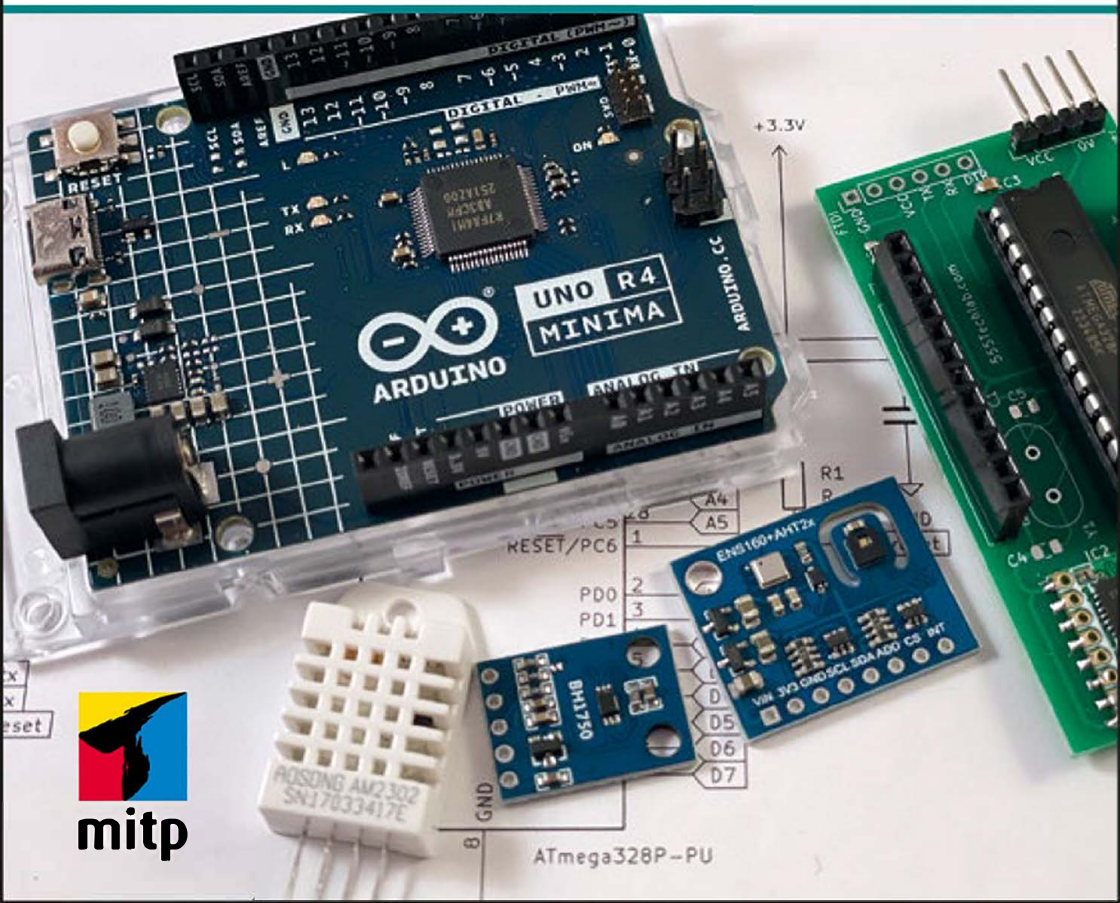


Thomas Brühlmann

SENSOREN mit ARDUINO

Schnelleinstieg

Mit zahlreichen Praxisbeispielen



Inhalt

Einleitung	9
Aufbau des Buches	9
Mehr Informationen	11
Danksagung	12
 1 Arduino-Plattform	
1.1 Arduino-Board	13
1.1.1 Arduino UNO R4 Minima	14
1.1.2 Arduino UNO R4 WIFI	17
1.1.3 Arduino UNO R3	17
1.1.4 Arduino-Modelle	18
1.1.5 Arduino-kompatible Boards	19
1.1.6 Praxisbeispiel: Arduino-Minimalschaltung	19
1.2 Entwicklungsumgebung (IDE)	21
1.2.1 Installation	22
1.3 Get Connected	23
1.4 Bibliotheken	24
1.5 Shields	27
1.5.1 Praxisbeispiel: Arduino UNO mit Proto-Shield	27
1.5.2 Andere Shields	29
1.6 Steckbrett	30
 2 Warm & kalt	
2.1 Temperatursensor NTC (Thermistor)	33
2.1.1 Praxisbeispiel: Temperaturmessung mit NTC	34
2.2 Analoger Temperatursensor LM35	37
2.2.1 Praxisbeispiel: Raumtemperaturmessung mit LM35	38
2.3 Auswahl eines Temperatursensors	41

3 Licht

3.1	Lichtabhängiger Widerstand (LDR)	43
3.1.1	Praxisbeispiel: Lichtmesser mit LDR	44
3.1.2	Praxisbeispiel: Nachtlampe mit LDR	45
3.2	Lichtsensoren BH1750	48
3.2.1	Arduino-Bibliothek	50
3.2.2	Praxisprojekt: Luxmeter	50
3.3	Infrarot-Sensoren	53
3.3.1	IR-LED	53
3.3.2	IR-Empfänger	54
3.3.3	Infrarot-Bibliothek	55
3.3.4	IR-Pins	55
3.3.5	Praxisbeispiel: Infrarot-Fernbedienung	56
3.4	UV-Sensor	60
3.4.1	Praxisbeispiel: UV-Index-Monitor	63

4 Distanz und Bewegung

4.1	Ultraschall-Sensor	71
4.1.1	Praxisbeispiel: Abstandsmesser mit Ultraschall-Sensor	72
4.1.2	Praxisbeispiel: Abstandsmesser für die Garage	75
4.2	PIR-Sensor	81
4.2.1	Praxisbeispiel: Raum-Bewegungsmelder	83
4.3	Tilt-Sensor	85
4.3.1	Tilt-Sensor AT407	86
4.3.2	Praxisbeispiel: Garagentor-Wächter	86

5 Kräfte

5.1	Flex-Sensor – Biegung messen	91
5.1.1	Praxisbeispiel: Flex-Sensor-Testschaltung	92
5.1.2	Praxisbeispiel: Candy-Schrank-Wächter	94
5.2	Wägesensor	98
5.2.1	Praxisbeispiel: Wägezelle als Waage	100

6 Ort

6.1	Zeig mir Norden – Kompass	105
6.1.1	Praxisbeispiel: Kompass mit HMC5883	106
6.1.2	Praxisbeispiel: Digitaler Kompass mit LED-Anzeige	110

7 Umwelt

7.1 Temperatur & Luftfeuchtigkeit	117
7.1.1 Umweltsensor-Modul ENS160 und AHT21	117
7.1.2 Praxisbeispiel: Umwelt und Luftqualität messen	119
7.2 Barometer	125
7.2.1 BME280 (Luftdruck/Temperatur)	125
7.3 MQ2 – Gas und Rauch	130
7.3.1 Praxisbeispiel: Gase messen	131
7.4 Fensterkontakt	133
7.4.1 Praxisbeispiel: Fenster mit Fensterkontakt überwachen	134

8 Daten senden

8.1 Serielle Schnittstelle	139
8.1.1 Praxisbeispiel: Serieller Monitor	140
8.2 Serielle Übertragung	141
8.3 Drahtlos mit LoRa	143
8.3.1 LoRa-Transceiver RFM95W	145
8.3.2 LoRa-Shield	147
8.3.3 Programmierung der LoRa-Übertragung	148
8.3.4 Praxisbeispiel: LoRa-Client	150
8.3.5 Praxisbeispiel: LoRa-Server	154

9 Daten anzeigen & speichern

9.1 Leuchtdiode (LED)	159
9.1.1 Praxisbeispiel: Ansteuerung der Leuchtdiode	160
9.1.2 Praxisbeispiel: Mini-Lichtelement mit LED	161
9.2 RGB-LED	162
9.2.1 Praxisbeispiel: Ansteuerung einer RGB-Leuchtdiode	164
9.3 Neopixel	166
9.3.1 Praxisbeispiel: Farbmuster mit LED-Streifen	169
9.4 LED-Bargraph	174
9.4.1 Praxisbeispiel: 10-Segment-Balkenanzeige	176
9.5 OLED-Display	179
9.5.1 Praxisbeispiel: OLED-Bargraph	181
9.6 SD-Card	185
9.6.1 SD-Card-Module	186
9.6.2 SD-Card-Bibliothek	187
9.6.3 Praxisbeispiel: Datenlogger mit SD-Karte	187

10 Sensor-Board

10.1 Sensor-Board mit LoRa	191
10.1.1 Grundschialtung	192
10.1.2 Erweiterung LoRa	193
10.1.3 Breadboard Arduino 8 MHz	194
10.1.4 Bootloader 8 MHz	196
10.1.5 Bibliotheken	196
10.1.6 Aufbau Sensor-Board	197
10.1.7 LoRa-Sender (Client)	199
10.1.8 LoRa-Empfänger (Server)	205
10.2 Proto-Shield	207
10.3 Low-Power-Betrieb	209
10.3.1 Praxisbeispiel: Stromverbrauch reduzieren auf Arduino-Board ..	210
10.3.2 Praxisbeispiel: Sensor-Board im Low-Power-Betrieb mit LowPower-Bibliothek	211

11 Webanwendungen

11.1 Arduino UNO R4 WIFI	213
11.1.1 Wifi-Anwendungen mit Arduino UNO R4 WIFI	215
11.1.2 Wifi-Webclient	215
11.1.3 Wifi-Webserver	221
11.2 Sensordaten via MQTT	225
11.2.1 MQTT	225
11.2.2 Praxisbeispiel: Sensordaten via MQTT versenden	227

12 Tools

12.1 Arduino-Bootloader brennen	237
12.1.1 Arduino-ISP	237
12.1.2 Arduino-ISP-Shield	240

Anhang: Stücklisten 243

Stichwortverzeichnis 251

Einleitung

Sensoren sind die Augen und Fühler jedes Arduino-Boards und erlauben dem kleinen Elektronik-Board die Erfassung von vielen verschiedenen Messwerten rund um Mensch und Umwelt sowie Haus und Hof. Die von den Sensoren erfassten Messwerte können vom Arduino-Board weiterverarbeitet und dargestellt werden.

Wenn Sie dieses Buch in der Hand halten, möchten Sie vermutlich etwas tiefer in die faszinierende Welt der Sensoren eintauchen und praktische Lösungen und Projekte realisieren.

Dieses Buch über Sensor-Anwendungen mit Arduino richtet sich an Einsteiger, die bereits etwas Erfahrung mit dem Arduino UNO gesammelt haben und nach neuen Ideen und praktischen Projekten suchen.

Mit den vielen im Handel erhältlichen Sensoren, ein paar Erweiterungsplatinen und etwas Fantasie können Sie sich ein eigenes Netzwerk an Sensoren zur Erfassung Ihrer Umwelt aufbauen.

Im Frühling 2023 hat das Arduino-Team den Arduino UNO R4 vorgestellt. Den UNO R4 gibt es in zwei Ausführungen: UNO R4 Minima und UNO R4 Wifi. Der UNO R4 ist der Nachfolger des bisherigen UNO R3 und quasi das Standardboard aus der Arduino-Baureihe. Mit dem UNO R4 Wifi steht dem Arduino-Anwender endlich ein Board mit einer Wifi-Schnittstelle zur Verfügung. Auf diese Möglichkeit haben die Anwender schon lange gewartet. Endlich können drahtlose Webanwendungen mithilfe des Arduino UNO realisiert werden.

Alle im Buch beschriebenen Sensor-Anwendungen werden mit dem UNO R4 Minima aufgebaut. Falls ein anderes Board verwendet wird, ist dies im Projekt erwähnt.

Aufbau des Buches

Der Aufbau des Buches ist so ausgelegt, dass der Leser auch einzelne Kapitel überspringen kann.

In Kapitel 1 werden der Arduino UNO R4 und die Entwicklungsumgebung beschrieben. Der Anwender lädt sein erstes Programm auf den Arduino und lernt die Hard- und Software-Erweiterungen (Shields und Bibliotheken) ken-

nen. Am Ende des Kapitels wird das praktische Breadboard (Steckbrett) beschrieben.

Kapitel 2 beschreibt Temperatursensoren. Temperatursensoren gehören zu den wichtigsten Sensoren. In diesem Kapitel werden verschiedene Typen beschrieben.

Die Themen Licht, Farbe und Bild sind Inhalt von Kapitel 3. Mit einem Fotowiderstand kann die Raumhelligkeit ermittelt werden. Mit einem Lux-Meter verfügt man über ein nützliches Messgerät für Haus und Werkstatt. Unsichtbares Licht kann von einem Infrarot-Sensor erfasst werden. Diese Sensoren werden in einem Projekt mit Fernsteuerung eingesetzt. Ein UV-Sensor ist ein nützlicher Sensor für die Erfassung der Strahlung der Sonne. Der UV-Index-Monitor zeigt dabei den aktuellen Index auf einer RGB-Leuchtdiode an.

In Kapitel 4 werden Ultraschall- und Bewegungssensoren beschrieben. Ein Abstandsmesser in der Garage kann Schaden am Fahrzeug beim Einparken verhindern. Mit einem einfachen Tilt-Sensor kann man eine Bewegung von einem Objekt erfassen.

Mit einem Flex-Sensor wird in Kapitel 5 der Süßigkeitenschrank überwacht. Diese flexiblen Sensoren eignen sich für viele Anwendungen im Haus. Mit einem Wägesensor kann eine einfache Waage für den Haushalt umgesetzt werden.

In Kapitel 6 wird mit einem Kompass-Sensor die Richtung zum magnetischen Nordpol ermittelt. Ein elektronischer Sensor mit LED-Anzeige ist ein praktisches Tool für die nächste Wanderung.

In Kapitel 7 werden Sensoren zur Erfassung von Umweltdaten beschrieben. Mit einem Barometer-Sensor kann man den Luftdruck und die Wetterentwicklung überwachen. Mit einem universellen Gas-Sensor können Gaslecks im Haushalt erkannt werden. Der Sensor dient zum Detektieren von LPG-Gas, Butan, Methan, Alkohol und Rauch. Zur Sicherheit im Haus dient ein Kontakt-Sensor, der am Fenster oder der Tür montiert werden kann.

In Kapitel 8 werden Sensordaten seriell über Kabel übertragen. Mit einem drahtlosen Sender und einem entsprechenden Empfänger werden Daten mittels LoRa-Technologie übermittelt.

Kapitel 9 beschreibt verschiedene Anzeige-Elemente wie LED, RGB-LED, Bargraph-Anzeige und OLED-Display. Anschließend werden Möglichkeiten zur Speicherung von Sensordaten auf einer SD-Karte beschrieben.

Kapitel 10 beschreibt ein universelles Sensor-Board für den Einsatz in einem LoRa-Netzwerk. Mit einem zugehörigen Proto-Shield können eigene Sensoranwendungen realisiert werden. Um das Sensor-Board im Batterie-Betrieb zu nutzen, wird das Thema LowPower-Betrieb erklärt.

In Kapitel 11 wird die Wifi-Funktionalität des Arduino UNO R4 WIFI beschrieben. Das UNO-Board wird als Webclient und als Webserver eingesetzt. Im Praxisprojekt wird die Wifi-Funktion für einen universelles MQTT-Client verwendet, um Sensordaten an den MQTT-Broker zu publizieren und um Nachrichten von MQTT-Topics zu empfangen.

In Kapitel 12 wird beschrieben, wie man über ein Arduino-Board oder über ein entsprechendes Arduino-Shield den Arduino-Bootloader auf einen ATmega328-Microcontroller laden kann.

Alle Stücklisten der Projekte im Buch sind im Anhang aufgelistet.

Mehr Informationen

Weitere Informationen zu den Sensor-Anwendungen im Buch sind auf meiner Website erhältlich:

<https://555circuitslab.com>

Im Downloadbereich finden Sie alle Beispielscripts, Ergänzungen und Erweiterungen. Für Anmerkungen und Anregungen können Sie mit mir per E-Mail oder X Kontakt aufnehmen.

E-Mail: maker@555circuitslab.com

X: <https://twitter.com/arduinopraxis>

Die Beispielsketches und weitere Projektdaten finden Sie auf meinem Github-Account:

<https://github.com/arduinopraxis>

Weitere Informationen zum Thema Arduino und laufend neue Projekte beschreibe ich in meinem Blog:

<http://arduino-praxis.ch>

Eine detaillierte Einführung finden Sie in meinem bekannten Arduino-Buch »Arduino Praxiseinstieg«:

<https://www.mitp.de/IT-WEB/Elektronik-Maker/Arduino-Praxiseinstieg.html>

Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei meiner Frau Aga und meinen Jungs Tim und Nik dafür bedanken, dass sie mir wiederum die Zeit gegeben haben, dieses Buchprojekt zu realisieren. Auch möchte ich mich bei meiner Lektorin Sabine Schulz vom mitp-Verlag bedanken. Es war wieder eine nette und produktive Zusammenarbeit.

Im Frühling 2024

Thomas Brühlmann

Kapitel 1

Arduino-Plattform

Das Arduino-Projekt hat sich aus einem internen Universitätsprojekt heraus zu einer weltweit verbreiteten Plattform für die Ausbildung und den Hobbybereich entwickelt. Seit dem Start des Projekts vor über zehn Jahren ist der Begriff »Arduino« quasi der Startschuss für den immer noch andauernden Maker-Boom.

Makerspaces, Vereine und Einrichtungen für Ausbildung und Hobby bieten Kurse und Workshops an. Tausende Bastler haben ihre Projekte online dokumentiert oder bieten Video-Anleitungen auf bekannten Streaming-Plattformen an.

Mit Recht kann man sagen, dass das Arduino-Projekt-Team mit seinem kleinen Board bei vielen jungen Menschen das Interesse für das Thema Technik geweckt hat.

Seit dem ersten Arduino-Board sind etliche neue Modelle auf den Markt gekommen. Einige Modelle haben sich nicht durchgesetzt, andere haben sich zum Standard entwickelt. Dank der vielen Bastler, Maker und Programmierer entstehen laufend neue Projekte, Bibliotheken und Funktionen für das Arduino-Board, die anschließend von den Anwendern weltweit verwendet werden.

Im Frühling 2023 hat das Arduino-Team zwei neue Boards des Arduino UNO vorgestellt – den Arduino UNO R4 Minima und den Arduino UNO R4 WIFI.

Alle in diesem Buch vorgestellten Beispiele und Projekte laufen auf dem neuen Standard-Board Arduino UNO R4 Minima. Im Text wird dieses Board abgekürzt Arduino UNO genannt. Projekte, die mit einem anderen Board betrieben werden, werden im Text und in der Stückliste genannt.

1.1 Arduino-Board

Das Arduino-Board ist eine Leiterplatte mit aufgelöteten elektronischen Bauteilen. Die zentrale Komponente oder das Gehirn des Boards ist der schwarze Baustein oder »Chip«, der Microcontroller. Der Microcontroller führt die Arduino-Programme, Sketche genannt, aus und verarbeitet die Eingangs- und

Ausgangssignale. Das auf den Arduino hochgeladene Programm wird im internen Flash-Speicher gespeichert.

Das Arduino-Board wird über den USB-Anschluss oder über ein externes Netzgerät mit Spannung versorgt.

1.1.1 Arduino UNO R4 Minima

<https://store.arduino.cc/products/uno-r4-minima>

Der Arduino UNO R4 Minima ist das aktuelle Standard-Board (Abbildung 1.1).

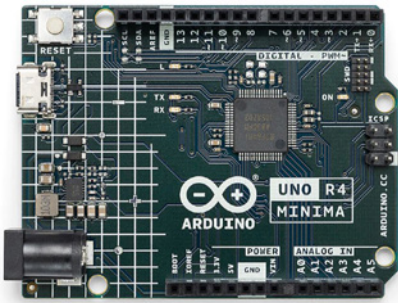


Abb. 1.1: Arduino UNO R4 Minima (Bild: arduino.cc)

Auf dem Arduino UNO sind verschiedene Stecker und Anschlussbuchsen montiert, die unterschiedliche Funktionen ausführen.

Die rot markierten Anschlussmöglichkeiten aus Abbildung 1.2 haben folgende Funktionen:

Stecker für Stromversorgung

Der 2,1-mm-Anschluss, in der Praxis auch Jack-Adapter genannt, dient zum Anschluss eines externen Netzgeräts oder einer Batterie zur Stromversorgung. Erfolgt die Spannungsversorgung über diesen Anschluss, wird die Stromversorgung über den USB-Anschluss elektronisch deaktiviert.

Falls zusätzliche Energie für die Versorgung angeschlossener Sensoren, Motoren oder Relais benötigt wird, empfiehlt sich der Einsatz der Spannungsversorgung über diesen Stecker.

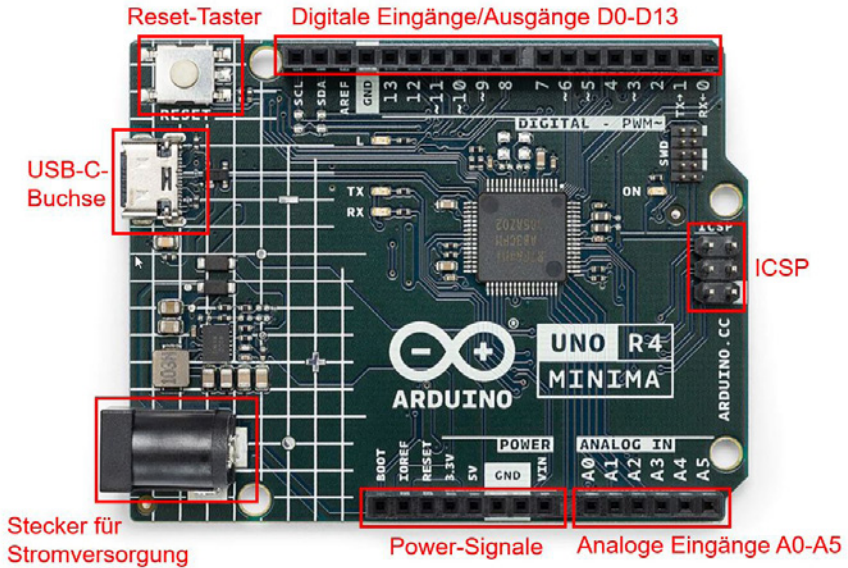


Abb. 1.2: Arduino UNO – Anschlussmöglichkeiten

USB-Anschluss

USB-Anschluss (Typ C) für die Kommunikation des Arduino-Boards mit dem angeschlossenen Rechner. Über den USB-Anschluss wird ein Arduino-Programm auf den Arduino UNO geladen. Gleichzeitig kann über diesen Anschluss das Board mit Spannung versorgt werden.

Reset-Taster

Durch Betätigung des Reset-Tasters kann der Microcontroller auf dem Arduino UNO zurückgesetzt werden.

Digitale Ein/Ausgänge D0 bis D13

Über die obere Reihe der Buchsenleisten können die digitalen Ein- und Ausgänge D0 bis D13 angesteuert werden.

ICSP

Die 6-polige Stiftleiste mit der Bezeichnung ICSP (In-Circuit Serial Programming) wird für die Programmierung mit einem externen Programmieradapter verwendet.

Analoge Eingänge A0 bis A5

Buchsenleiste für den Anschluss von sechs analogen Eingangssignalen. Die Eingangssignale dürfen im Bereich von 0 bis 5 Volt liegen.

Power-Signale

Buchsenleiste mit den Spannungsversorgungen 3.3 V und 5 V. Über diese Buchsenleiste werden meistens die externen Sensoren und Schaltungen auf dem Steckbrett mit Spannung versorgt.

Die technischen Daten des Arduino UNO R4 Minima sind in der nachfolgenden Tabelle 1.1 aufgelistet.

Beschreibung	Detailldaten
Microcontroller	R7FA4M1AB3CFM#AA0 (Renesas) 48 MHz Arm Cortex-M4
Spannungsversorgung	6–24 VDC
Betriebsspannung	5 VDC und 3,3 VDC (intern über Spannungsregler generiert)
Digitale Ein/Ausgänge	14 (D0–D13) davon 6 als PWM (D3, D5, D6, D9, D10, D11)
Analoge Eingänge	6 (A0–A5)
Strom pro digitalem Pin	8 mA DC
Flash Memory	256 KB
SRAM	32 KB
EEPROM	8 KB
Taktfrequenz	48 MHz
USB-Schnittstelle	ja
Reset-Taster	Ja
Onboard-ICSP-Stecker	Ja

Tab. 1.1: Arduino UNO R4 Minima – Technische Daten

1.1.2 Arduino UNO R4 WIFI

<https://store.arduino.cc/products/uno-r4-wifi>

Gleichzeitig mit dem UNO R4 Minima wurde noch ein zweites Board vorgestellt: der Arduino UNO R4 WIFI (Abbildung 1.3).

Wie die Typenbezeichnung »WIFI« aussagt, hat dieses Board eine Wifi-Schnittstelle eingebaut, die mit einem ESP32 realisiert wurden.

Der Arduino UNO R4 WIFI eignet sich somit als Webserver oder Webclient und für den Einsatz als IOT- oder Sensor-Node mit WLAN-Schnittstelle.

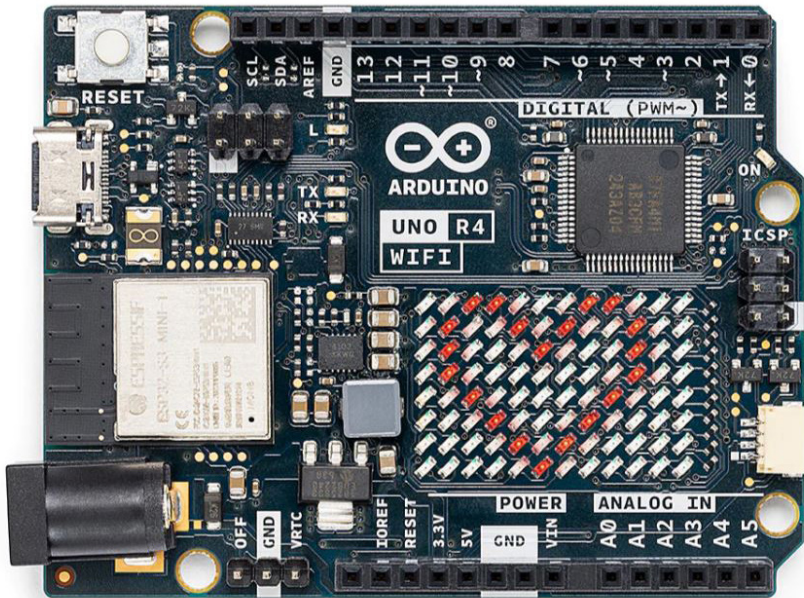


Abb. 1.3: Arduino UNO R4 WIFI (Bild: arduino.cc)

In Kapitel 11 wird die Wifi-Funktionalität des Arduino UNO R4 WIFI erklärt.

1.1.3 Arduino UNO R3

<https://store.arduino.cc/collections/arduino/products/arduino-uno-rev3>

Der Arduino UNO R3 war fast 10 Jahre lang das Standardboard für Arduino-Anwendungen (Abbildung 1.4). Dieses Board ist weiterhin bei vielen Händlern verfügbar und viele Tutorials basieren noch auf dieser Board-Variante.