprojekte mit diesem Sensor sind die auf einem „Jugend Forscht“- Projekt basierende Wärmebildkamera [21] und das schnell realisierbare IR-Thermometer [22] mit animiertem OLED-Display.

**MLX90614**

Ansicht von unten

- 1 - SCL/Vz
- 2 - SDA/PWM
- 3 - VDD
- 4 - VSS/GND

*Bild 10: Der IR-Thermometer-Sensor MLX90614 von Melexis*

<b>Messbereich (Objekt)</b>	-70 °C bis +380 °C
<b>Auflösung</b>	0,02 °C
<b>Interface</b>	I <sup>2</sup> C, PWM, SMBus
<b>Betriebsspannung</b>	3/5 V

**UV-Strahlung messen – Si1145 und VEML6070**

Zu einer vollständigen Wetterstation gehört die Erfassung der UV-Strahlung und die Bewertung durch den UV-Index. Für den Strandurlaub gibt es sogar eigens dafür vorgesehene kleine Messgeräte. Als Elektroniker baut man sich so etwas als Ergänzung der eigenen Wetterstation selbst. Hier haben sich die UV-Sensoren Si1145 von Silabs und der VEML6070/6075 von Vishay durchgesetzt, winzige Sensoren, die es ebenfalls als Breakout-Board gibt. Bild 11 zeigt das VEML6070-Board von Adafruit. Der Si1145 ist eher ein Sensor für das sichtbare Sonnenlicht und dessen IR-Anteil als ein echter UV-Sensor. Allerdings verfügt er über einen kalibrierten Lichtauswertungsmodus, der das auftreffende Licht in einen UV-Indexwert umsetzen kann. Die Kommunikation erfolgt auch hier per I<sup>2</sup>C. Deutlich verbreiteter und interessanter sind die Vishay-Sensoren, wobei hier der VEML6070 dominiert. Er ist ein echter UV-A-Sensor mit einem per I<sup>2</sup>C steuerbaren ADC, der den Messwert für 60 bis 500 ms integrieren kann.

Damit lässt sich sehr leicht ein Indexwert nach der genormten Strahlungs- menge ermitteln.

**VEML6070**

*Bild 11: Der UV-Sensor VEML6070 von Vishay. Breakout-Board: Adafruit*

<b>Detektion</b>	UV-A, 320–410 nm
<b>Auflösung</b>	0,02 °C
<b>Interface</b>	I <sup>2</sup> C
<b>Betriebsspannung</b>	2,7–5 V

ab S. 120

Gesten erkennen, Distanzen und Bewegungen erfassen

ab S. 124

Rot - Grün - Blau: Farbsensoren

ab S. 126

Lage- und Richtungserkennung, Beschleunigungsmessung

ab S. 128

Biometrische und Health-Sensoren

Der VEML6075 hingegen ermittelt zusätzlich mit einem Dualband-Sensor noch die UV-B-Strahlungswerte, die für die Vitamin-B-Synthese, die Hautbräunung und im schlimmeren Fall für das Auslösen des Hautkrebses verantwortlich sind.

Für die UV-Strahlungssensoren gibt es über den Bibliotheksmanager der Arduino-IDE verschiedene Libraries, z. B. von Adafruit oder SparkFun. Eine Einführung zum VEML6070 am Raspberry Pi gibt z. B. [23], ein UV-A-Index-Meter mit dem Arduino findet sich unter [24].

### Feuer! Der Flammendetektor kann mehr

Ein Flammendetektor, Bild 12 zeigt das Breakout von Waveshare, ist eigentlich nur ein auf den Infrarotbereich 760 bis 1100 nm spezialisierter IR-Sensor, der eine erkannte Wärmestrahlung über einen analogen Ausgang als Wert oder einen digitalen Ausgang nach Erreichen eines Schwellwertes meldet. Für letzteren hat er einen in der Schaltschwelle einstellbaren Komparator an Bord.

Damit kann er nicht nur eine ungewöhnliche Wärmeabstrahlung z. B. einer Flamme, erkennen, er ist auch für allgemeine Aufgaben der IR-Detektierung einsetzbar. Man kann IR-Quellen, z. B. das Ausgangssignal von Fernbedienungen detektieren und über den Analogausgang sogar entschlüsseln, aber auch moderne Stromzähler mit IR-Leuchtdiode als Zählgeber auslesen. Hier bemüht man den Digitalausgang. Auf der Waveshare-Seite [25] ist dazu, inklusive Wiki, alles gesammelt, was man für die eigene Anwendung benötigt, darunter erste Programme für Arduino und STM32.

### Umgebungselligkeit erkennen und analysieren – Ambient Light Sensor OPT3001

Die letzte Sensorart aus der Reihe der Umweltsensoren, die wir hier aufführen, ist der Umgebungslichtsensor. Wir lassen hier die ganz einfache Lichterkennung über einen Fotowiderstand oder einen Fototransistor außen vor und betrachten stattdessen den modernen digitalen Lichtsensor OPT3001 (Bild 13), für den ELV ein Breakout-Board samt kompletter Software-Suite (inkl. Library) anbietet [26].

Der OPT3001 stammt von Texas Instruments. Er ist ein speziell an das vom menschlichen Auge erfassbare Lichtspektrum angepasster digitaler Sensor mit I<sup>2</sup>C-Schnittstelle und einem sehr weiten Erfassungsbereich bis 83 kLux. Damit ist er äußerst universell einsetzbar, etwa auch in einer Wetterstation oder einem Smart Home Lichtsensor zur Steuerung von helligkeitsabhängigen Prozessen.


**OPT3001**


Bild 13: Der Lichtsensor OPT3001

Anschlussbelegung	
VCC	Betriebsspannung
SCL	I <sup>2</sup> C-SCL (Clock)
SDA	I <sup>2</sup> C-SDA (Data)
GND	Masse
INT	Interrupt output, open-drain
Messbereich	0,01 Lux bis 83 kLux
Interface	I <sup>2</sup> C, Adresse änderbar
Betriebsspannung	1,8–5 V

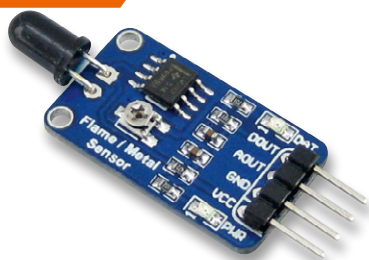
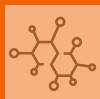

**Waveshare**


Bild 12: Der Flammensensor von Waveshare. Bild: Waveshare

Anschlussbelegung	
VCC	Betriebsspannung
GND	Masse
AOUT	Analoger Ausgang
DOUT	Digitaler Ausgang
Detektion	IR, 760–1100 nm
Detektionswinkel	60 Grad
Interface	Analog/digital/Schwellwert einstellbar
Betriebsspannung	3,3–5 V



In komplexen Wetterstationssensoren wie dem Homematic IP Funk-Wettersensor HmIP-SWO-PR Pro wirken zahlreiche Umwelt- und Klimasensoren zusammen – für eine komplette Beurteilung der örtlichen Wetterlage und die weitere Nutzung der Sensorwerte, z. B. in der Hausautomation.





## Weitere Infos:

- [1] Arduino-Library zum DS18B20: [github.com/milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library](https://github.com/milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library)
- [2] Arduino-Einstiegsbeispiel:  
[create.arduino.cc/projecthub/TheGadgetBoy/ds18b20-digital-temperature-sensor-and-arduino-9cc806](https://create.arduino.cc/projecthub/TheGadgetBoy/ds18b20-digital-temperature-sensor-and-arduino-9cc806)
- [3] Einführung zum Raspberry Pi: [www.netzmafia.de/skripten/hardware/RasPi/Projekt-Onewire/index.html](http://www.netzmafia.de/skripten/hardware/RasPi/Projekt-Onewire/index.html)
- [4] ESP8266-Projekt mit DS18B20:  
[www.hackster.io/adachsoft\\_com/esp8266-temperature-sensors-ds18b20-with-http-server-5509ac](http://www.hackster.io/adachsoft_com/esp8266-temperature-sensors-ds18b20-with-http-server-5509ac)
- [5] SHT11-Applikation für Arduino: [arduinolearning.com/code/arduino-sht11-example.php](http://arduinolearning.com/code/arduino-sht11-example.php)
- [6] Überblick, Applikation DHT11/DHT22: [learn.adafruit.com/dht](http://learn.adafruit.com/dht)
- [7] DHT11-/BMP180-Applikation mit ESP32: ESP32 – WLAN und Webserver in MicroPython – Bestell-Nr. 251238, S. 38 ff.
- [8] Beschreibung SHT20 für PAD4: Prototypen-Adapter PAD4 – Digitale Bauteile –  
kostenloser Fachbeitrag unter der Bestell-Nr. 251236
- [9] Arduino-Programmbeispiel zum SHT20:  
[arduinolearning.com/code/sht20-temperature-sensor-and-arduino-example.php](http://arduinolearning.com/code/sht20-temperature-sensor-and-arduino-example.php)
- [10] ESP8266-Programmbeispiel zum SHT20:  
[www.esp8266learning.com/sht20-temperature-and-humidity-sensor-and-esp8266.php](http://www.esp8266learning.com/sht20-temperature-and-humidity-sensor-and-esp8266.php)
- [11] BMP180-Arduino-Programmierbeispiel:  
[arduinolearning.com/code/bmp180-barometric-pressure-sensor-example.php](http://arduinolearning.com/code/bmp180-barometric-pressure-sensor-example.php)
- [12] BMP180-Raspberry Pi-Programmierbeispiel:  
[tutorials-raspberrypi.de/raspberry-pi-und-i2c-luftdrucksensor-bmp180/](http://tutorials-raspberrypi.de/raspberry-pi-und-i2c-luftdrucksensor-bmp180/)
- [13] MQx-Übersicht: [playground.arduino.cc/Main/MQGasSensors/](http://playground.arduino.cc/Main/MQGasSensors/)
- [14] MQxx-Gassensoren am Raspberry Pi:  
[tutorials-raspberrypi.de/raspberry-pi-gas-sensor-mq2-konfigurieren-und-auslesen/](http://tutorials-raspberrypi.de/raspberry-pi-gas-sensor-mq2-konfigurieren-und-auslesen/)
- [15] Feinstaubsensor Sharp GP2Y1010AU0F. [www.waveshare.com/dust-sensor.htm](http://www.waveshare.com/dust-sensor.htm)
- [16] Application Guide zum GP2Y1010/1014AU0F:  
[github.com/sharpsensoruser/sharp-sensor-demos/wiki/Application-Guide-for-Sharp-GP2Y1014AU0F-Dust-Sensor](https://github.com/sharpsensoruser/sharp-sensor-demos/wiki/Application-Guide-for-Sharp-GP2Y1014AU0F-Dust-Sensor)
- [17] GP2Y1010AU0F mit dem ESP8266: [www.esp8266learning.com/wemos-dust-sensor-example.php](http://www.esp8266learning.com/wemos-dust-sensor-example.php)
- [18] Sensirion SPS30-Libraries:  
[github.com/Sensirion/arduino-sps](https://github.com/Sensirion/arduino-sps)  
[github.com/paulvha/sps30](https://github.com/paulvha/sps30)
- [19] Sensirion SPS30 am Raspberry Pi:  
[github.com/Sensirion/embedded-uart-sps/blob/master/docs/getting-started-on-the-raspberry-pi.md](https://github.com/Sensirion/embedded-uart-sps/blob/master/docs/getting-started-on-the-raspberry-pi.md)
- [20] Der MLX90614 – Waveshare-Seite:  
[www.waveshare.com/wiki/Infrared\\_Temperature\\_Sensor#RAM\\_registers\\_of\\_MLX90614](http://www.waveshare.com/wiki/Infrared_Temperature_Sensor#RAM_registers_of_MLX90614)
- [21] Mini-Wärmebildkamera mit dem MLX90614:  
[lookmanowire.blogspot.com/search/label/Thermal%20Cam](http://lookmanowire.blogspot.com/search/label/Thermal%20Cam)
- [22] IR-Thermometer mit dem MLX90614:  
[www.instructables.com/id/Arduino-Based-Non-Contact-Infrared-Thermometer-IR/](http://www.instructables.com/id/Arduino-Based-Non-Contact-Infrared-Thermometer-IR/)
- [23] VEML6070 am Raspberry Pi:  
[www.raspberry-pi-geek.de/ausgaben/rpg/2019/10/i-2-c-workshop-teil-27-uv-sensor-modul-veml6070/](http://www.raspberry-pi-geek.de/ausgaben/rpg/2019/10/i-2-c-workshop-teil-27-uv-sensor-modul-veml6070/)
- [24] VEML6070 am Arduino:  
[maker.pro/arduino/projects/how-to-build-an-arduino-uv-index-meter-with-a-veml6070](http://maker.pro/arduino/projects/how-to-build-an-arduino-uv-index-meter-with-a-veml6070)
- [25] Flammensensor bei Waveshare: [www.waveshare.com/wiki/Flame\\_Sensor](http://www.waveshare.com/wiki/Flame_Sensor)
- [26] Ambient Light Sensor OPT3001:  
[de.elv.com/elv-lichtsensor-opt3001-mit-ic-schnittstelle-i2c-ls-komplettbausatz-152106](http://de.elv.com/elv-lichtsensor-opt3001-mit-ic-schnittstelle-i2c-ls-komplettbausatz-152106)

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

ab S. 120

Gesten erkennen,  
Distanzen und  
Bewegungen erfassen

ab S. 124

Rot – Grün – Blau:  
Farbsensoren

ab S. 126

Lage- und  
Richtungserkennung,  
Beschleunigungsmessung

ab S. 128

Biometrische und  
Health-Sensoren

# Gesten erkennen, Distanzen und Bewegungen erfassen



Das Erkennen und Differenzieren von Handbewegungen (Gesten) ist eine relativ komplexe Sensorfunktion. Die meisten aktuellen Sensoren arbeiten dabei als sogenannte Time-of-Flight- bzw. Proximity-Sensoren, also Näherungssensoren, und zwar als optoelektronische, Ultraschallsensoren, kapazitive und induktive Sensoren. Für das Erkennen von Handbewegungen werden optoelektronische Sensoren eingesetzt, die das Aussenden eines Infrarot-Lichtstrahls mit einem ebensolchen Detektor-Array mit vorgesetzter Optik verbinden. Dabei misst der IR-Detektor in schneller Folge die Reflektion des IR-Lichtstrahls an einem bewegten Gegenstand und ermittelt über die Lichtverteilung auf dem Array, in welche Richtung sich der angestrahlte Gegenstand bewegt.

## Proximity-/ToF-Sensoren PAJ7620U2, VL53L1X und Si1143

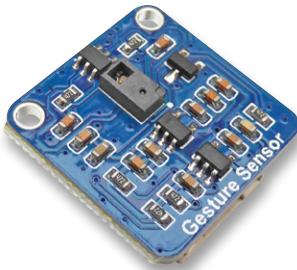
Derzeit wird der PAJ7620U2 von PixArt Imaging auf zahlreichen Breakout-Boards angeboten, etwa von Waveshare (Bild 14) oder von SeeedStudio als Bestandteil des Grove-Modulsystems [27], [28]. Der PAJ7620U2 verfügt über ein 60x60-Pixel-IR-Empfänger-Array mit vorgesetzter Optik und eine IR-Lichtquelle.

Infrarot deshalb, damit die Sensorik nicht von Tageslicht oder anderen Lichtquellen mit sichtbarem Licht gestört wird. Die Immunität gegen Umgebungslicht beträgt immerhin bis zu 100 kLux. Er kann in zwei Geschwindigkeiten bei der Gestenerkennung genutzt werden, im „Normalmodus“ beträgt die Reaktionsgeschwindigkeit 60°/s bis 600°/s, im „Gaming-Modus“ wird bis zu 1200°/s bei einer Erfassungsrate von 240 Hz und einem Erkennungswinkel von 60 Grad erreicht.

Eine Arduino-Library nebst Programmbeispielen findet sich bei [27] und [28] sowie in [29], weitere Programmbeispiele für Arduino und ESP32 im Arduino-Projekt Hub [30] und unter [31].

Einen deutlich größeren Erfassungsbereich weist der „Long-distance ranging time-of-flight (ToF) sensor“ VL53L1X von STMicroelectronics (Bild 15) auf.

Er basiert auf einem patentierten System aus IR-Laser, IR-Filtern, und einem mit einer integrierten Optik ausgeführten Array aus 16x16 „SPAD“, das sind extrem kleine lichtempfindliche Avalanche-Dioden (single photon avalanche diode), deren Trumpf die Reaktionsschnelligkeit und die sichere Erfassung von Licht auch mit sehr geringen Strahlungsleistungen, eben einem Photon, ist. Der Sensor weist dann auch eine hohe Erfassungsrate von bis zu 50 Hz und eine Erfassungsreichweite von bis zu 4 m auf.



Anschlussbelegung	
VDD	Betriebsspannung
GND	Masse
SDA	I <sup>2</sup> C-SDA (Data)
SCL	I <sup>2</sup> C-SCL (Clock)
INT	External interrupt pin

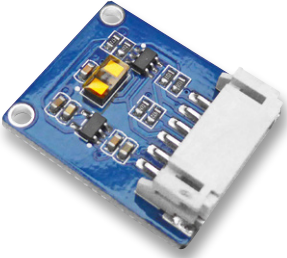
  

Erfassungsbereich	5 bis 15 cm
Erfassungsrate	240 Hz
Erfassungswinkel	60 Grad
Interface	I <sup>2</sup> C
Betriebsspannung	3,3/5 V

*Bild 14: Der Gestensensor PAJ7620U2*

Bei diesem Sensor muss man noch recht nahe mit den Fingern/Händen heran, er hat einen Erfassungsbereich von 5 bis 15 cm.

Er kann neun typische Gesten erfassen: hoch/herunter/links/rechts/vorwärts/rückwärts/im und gegen den Uhrzeigersinn und wellenförmige Bewegung. Die Kommunikation der Breakout-Boards erfolgt über I<sup>2</sup>C.



Anschlussbelegung	
VDD	Betriebsspannung
GND	Masse
SDA	I <sup>2</sup> C-SDA (Data)
SCL	I <sup>2</sup> C-SCL (Clock)
SHUT	Shutdown in
INT	GPIO/Interrupt out

Erfassungsbereich	4 cm bis 4 m
Erfassungsrate	50 Hz
Erfassungswinkel	27 Grad
Interface	I <sup>2</sup> C
Betriebsspannung	3,3/5 V

*Bild 15: Der Gesten-/Distanzsensor VL53L1X*





Dabei sind Einflüsse wie die Farbe des Ziels als auch dessen Reflexionsgrad weitgehend unerheblich. Das in [Bild 15](#) gezeigte Waveshare-Breakout-Modul dockt mit einer I<sup>2</sup>C-Schnittstelle an den auswertenden Mikrocontroller an. Zusätzliche I/O-Pins erlauben die Steuerung der Aktivierung des Sensors. Der VL53L1X hat sich als Standardabstandssensor in vielen modernen Geräten wie Staubsaugerrobotern, Personenzähl- und Erfassungsgeräten, Drohnen (zur Start- und Landeunterstützung und Kollisionsvermeidung), als Gestensensor im Smart Home und in Autofokus-Systemen von Kameras durchgesetzt.

Unter [\[32\]](#) sind alle wichtigen Informationen sowie Demoapplikationen zu finden, in [\[33\]](#) steht eine ausführliche Vorstellung des Arbeitsprinzips inklusive Applikationsbeispielen für Arduino und Raspberry Pi zur Verfügung, und in [\[34\]](#) gibt es eine Arduino-Library zum Sensor.

ELV hat zum Thema Gestenerkennung ein schnell auf einem Arduino einsetzbares Shield [\[35\]](#), den Gesten-LED-Dimmer GLD1 ([Bild 16](#)) mit dem Si1143 von SiLabs (inzwischen abgelöst durch den Si1153), im Programm. Dieser Sensor registriert die zeitlich gestaffelte Aussendung dreier IR-LEDs mit integrierten Fotodioden und bildet daraus die Werte für Bewegungsrichtung und Entfernung der Hand.



### Si1143

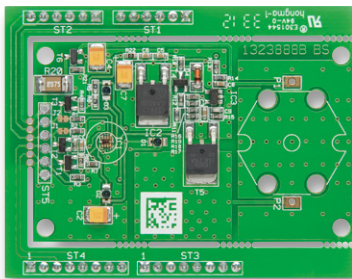


Bild 16: Der Gestensensor GLD1 von ELV als Arduino-Shield mit dem Si1143

#### Anschlussbelegung (Arduino-Shield, ST5)

<b>VDD</b>	Betriebsspannung
<b>SDA</b>	I <sup>2</sup> C-SDA (Data)
<b>SCL</b>	I <sup>2</sup> C-SCL (Clock)
<b>INT</b>	Interrupt
<b>LED</b>	LED-KSQ ein/aus
<b>GND</b>	Masse

<b>Erfassungsbereich</b>	>1 cm bis 2 m
<b>IR-Wellenlänge</b>	850 nm
<b>Interface</b>	I <sup>2</sup> C
<b>Betriebsspannung</b>	1,71–3,6 V

### Distanzmessung mit Ultraschall

Technisch deutlich einfacher und unaufwendiger aufgebaut sind Ultraschall-Abstandssensoren. Das im Mikrocontrollerbereich wohl am meisten eingesetzte Modul ist das bekannte HC-SR04 ([Bild 17](#)), bei ELV unter [\[36\]](#) mit Applikationsbeispielen für Arduino und Raspberry Pi zu finden.

Das Messprinzip ist sehr einfach: Ein Ultraschallgeber sendet einen kurzen Ultraschallimpuls, üblich sind hier 10 µs mit 40 kHz, aus. Trifft dieser auf ein Hindernis, wird der Schall reflektiert und vom Ultraschallempfänger auf dem Modul empfangen, der es bereits als direkt auswertbares PWM-Signal ausgibt.

Aus der Laufzeit vom Aussenden des Impulses bis zum Empfangen errechnet der Mikrocontroller die Entfernung. Diese Sensoren erreichen eine Entfernungserfassung bis zu einigen Metern, die Auflösung ist mit ca. 1 cm recht gut, der Erfassungsbereich beträgt je nach Messentfernung 15 bis 45 Grad.

Prinzipiell kann man diesen Sensor auch für eine Bewegungserkennung und die Erfassung der Geschwindigkeit bewegter Objekte einsetzen, hier stößt aber die Verwendung des Luftschalls schnell an Grenzen, da sind andere Sensoren besser geeignet.

### HC-SR04

Ultraschall

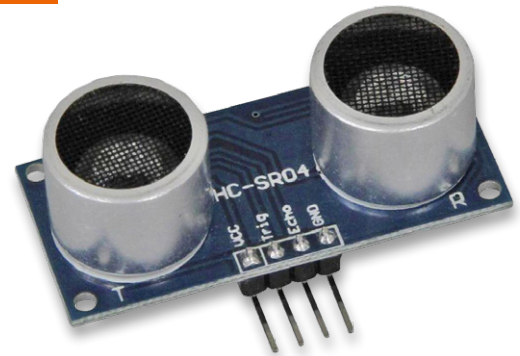


Bild 17: Der Ultraschallsensor HC-SR04

#### Anschlussbelegung

<b>VDD</b>	Betriebsspannung
<b>TRIG</b>	Triggereingang
<b>ECHO</b>	Messsignal, PWM
<b>GND</b>	Masse

<b>Erfassungsbereich</b>	3 cm bis 4 m
<b>Auflösung</b>	1 cm
<b>Messgenauigkeit</b>	Max. Abweichung 0,3 mm
<b>Erfassungswinkel</b>	15 bis 45 Grad
<b>Interface</b>	Triggereingang/PWM-Ausgang
<b>Betriebsspannung</b>	5 V

### Präzise erfassen mit Doppler-Radar

Radarsensoren sind das Mittel der Wahl, wenn man Entfernungen, Geschwindigkeiten und Bewegungen (auch durch einige Materialien hindurch) erkennen und auswerten will. Sie arbeiten nach dem Doppler-Prinzip: Es wird ein Messsignal in einem hohen Frequenzbereich ausgesendet.

Wird dieses an einem Hindernis reflektiert und zurückgeworfen, trifft es auf den Empfänger. Aus der unterschiedlichen Laufzeit bei Annäherung oder Entfernung bzw. Bewegung des Ziels, die als Frequenzänderung erfasst wird, registriert das System je nach Aufwand auf der Auswertungsseite eine Bewegung des Ziels, dessen Geschwindigkeit und Richtung.

Den Doppler-Effekt kann man übrigens einfach anhand eines herannahenden bzw. sich entfernenden Einsatzfahrzeugs mit Sirene nachvollziehen: Nähert sich das Fahrzeug, wird der Ton scheinbar höher, entfernt es sich, wird er tiefer. Sehr aufwendige und mit eigener Intelligenz kombinierte Radarsensoren arbeiten mit sehr hohen Frequenzen, etwa im 24-GHz-Band.

Sie sind dann auch für echte Geschwindigkeits- und Abstandsmessung einsetzbar, etwa das BGT24LTR11-Modul ([Bild 18](#)) von SeeedStudio [\[37\]](#). Mit den dort gebotenen Programmbeispielen und dem erläuterten Protokoll kann man z. B. eine Geschwindigkeitsmessung eines bewegten Objekts realisieren.

ab S. 124

Rot – Grün – Blau:  
Farbsensoren

ab S. 126

Lage- und  
Richtungserkennung,  
Beschleunigungsmessung

ab S. 128

Biometrische und  
Health-Sensoren

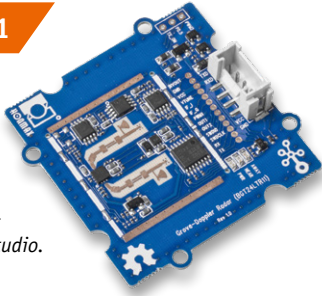

**BGT24LTR11**


Bild 18: Der Radarsensor BGT24LTR11 von SeeedStudio.  
Bild: SeeedStudio

**Anschlussbelegung (Grove Interface)**

<b>TX</b>	UART-Senderichtung
<b>RX</b>	UART-Empfangsrichtung
<b>VDD</b>	Betriebsspannung
<b>GND</b>	Masse

<b>Frequenzband</b>	24 GHz
<b>Erfassungswinkel</b>	H: 65 Grad/V: 22 Grad
<b>Interface</b>	UART/proprietär
<b>Betriebsspannung</b>	3,3–5 V

Weniger aufwendige Radarmodule sind hingegen auf die einfache Erkennung von Bewegungen des Zielobjektes reduziert. Solche Technik finden wir in der Haustechnik (Radarsensor für das automatische Schalten des Raumlichts) oder als Sensor für automatische Türöffner. Der Vorteil gegenüber dem Infrarot-Sensor, auf den wir noch kommen, ist der, dass die Erfassung nicht auf wärmeabstrahlende Objekte beschränkt ist, sondern alle bewegten Objekte erkennt, und das auch durch zahlreiche Materialien wie Glas, Holz, leichte Wände etc. hindurch.

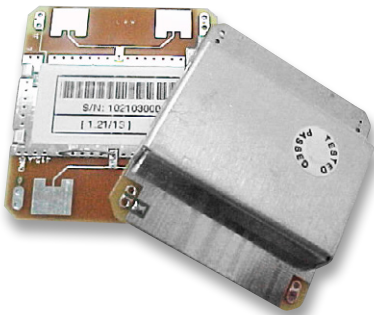

**HB100**


Bild 19: Der Radarsensor HB100 von AgilSense. Bild: AgilSense

**Anschlussbelegung**

<b>VDD</b>	Betriebsspannung
<b>GND</b>	Masse
<b>IF</b>	Signalinterface

<b>Frequenzband</b>	10 GHz
<b>Erfassungswinkel</b>	H: 80°/V: 40°
<b>Interface</b>	Doppler Shift/ Spannung
<b>Betriebsspannung</b>	5 V

Mit derartigen Sensoren ausgestattete Geräte haben damit den Vorteil, dass sie verdeckt und geschützt im Inneren von Gebäuden oder in Leuchten installierbar sind. Auch die schnelle Erkennung, wenn man sich bereits einer Tür nähert, ist oft von Vorteil – das Licht ist eben schon an, wenn man den Raum oder die erste Kellertreppenstufe betritt.

Kleine Radarmodule werden in großer Vielzahl angeboten, jedoch muss man die hierfür zugelassenen ISM-Frequenzbereiche für das Einsatzland beachten. Eine Übersicht dazu gibt es bei der Bundesnetzagentur [38]. So gibt es etwa das HB100 von AgilSense (Bild 19), das im 10-GHz-Band arbeitet, oder das HFS-DC06 (5,8 GHz).

Eine interessante Applikation zur Geschwindigkeitsmessung mit dem HB100 und einem Arduino ist im Mosfetkiller-Forum [39] beschrieben. Eine ähnliche Applikation mit dem IPM-165 von InnoSent (24 GHz) ist in [40] zu finden.

**PIR – der Klassiker**

Er ist der Klassiker unter den Bewegungssensoren – der passive Infrarot-Sensor (PIR). Er erfasst die Veränderung der Wärmestrahlung vor dem Sensor und damit bewegte Objekte, die eine gegenüber dem Hintergrund abweichende Wärmestrahlung aufweisen. Diese Sensoren gibt es in großer Vielzahl, vom einfachen PIR-Modul wie dem PIR-13 von ELV (Bild 20) bis zum komplexeren Sensor für Präsenzmelder, deren Technik ausführlich in [41] erläutert ist.


**PIR13**


Bild 20: Der PIR-Sensor PIR13 von ELV

**Anschlussbelegung**

<b>VDD</b>	Betriebsspannung
<b>GND</b>	Masse
<b>OC</b>	Schaltausgang Open Collector

<b>Erfassungsbereich</b>	Bis 4 m
<b>Erfassungswinkel</b>	90 Grad
<b>Interface</b>	Open Collector
<b>Betriebsspannung</b>	5–24 V

**Infrarot-Reflexkoppler und Lichtschranken**

Wie der PIR sind auch diese Sensoren aus unserem Alltag kaum wegzu-denken – kleine Infrarot-Sensoren, die etwa als Reflexkoppler in Tür-/ Fenstersensoren, Abstandssensoren oder als Steuerungselemente für Roboter arbeiten oder als Lichtschranke (Bild 21) das Unterbrechen oder Öffnen einer überwachten Luftstrecke melden.

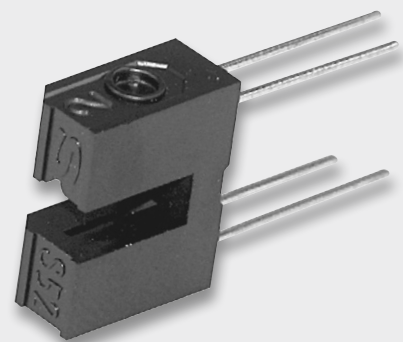



Bild 21: Typische Bauform einer Gabellichtschranke, hier die GP1A57HRJ00F von Sharp



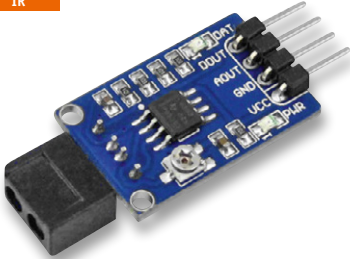


Bild 22 zeigt einen typischen Reflexkoppler auf einem Breakout-Board [42]. Hier ergänzt den Reflexkoppler mit seinem analogen Ausgang ein in der Signalempfindlichkeit einstellbarer Komparator, der bei Ansprechen des Sensors ein Digitalsignal ausgibt. Auch hier gibt es ausführliche Erklärungen und Softwarebeispiele dazu.



IR

TCRT5000



Anschlussbelegung	
<b>VCC</b>	Betriebsspannung
<b>GND</b>	Masse
<b>AOUT</b>	Analoger Ausgang
<b>DOUT</b>	Digitale Ausgang
<b>Detektion</b>	IR
<b>Interface</b>	Analog/digital/ seriell/Schwellwert bzw. Distanz einstellbar
<b>Betriebsspannung</b>	3–5 V

Bild 22: Reflexkoppler-Breakout-Board mit dem Koppler TCRT5000. Bild: Waveshare



PIR-Sensoren findet man in vielfältiger Form, hier mit flacher Linse im Homematic IP Bewegungsmelder HmIP-SMI55 mit 2-Kanal-Funksender.



## Weitere Infos:

- [27] Gestensensor PAJ7620U2 bei Waveshare inkl. Wiki und Applikation: [www.waveshare.com/PAJ7620U2-Gesture-Sensor.htm](http://www.waveshare.com/PAJ7620U2-Gesture-Sensor.htm)
- [28] Gesensensor PAJ7620U2 bei SeeedStudio inkl. Wiki und Applikation: [wiki.SeedStudiostudio.com/Grove-Gesture\\_v1.0/](http://wiki.SeedStudiostudio.com/Grove-Gesture_v1.0/)
- [29] Arduino-Library für PAJ7620U2: [github.com/SeeedStudio-Studio/Gesture\\_PAJ7620/tree/master/examples/paj7620\\_9gestures](https://github.com/SeeedStudio-Studio/Gesture_PAJ7620/tree/master/examples/paj7620_9gestures)
- [30] PAJ7620U2 im Arduino Project Hub: [create.arduino.cc/projecthub/SurtrTech/hand-gesture-recognition-sensor-paj7620-9be62f](https://create.arduino.cc/projecthub/SurtrTech/hand-gesture-recognition-sensor-paj7620-9be62f)
- [31] PAJ7620U2 am ESP32. mit Servoansteuerung: [tutorial.cytron.io/2019/11/13/control-servo-with-gesture-using-esp32-and-arduino/](https://tutorial.cytron.io/2019/11/13/control-servo-with-gesture-using-esp32-and-arduino/)
- [32] VL53L1X bei Waveshare: [www.waveshare.com/wiki/VL53L1X\\_Distance\\_Sensor#Introduction](http://www.waveshare.com/wiki/VL53L1X_Distance_Sensor#Introduction)
- [33] VL53L1X im Maker Portal: [makersportal.com/blog/2019/4/10/arduino-vl53l1x-time-of-flight-distance-measurement](https://makersportal.com/blog/2019/4/10/arduino-vl53l1x-time-of-flight-distance-measurement)
- [34] VL53L1X Arduino-Library auf Github: [github.com/stm32duino/VL53L1X](https://github.com/stm32duino/VL53L1X)
- [35] Gesten-LED-Dimmer GLD1 von ELV: ELVjournal Fachbeitrag unter der Bestell-Nr. 203664, Bausatz erhältlich unter der Bestell-Nr. 130225
- [36] Ultraschall-Abstandssensormodul HC-SR04 – Artikel erhältlich unter der Bestell-Nr. 122121
- [37] SeeedStudio Grove BGT24LTR11-Modul: [wiki.SeedStudiostudio.com/Grove-Doppler-Radar/](http://wiki.SeedStudiostudio.com/Grove-Doppler-Radar/)
- [38] ISM-Frequenzuteilung Bewegungsmelder: [www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/Allgemeinuteilungen/2008\\_37\\_Bewegungsmelder\\_pdf](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Allgemeinuteilungen/2008_37_Bewegungsmelder_pdf)
- [39] Doppler-Radar/Bewegungsmelder mit dem HB100: [forum.mosfetkiller.de/viewtopic.php?f=6&t=64444](http://forum.mosfetkiller.de/viewtopic.php?f=6&t=64444)
- [40] Doppler-Radar mit IPM-165: [www.hjberndt.de/soft/radar/index.html](http://www.hjberndt.de/soft/radar/index.html)
- [41] Bewegungs- und Präsenzmelder – Technik und Einsatz: ELVjournal 5/2019, S. 78 ff.
- [42] IR-Reflexkoppler-Breakout: [www.waveshare.com/Infrared-Reflective-Sensor.htm](http://www.waveshare.com/Infrared-Reflective-Sensor.htm)

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

ab S. 124

Rot – Grün – Blau:  
Farbsensoren

ab S. 126

Lage- und  
Richtungserkennung,  
Beschleunigungsmessung

ab S. 128

Biometrische und  
Health-Sensoren

# Rot – Grün – Blau: Farbsensoren



Gerade in industriellen Automatisierungsumgebungen sind unendlich viele Sensoren im Einsatz, die Informationen auswerten, so auch solche, die Gegenstände nach Farben differenzieren können. Auch in bestimmten Messgeräten, wie zum Beispiel dem Farb-Spektrometer RGBW200 von ELV [43], arbeiten diese Sensoren.

Im RGBW200 ist der VEML6040 von Vishay verbaut, für Selbstbauprojekte ist dieser winzige Sensor auch als Breakout-Board (Bild 23) verfügbar. Sein Aufbau und die Funktion sind in [43] ausführlich erläutert, für Selbstbauprojekte sei auf die Arduino-Library bei Github [44] und das ESP8266-Projekt unter [45] verwiesen. Auch er kommuniziert per I<sup>2</sup>C.

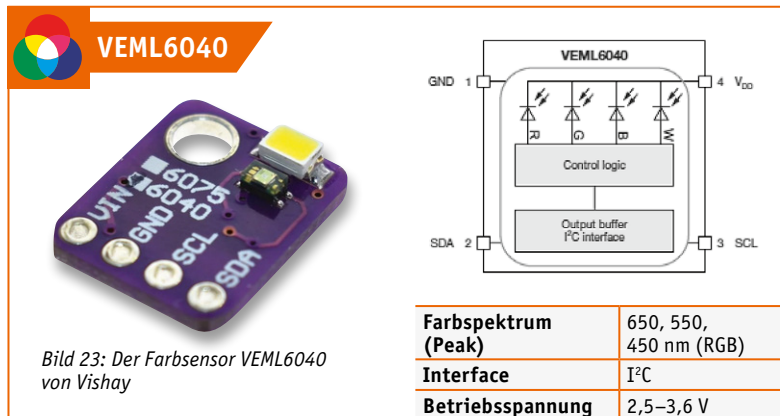


Bild 23: Der Farbsensor VEML6040 von Vishay

Ein weiterer, sehr verbreiteter Farbsensor ist der TCS3200 (Bild 24) von Ams, den es ebenfalls als Breakout-Modul gibt. Er ist ein sogenannter programmierbarer Lichtintensität-zu-Frequenz-Konverter, an dem sich die Funktionsweise eines solchen Sensors besonders gut nachvollziehen lässt.

Sieht man sich die Vergrößerung der Struktur des Chips an, so findet man ein Array aus 8 x 8 Fotodioden, jeweils 16 mit rotem, grünem und blauem Farbfilter, und 16 ohne Farbfilter. Über die Programmier-Pins S2/S3 schaltet der steuernde Mikrocontroller im Messverlauf der Reihe nach eine dieser Gruppen aktiv. Der über das Array sich ergebende jeweilige Messwert für die Farbanteile Rot, Grün und Blau wird in eine Frequenz umgesetzt, die am über den Output-Enable-Pin freizuschaltenden Ausgang des Sensors erscheint.

Die Pins S0 und S1 erlauben eine Skalierung der Ausgangsfrequenz, um den Sensor an die Möglichkeiten des jeweiligen Mikrocontrollers anzupassen. Dieser setzt die vom Sensor übergebene Frequenz in eine Anzeige oder andere Ausgaben um. Die auf den Breakouts vorhandenen weißen LEDs sorgen für eine intensive gleichmäßige Beleuchtung des Messobjekts, um Fremdlichtstörungen zu begrenzen. Beispiele für die Anwendung sind unter [46], [47], [48] und [49] zu finden.

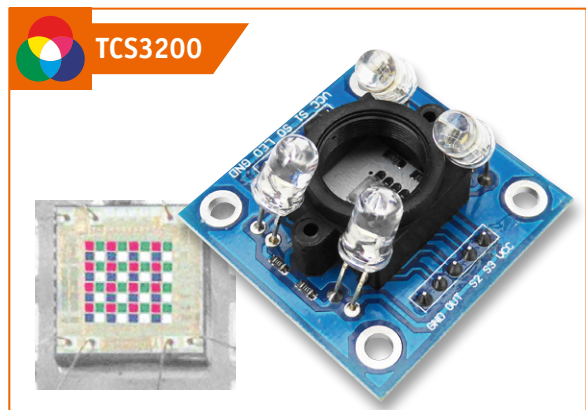


Bild 24: Der Farbsensor TCS3200 von Ams. Links ist die Aufteilung der Fotodioden im Array zu sehen.

#### Anschlussbelegung Sensor

S0	Frequenzteiler	
S1	Frequenzteiler	
OE	Ausgang aktiv	
GND	Masse	
VDD	Betriebsspannung	
OUT	Ausgang Frequenz	
S2	Fotodioden-Auswahl	
S3	Fotodioden-Auswahl	

<b>Kanäle/Array</b>	RGBW/8 x 8
<b>Interface</b>	Digital, Frequenz
<b>Betriebsspannung</b>	2,7–5 V

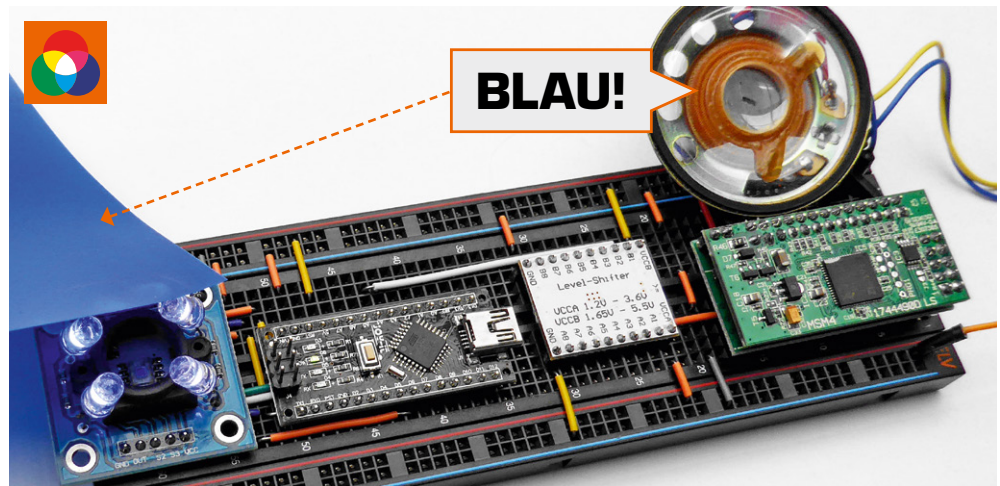
Letzteres Beispiel kann man sehr gut zu einem Farbansage-Gerät modifizieren, wie es Sehbehinderte benutzen, um Farben zu identifizieren.

Dazu aktiviert man für die Ausgabe der jeweils erkannten Farbe einen Ausgabeport des Controllers, dieser steuert über einen Pegelwandler, hier den aus dem ELV PAD4-Set, die Low-aktiven Eingänge des MP3-Players MSM4 an, auf dem die Ansagen zu den



einzelnen Farben gespeichert sind. **Bild 25** zeigt den Musteraufbau, der mit dem PAD-System von ELV entstanden ist.

*Bild 25: Mit einem Sprachausgabemodul wie dem MSM4 kann man sich ein sprechendes Farberkennungssystem selbst bauen. Bei diesem Aufbau haben wir auf die innere Stiftleiste des MSM4 eine Buchsenleiste gesetzt, um das MSM4 auf dem Steckboard platzieren zu können, und die beiden Kontakt für +UB und Lautsprecherminus einzeln belegt. Der Rest der äußeren Stiftleiste ist durchgehend mit GND belegt und nicht auf das Steckboard gesteckt.*



## Weitere Infos:

- [43] Farb-Spektrometer RGBW200: ELVjournal Fachbeitrag unter der Bestell-Nr. 250184, S. 38 ff., Komplettbausatz erhältlich unter der Bestell-Nr. 152503
- [44] Arduino-Library zum VEML6040: [github.com/thewknd/VEML6040](https://github.com/thewknd/VEML6040)
- [45] ESP8266 und VEML6040: [www.esp8266learning.com/veml6040-color-sensor-and-esp8266.php](http://www.esp8266learning.com/veml6040-color-sensor-and-esp8266.php)
- [46] TCS3200-Breakout und Wiki bei Waveshare: [www.waveshare.com/wiki/Color\\_Sensor](http://www.waveshare.com/wiki/Color_Sensor)
- [47] TCS3200 – serielle Farbwertausgabe und Farbsortiermaschine: [howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-color-sensing-tutorial-tcs230-tcs3200-color-sensor/](http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-color-sensing-tutorial-tcs230-tcs3200-color-sensor/)  
[howtomechatronics.com/projects/arduino-color-sorter-project/](http://howtomechatronics.com/projects/arduino-color-sorter-project/)
- [48] TCS3200 – Ausgabe mit LEDs: [funduino.de/nr-07-farbsensor-am-arduino](http://funduino.de/nr-07-farbsensor-am-arduino)  
Sensoren und Prototypen-Adapter im ELV Shop
- [49] TCS3200 im Arduino.cc Projekthub: [create.arduino.cc/projecthub/mjrobot/arduino-color-detection-57e4ce](https://create.arduino.cc/projecthub/mjrobot/arduino-color-detection-57e4ce)

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



*Farbsensoren kann man vielfältig einsetzen, so z. B. zur Erkennung von Farben. Auch Kamerasensoren lassen sich hierfür nutzen, hier stilisiert anhand der Farberkennungs-App „ViaOpta“ von Novartis.*

ab S. 126

Lage- und  
Richtungserkennung,  
Beschleunigungsmessung

ab S. 128

Biometrische und  
Health-Sensoren

# Lage- und Richtungserkennung, Beschleunigungsmessung



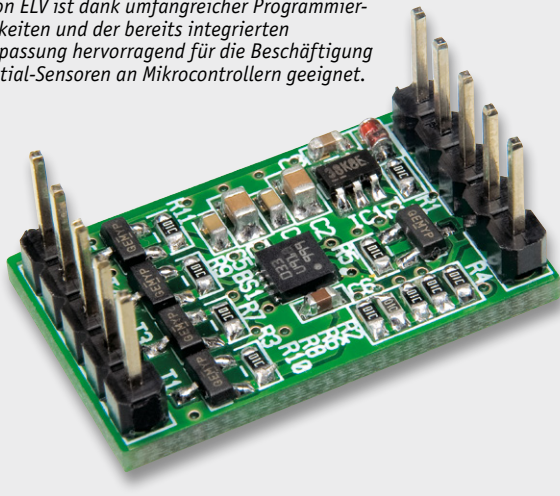
IMU heißt „inertial measurement unit“ und definiert eine Klasse von komplexen Sensoren, die aus einer Kombination mehrerer, meist MEMS-basierter Beschleunigungssensoren und Drehratensensoren bestehen, die Bewegungen in der X-, Y- und Z-Achse erfassen. Zumeist sind diese Sensoren auch mit einem Kompasssensor kombiniert. Solche Sensoren finden sich z. B. in jedem Smartphone, sie sind essenzieller Bestandteil von Flugmodellsteuerungen, insbesondere bei Drohnen.

Für den Elektroniker bieten IMUs ein vielseitiges Betätigungsfeld – im Modellbau, in der Robotertechnik, für selbstfahrende, sich selbst ausbalancierende Modelle, für die Lageerkennung von Gegenständen, für den Selbstbau von Messgeräten wie z. B. einer Wasserwaage mit Winkelmesser, usw.

ELV hat hierfür bereits seit Langem ein IMU-Board im Programm, den 3-Achsen-Beschleunigungssensor 3D-BS [50], der in Bild 26 zu sehen ist. Er basiert auf einem der vielen IMU-Sensoren von Bosch Sensortec, dem BMA020.



Bild 26: Das 3-Achsen-Beschleunigungssensormodul 3S-BS von ELV ist dank umfangreicher Programmiermöglichkeiten und der bereits integrierten Pegelanpassung hervorragend für die Beschäftigung mit Inertial-Sensoren an Mikrocontrollern geeignet.



Diese Sensoren sind heute als Breakout-Board in den verschiedensten Konfigurationen verfügbar, vom einfachen 3-Achsen-Beschleunigungssensor-Board mit dem derzeit stark verbreiteten ADXL335 [51]/[52] bis zum komplexen Sensorboard „10 DOF“ von Waveshare [53], das den kombinierten Sensor ICM20948 und den Luftdrucksensor BMP280 enthält (Bild 27). Der ICM20948 kombiniert einen 3-Achsen-Drehratensensor (Gyroskop), einen 3-Achsen-Beschleunigungssensor und eine 3-Achsen-Kompass/Magnetometer-Einheit. Das Board ist in dieser kompletten Form eine essenzielle Einheit, um z. B. eine Drohne selbst zu bauen oder ein selbstfahrendes Modellfahrzeug.



ICM20948

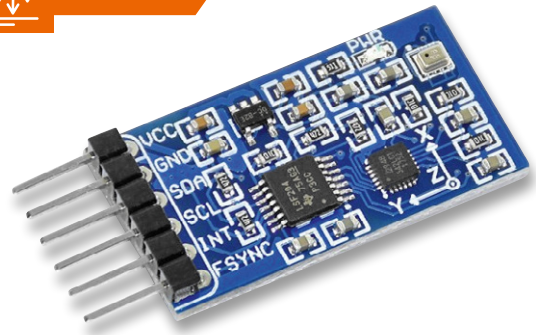


Bild 27: Komplettes IMU-System auf einem Breakout-Board – das 10 DOF IMU mit dem ICM20948 und BMP280  
Bild: Waveshare

## Anschlussbelegung

VDD	Betriebsspannung
GND	Masse
SDA	I <sup>2</sup> C-SDA (Data)
SCL	I <sup>2</sup> C-SCL (Clock)
INT	ICM20948 Interrupt out
FSYNC	ICM20948 Frame Sync signal

Beschleunigung	±2/4/8/16G
Gyroskop	±250/500/1000/2000 Grad/s
Kompass/Magnetometer	±4900 μT
Luftdruck	300 bis 1100 hPa
Interface	I <sup>2</sup> C
Betriebsspannung	3,3–5 V

Weitere einfache Sensoren für eine Lagebestimmung sind Neigungs- und Erschütterungssensoren sowie Hall- und Reedsensoren, wie sie z. B. im Sensor-Set X40 [54] enthalten sind, das in Bild 28 zu sehen ist.

ab S. 114

Klima- und  
Umweltsensoren

ab S. 120

Gesten erkennen,  
Distanzen und  
Bewegungen erfassen

ab S. 124

Rot – Grün – Blau:  
Farbsensoren

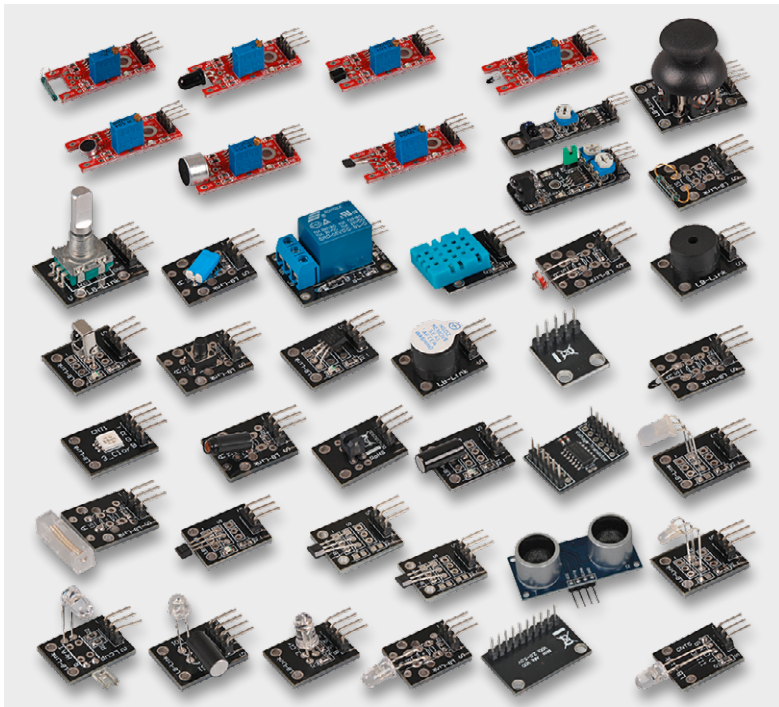


Bild 28: Umfangreiches Sensor-Set für Experimente mit Mikrocontrollern – das X40



## Weitere Infos:

- [50] 3-Achsen-Beschleunigungssensor 3D-BS:  
ELVjournal-Fachbeitrag unter der  
Bestell-Nr. 200744, S. 28 ff.,  
Komplettbausatz unter der  
Bestell-Nr. 91521
- [51] 3-Achsen-Beschleunigungssensor ADXL335  
am Arduino:  
[www.makerblog.at/2019/02/  
beschleunigungssensor-adxl335-ein-  
accelerometer-am-arduino/](http://www.makerblog.at/2019/02/beschleunigungssensor-adxl335-ein-accelerometer-am-arduino/)
- [52] Arduini-Wasserwaage mit Display:  
[blog.simtronyx.de/category/arduino/](http://blog.simtronyx.de/category/arduino/)
- [53] 10 DOF IMU Sensor bei Waveshare:  
[www.waveshare.com/product/  
modules/sensors/accelerometer-angular-  
rate-compass/10-dof-imu-sensor-d.htm](http://www.waveshare.com/product/modules/sensors/accelerometer-angular-rate-compass/10-dof-imu-sensor-d.htm)
- [54] Sensorset X40 – erhältlich unter der  
Bestell-Nr. 127548

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



*IMU-Sensorsysteme sind heute die Voraussetzung für die Stabilisierung und vor allem das autonome Fliegen unbemannter Fluggeräte wie Drohnen ...*



*... oder die Lagestabilisierung von Balancefahrzeugen wie z. B. Hoverboards oder den Segway Personal Transporter*



# Biometrische und Health-Sensoren

Biometrische Sensoren finden wir derzeit vor allem auf dem Gebiet der Fingerabdruckscanner – andere Systeme wie Gesichtserkennung, Iris-Scanner oder Venen-Scanner sind sehr komplexe Systeme und weitgehend noch dem rein kommerziellen Bereich vorbehalten.

Das Thema Gesichtserkennung nimmt dank verbesserter Kameratechnik und höherer Rechenleistung einen zunehmenden Raum ein. In der nächsten Ausgabe des ELVjournals werden wir mit dem ESP32-CAM-Board speziell auf die Technologie der Gesichtserkennung eingehen.

Hauptanwendung für den Elektroniker ist ganz sicher der Fingerabdruckscanner. Diesen gibt es bereits als relativ preiswerte und einfach per serieller Schnittstelle (UART) oder I<sup>2</sup>C anschließbare Baugruppe (Bild 29).

In [55] sind dazu ein Arduino-Projekt und der Link zur passenden Library hinterlegt. Der hier gezeigte ZFM-708 ist ein Flächenscanner. Es gibt diese Art des Fingerabdruckscanners auch als flach integrierbare Baugruppe wie z. B. bei [56] mit abgesetztem Breakout-Board (Bild 30).



## Ausflug zu den Fitnesssensoren

Kommen wir schließlich noch zu den sogenannten Health- oder Fitnesssensoren. Hier beschäftigen wir uns beispielhaft mit Puls- und EKG-Sensoren – mit dem Hinweis, dass diese Sensoren nicht für medizinische Anwendung eingesetzt werden dürfen. Der Pulssensor registriert die Bewegungen des Blutes an einer gut durchbluteten Körperstelle (Fingerkuppe, Ohr-läppchen, Handgelenk) über einen optischen Sensor, der im Prinzip wie eine Reflexlichtschranke arbeitet. Hier hat sich grünes LED-Licht als optimale Variante in einem speziellen optischen Sensor (PAH8001EI-2G) etabliert. Die registrierten Blutbewegungen werden gleich an Bord des Breakout-Boards (Bild 31) mit einem eigenen Prozessor aufbereitet und per I<sup>2</sup>C an das auswertende Mikrocontrollersystem ausgegeben. SeeedStudio bietet dazu eine komplette Einführung samt Applikation an [57].

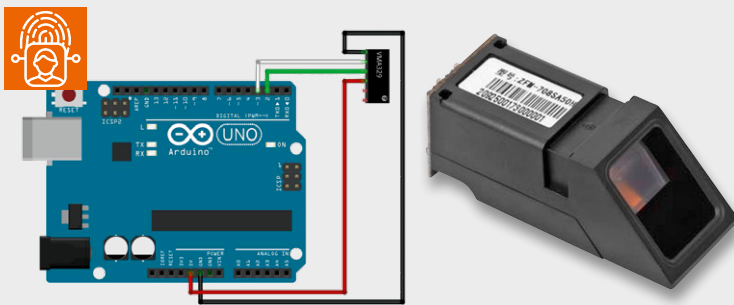


Bild 29: Die Anbindung des Fingerabdruckscanners ZFM-708 an den Arduino erfolgt sehr einfach per UART-Schnittstelle.



Bild 30: Lässt sich in Oberflächen einpassen – der kapazitive Fingerabdruck-scanner mit UART und USB von Waveshare. Bild: Waveshare

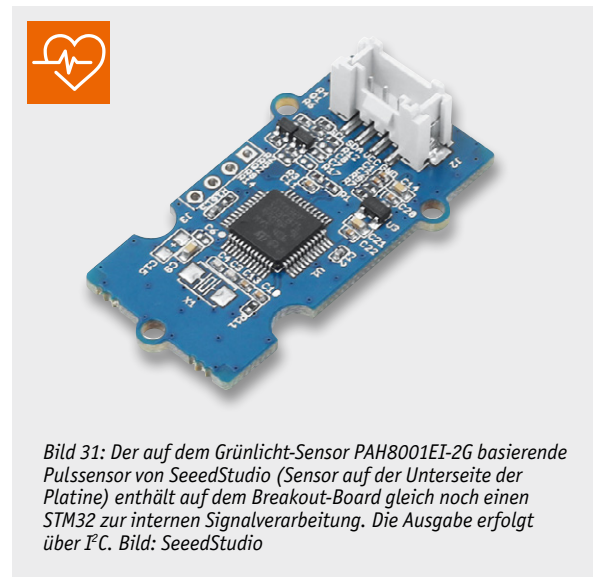


Bild 31: Der auf dem Grünlicht-Sensor PAH8001EI-2G basierende Pulssensor von SeeedStudio (Sensor auf der Unterseite der Platine) enthält auf dem Breakout-Board gleich noch einen STM32 zur internen Signalverarbeitung. Die Ausgabe erfolgt über I<sup>2</sup>C. Bild: SeeedStudio

ab S. 114

 Klima- und  
Umweltsensoren

ab S. 120

 Gesten erkennen,  
Distanzen und  
Bewegungserfassen

 Rot – Grün – Blau:  
Farbsensoren

ab S. 124

 Lage- und  
Richtungserkennung,  
Beschleunigungsmessung

ab S. 126



Man kann auch EKGs mit einem DIY-System aufnehmen. Bei [58] ist z. B. der EMG-Sensor von OYMotion nebst mehreren Applikationen und Arduino-Library verfügbar (Bild 32). Er registriert Muskel- und Nervenaktivitäten und gibt die erheblich verstärkten Signale analog an das auswertende Mikrocontrollersystem aus – ein interessantes Experimentierfeld!

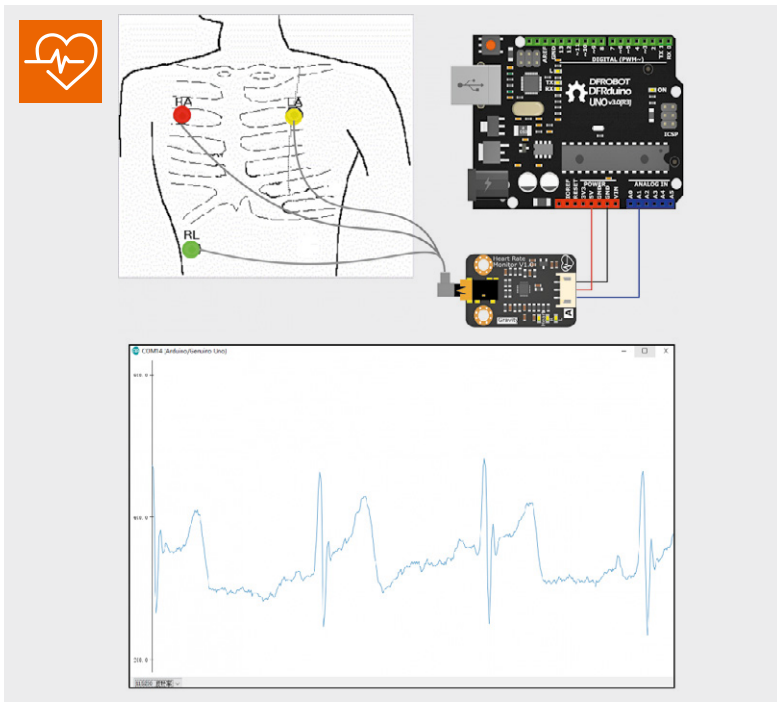


Bild 32: Der Gravity-EKG-Sensor von DFRobot ermöglicht mit entsprechender Signalauswertung die Anzeige rudimentärer EKG-Daten. Bild: DFRobot



Optische Health-Sensoren in Smart Watches erfassen z. B. Puls- und Blutdruckwerte sowie die Sauerstoffkonzentration im Blut.



Smarte Brustgurte liefern per Funk Fitnesswerte wie die Herzfrequenz.



## Weitere Infos:

- [55] Fingerabdruckscanner ZFM-708 mit Arduino-Anwendung und Library-Link – Produkt erhältlich unter der Bestell-Nr. 250350
- [56] Kapazitiver Fingerabdruckscanner inkl. Applikation: [www.waveshare.com/product/modules/sensors/fingerprint-sound-image-gesture/capacitive-fingerprint-reader.htm](http://www.waveshare.com/product/modules/sensors/fingerprint-sound-image-gesture/capacitive-fingerprint-reader.htm)
- [57] Pulssensor mit PAH8001EI-2G inkl. Applikation: [wiki.SeedStudios.com/Grove-Finger-clip\\_Heart\\_Rate\\_Sensor/#software](http://wiki.SeedStudios.com/Grove-Finger-clip_Heart_Rate_Sensor/#software)
- [58] EMG-Sensor bei DFRobot inkl. Wiki/Applikation: [www.dfrobot.com/product-1661.html](http://www.dfrobot.com/product-1661.html)

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

## Was bleibt als Fazit nach unserem Exkurs durch die Welt der kleinen Sensor-Breakout-Boards?

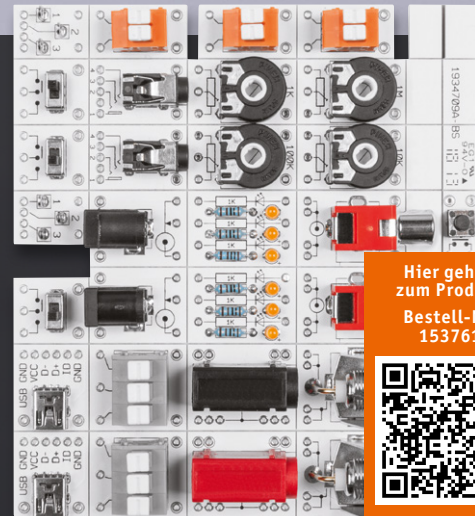
Man kann heute mit relativ einfachen und erschwinglichen Mitteln quasi jede erdenkliche Aufgabe lösen und lernt viel dabei – meist muss man dazu nicht einmal zum LötKolben greifen, wenn man z. B. die Prototypenadapter-Reihe PADx von ELV (siehe Anhang) einsetzt.



# Schaltungen einfach aufbauen

## Prototypenadapter für Steckboards PAD1

Prototypenadapter-Set zur Adaptierung unterschiedlicher Buchsen, Taster und Schalter. So sind auch mechanisch große und nicht ins Breadboard-Raster passende Bauteile direkt auf einem Steckboard einsetzbar.

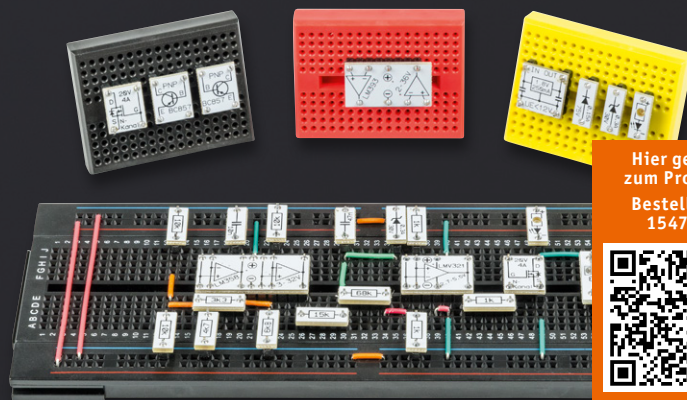
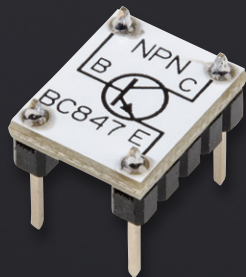


Hier geht's  
zum Produkt  
Bestell-Nr.  
153761



## Prototypenadapter für Steckboards PAD2 – linear

Die Platinenmodule des PAD2 enthalten Operationsverstärker, Transistoren, Spannungsregler und Dioden, die über kleine Adapter bequem auf Steckboards eingesetzt werden können.

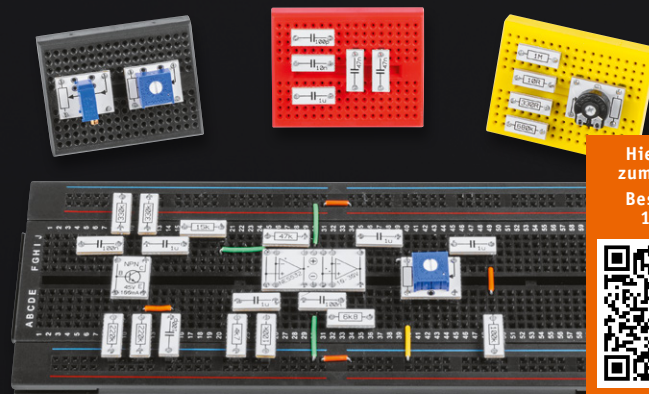
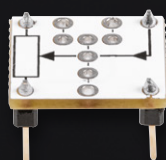


Hier geht's  
zum Produkt  
Bestell-Nr.  
154712



## Prototypenadapter für Steckboards PAD3 – passiv

Die Bauteilmodule des PAD3 enthalten Widerstände, Kondensatoren und Leerplatinen für Widerstandstrimmer, die über kleine Adapter bequem auf Steckboards eingesetzt werden können. Durch die aufgedruckte Anschlussbeschriftung und die Bauteilwerte ist die Verdrahtung einer Experimentierschaltung sehr einfach und übersichtlich realisierbar.



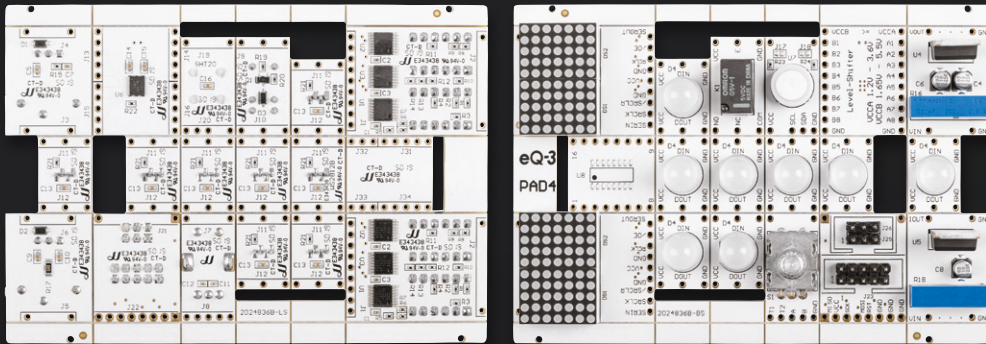
Hier geht's  
zum Produkt  
Bestell-Nr.  
154743



Universell einsetzbare Leerplatine  
für Widerstandstrimmer

# Übersicht über die Experimentierboard- und Prototypenadapter-Reihe von ELV

## Prototypenadapter für Steckboards PAD4 – digital



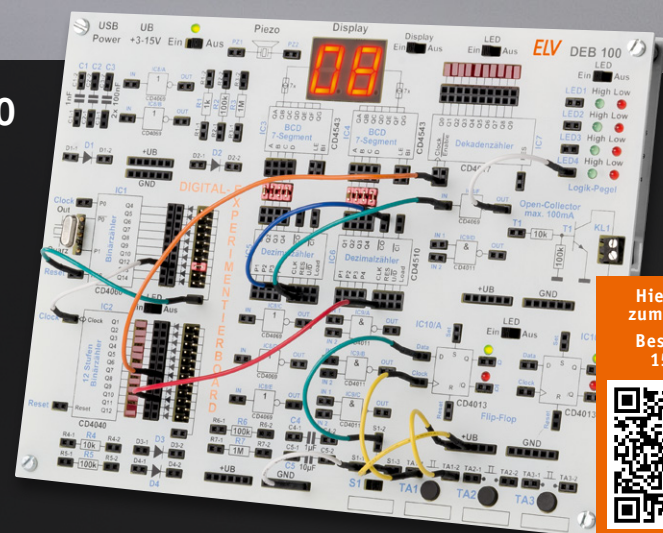
Die Bauteilerauswahl des PAD4 ist vor allem für das Zusammenspiel mit Mikrocontroller-Experimentierschaltungen konzipiert.

Hier geht's  
zum Produkt  
Bestell-Nr.  
155107



## Digital-Experimentierboard DEB100

Die Funktion digitaler Schaltungen zu kennen, gehört zu den Grundkenntnissen moderner Elektrotechnik. Das Digital-Experimentierboard macht den Aufbau, den Test und Experimente mit digitalen CMOS-Schaltungen einfach – ein Werkzeug sowohl für den privaten Laboreinsatz als auch in der Ausbildung.

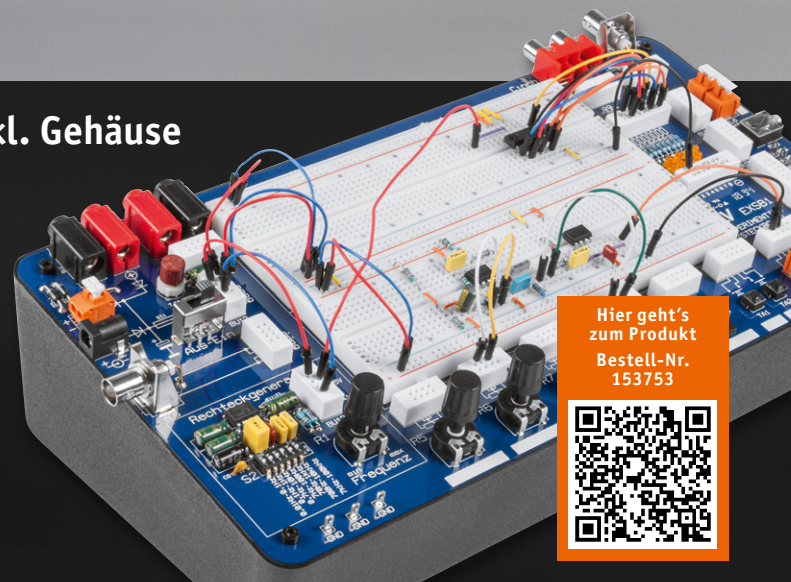


Hier geht's  
zum Produkt  
Bestell-Nr.  
153788



## Experimentier-/Steckboard EXSB1 inkl. Gehäuse

Ob für den Heimgebrauch oder die Ausbildung, dieses Steckboard lässt fast keine Wünsche offen. Eine Kombination aus einem handelsüblichen Steckboard und gebräuchlichen Bedien- und Anschlusselementen macht dieses Bausatzprojekt zu einem wertvollen Helfer, wenn es darum geht, kleine Schaltungen ohne Lötarbeiten aufzubauen und damit zu experimentieren.



Hier geht's  
zum Produkt  
Bestell-Nr.  
153753

