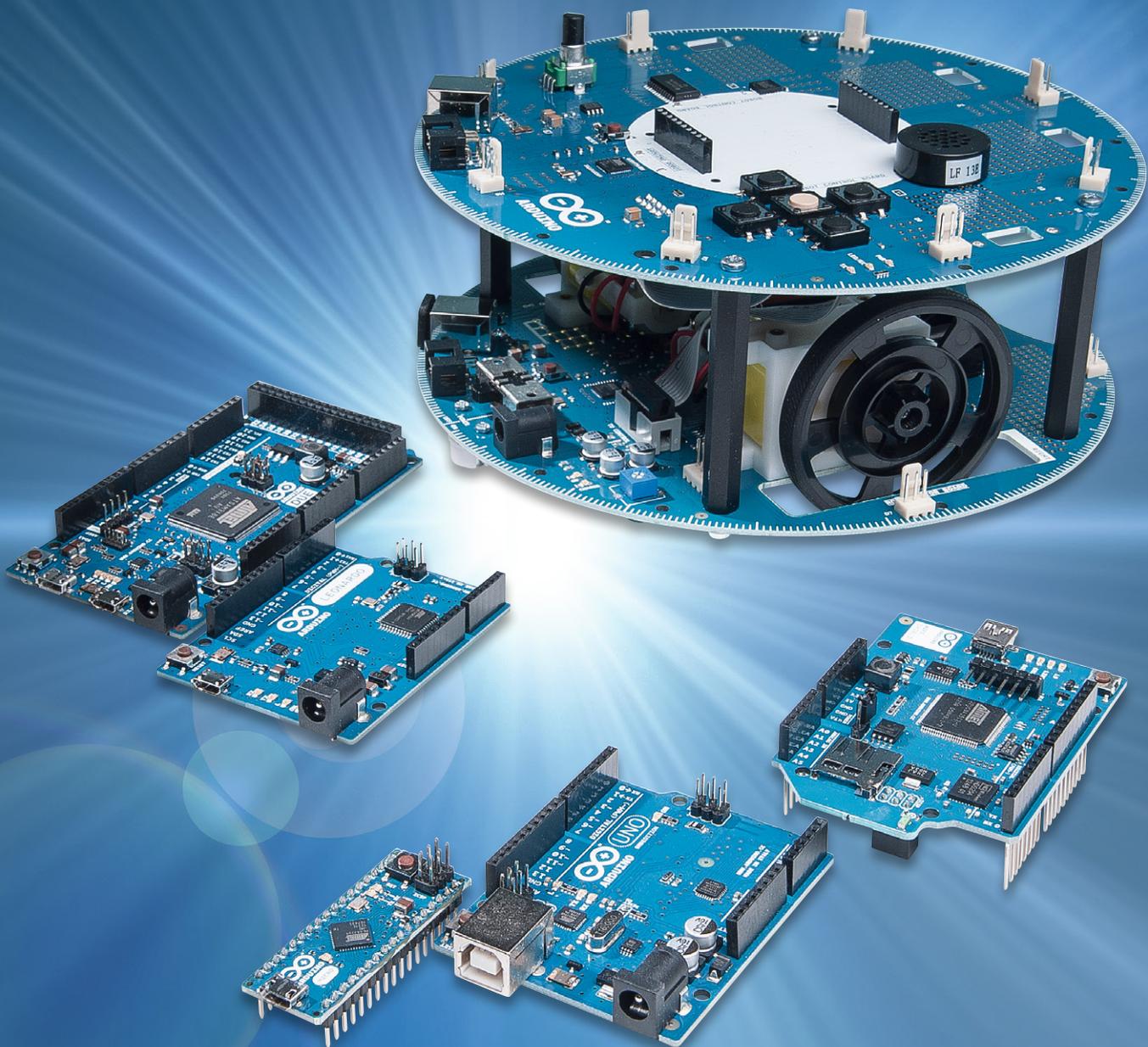




# Arduino verstehen und anwenden

Teil 28: Arduino-Varianten und Eigenbausysteme



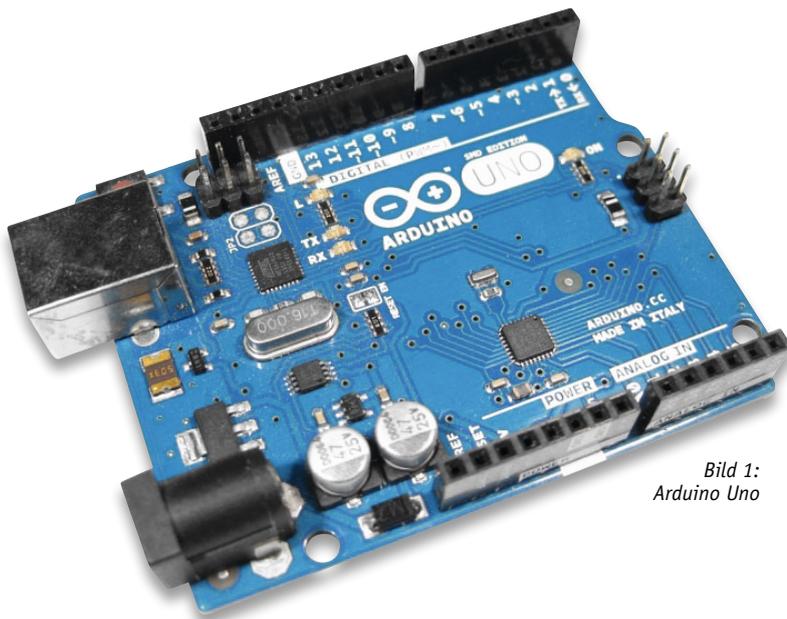


Bild 1:  
Arduino Uno

## Arduino in vielen Variationen

Neben dem klassischen Arduino sind inzwischen auch eine Vielzahl von Varianten in verschiedenen Größen und Formen erhältlich. Der Arduino UNO ist sozusagen das Flaggschiff einer ganzen Flotte, in der es sowohl größere und leistungsstärkere als auch kleinere und kompaktere Mitglieder gibt. Zum einen ist der Arduino MEGA und der DUE zu nennen, die sich sowohl durch ihre zusätzlichen Ports als auch durch eine erheblich größere Rechenleistung auszeichnen. Auf der anderen Seite finden sich der MICRO und der NANO die sich besonders für den Aufbau kompakter Projekte und Geräte eignen.

## Arduino Uno

Der UNO (Bild 1) ist zweifellos der Klassiker unter den Arduinos. Er hat mit Abstand die größte Verbreitung gefunden. Wenn von „Arduino“ ohne weitere Zusätze gesprochen wird, ist praktisch immer der UNO gemeint. Die Anordnung der I/O-Pins wurde von vielen anderen Board-Herstellern übernommen, da sie das problemlose Aufstecken von sogenannten Shields, also Hardware-Erweiterungsboards erlaubt.

Der UNO lässt sich aber auch gut mit einem Breadboard kombinieren. Die Verbindungen werden über passende Kabel hergestellt. Der UNO verfügt über einen ATmega328-Mikrocontroller, der entweder auf einen Sockel gesteckt (THT-Version) oder fest aufgelötet (SMD-Version) ist.

Für UNO-Boards stehen die meisten Ressourcen, wie z. B. Tutorials oder Projektbeispiele, zur Verfügung. Deshalb eignet sich das Board ideal für Einsteiger. Eine kleine Einschränkung ist jedoch die geringe Zahl an Schnittstellen (6 analog, 14 digital I/O, davon 6 PWM). Das Board eignet sich also am besten für kleinere Projekte.

## Die kleinen Brüder

Wenn man möglichst kompakte Geräte aufbauen möchte, kann man auf die kleineren Arduino-Versionen zurückgreifen. Diese Boards haben zum Teil nur noch die Größe einer Briefmarke. Anstelle der Kontaktbuchsen weisen sie in der einfachsten Version nur Lötunkte auf. An diese können direkt Kabel angelötet werden. Alternativ sind hier auch Stiftleisten einlötlbar, sodass diese kompakten Boards direkt in ein Breadboard oder aber auch in eine passende IC-Fassung eingesetzt werden können.

Vor allem zwei Versionen haben sich durchgesetzt:

1. Arduino NANO
2. Arduino MICRO

Der NANO ist eine miniaturisierte Version des Arduino UNO. Dennoch verfügt das Board sogar über einen erweiterten Funktionsumfang. Es besitzt trotz seiner geringen Größe mehr Ports als der UNO. Es sind 8 Analogeingänge, 14 Digitalports, davon 6 PWM-fähig, vorhanden. Damit können alle mit einem UNO realisierbaren Projekte auch mit dem NANO aufgebaut werden.

Der MICRO basiert auf dem ATmega32u4. Er verfügt über 20 digitale Ein-/Ausgangspins, von welchen 7 als PWM-Ausgänge und 12 als analoge Eingänge verwendet werden können, einen 16-MHz-Quarzoszillator, eine Micro-USB-Buchse, einen ICSP-Header und eine Reset-Taste. Der Formfaktor des MICRO ermöglicht eine einfache Platzierung auf einem Steckbrett. Der ATmega32u4 verfügt über eine integrierte USB-Schnittstelle, dadurch kann ein zweiter Prozessor für die USB-RS232-Umsetzung entfallen. Der MICRO ist damit auch in der Lage, bei einem angeschlossenen Computer eine Maus und/oder Tastatur zu emulieren. Dies ermöglicht verschiedene interessante Anwendungen, beispielsweise das direkte Schreiben von Messdaten in ein EXCEL-Arbeitsblatt.

Die kleinen Arduino-Boards sind optimal für Projekte, bei welchen es auf minimalen Platzbedarf ankommt. Anwendungen sind hier beispielsweise die Steuerung von Robotern oder sogar Quadrocoptern. Auch der Entwurf intelligenter Kleidung, also von sogenannten „Wearables“, ist ein interessantes Einsatzgebiet dieser Boardversion. Mit zusätzlichen Sensoren, LEDs oder Aktoren lassen sich damit interessante Effekte erzielen, die beispielsweise auch in Theateraufführungen zum Einsatz kommen.



Aber auch der Aufbau kleiner Kompletteräte wie Wetterstationen, intelligente Schalter oder selbst designte Digitaluhren wird mit den Miniatur-Arduinos deutlich einfacher. Bild 2 zeigt die beiden kleinen Brüder, den NANO und den MICRO, jeweils mit eingelöteten Stiftleisten.

### Für Profis: Arduino MEGA und DUE

Nach dem UNO ist der MEGA (Bild 3) das kommerziell erfolgreichste Arduino-Board mit den höchsten Verkaufszahlen. Ausgestattet mit einem ATmega1280- oder ATmega2560-Controller verfügt das Board über einen deutlich erweiterten Funktionsumfang. Diese Prozessoren weisen deutlich höhere Rechen- und Speicherleistungen auf und auch die Anzahl der verfügbaren Pins ist wesentlich größer. Es sind nun 16 Analogeingänge und 54 Digitalpins vorhanden. Von den Digitalpins sind 14 PWM-fähig. Wegen der großen Anzahl von I/O-Pins haben die Boards auch etwa die doppelte Größe des Arduino UNOs.

Dafür steht nun auch komplexeren Projekten, z. B. in der Hausautomatisierung oder für Roboter mit zahlreichen Sensoren und Aktoren, nichts mehr im Weg. So basieren viele IOT-Anwendungen auf dem Arduino MEGA. Aber auch verschiedene Roboterfahrzeuge oder 3-D-Drucker nutzen den Arduino MEGA als zentrale Steuereinheit.

Der MEGA ist in zwei Varianten verfügbar. Neben der klassischen Version wurde auch der MEGA-ADK (Android-Development-Kit) entwickelt. Dieser verfügt über dieselben Leistungsmerkmale wie der einfache MEGA, jedoch wurde neben dem Programmierport zusätzlich ein universell nutzbarer USB-Port mit integriert. Damit ergeben sich völlig neue, hochinteressante und bislang kaum denkbare Anwendungen. So kann der MEGA beispielsweise an ein Android-Smartphone angeschlossen werden. Das MEGA-Board kann dann z. B. auf die Sensoren des Telefons zugreifen oder auch die Kommunikationsmöglichkeiten des Geräts nutzen. Damit bietet der MEGA-ADK eine Fülle neuer Perspektiven. Allerdings sollte man über Vorkenntnisse in der Java-Programmierung verfügen, denn der Einsatz in Verbindung mit einem Smartphone erfordert ein fundiertes Grundwissen, da im Extremfall Schäden am Mobilgerät oder auch unerwartet hohe Mobilfunkkosten etc. entstehen können.

Der DUE kann sicher eher als Arduino-Version für Profis angesehen werden. Das Board besitzt dieselbe Anzahl an Schnittstellen wie der Arduino MEGA, weist jedoch eine wesentlich höhere Rechenleistung auf. Genutzt werden kann diese bei Projekten, die über die klassischen Steuer- und Regelaufgaben hinausgehen. So sind hier bereits Lösungen denkbar, die künstliche Intelligenz, etwa für mobile Roboter oder automatische Sprachassistenten, nutzen.

Wenn komplexe Algorithmen umgesetzt werden sollen oder ein autonomer Roboter mit Bildverarbeitung oder intelligenter Sensordatenverarbeitung geplant ist, dann sollte man den DUE ins Auge fassen, damit die Projekte nicht an mangelnder Rechenleistung scheitern. Zu beachten ist, dass das DUE-Board mit 3,3 V anstelle der sonst üblichen 5 V betrieben wird. Da viele gängige Sensoren über 5-V-Ausgänge

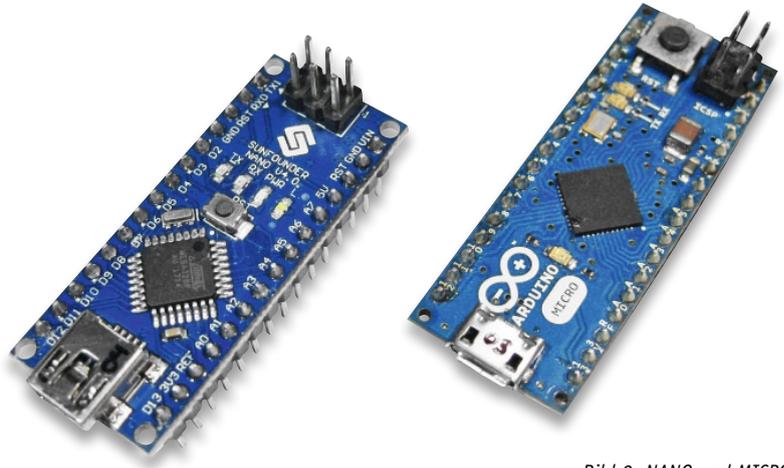


Bild 2: NANO und MICRO

verfügen, sind hier passende Umsetzer erforderlich, da der Controller des DUE sonst Schaden nehmen könnte. Auch aus diesem Grund ist diese Arduino-Variante eher nicht mehr für Anfänger oder Einsteiger geeignet.

Mit dem DUE steht das erste Arduino-kompatible Board mit einem 32-Bit-Prozessor zur Verfügung. Zum Einsatz kommt der AT91SAM3X8E, welcher auf dem Cortex-M3 von ARM basiert. Er läuft mit einer Taktfrequenz von 84 MHz. Im Vergleich zu den 16 MHz des UNO hat sich die Taktfrequenz also mehr als verfünffacht. Auch 512 kB Flashspeicher für Programme und 96 kB RAM bieten deutlich mehr Möglichkeiten als die Ausstattung des UNO. Der USB-Anschluss zur Programmierung wurde beim DUE als Micro-B-Buchse ausgeführt. Damit ist auch diese wichtige Kommunikationsverbindung deutlich moderner als die schon etwas veraltete USB-B-Buchse der ersten Arduino-Varianten.

Der ARM-Prozessor erreicht eine erheblich größere Rechenleistung als die ATmegas der kleineren Arduinos. Neben den herkömmlichen Controller-Aufgaben kann der DUE deshalb auch für wesentlich komplexere Anwendungen eingesetzt werden. Darüber hinaus verfügt der DUE über eine umfangreiche Ausstattung an Schnittstellen und Kommunikationsprotokollen. Neben UART, SPI, TWI (I<sup>2</sup>C), CAN, JTAG sind auch eine USB-Host-Buchse und ein zweikanaliger Digital-analog-Wandler (DAC) vorhanden. Dieser kann sowohl für anspruchsvolle Steueraufgaben als auch zur Ausgabe eines Stereotons verwendet werden. Die Arduino-Entwicklungsumgebung (IDE) verfügt über alle erforderlichen Libraries und Funktionen die zur Ansteuerung der leistungsfähigen Hardware erforderlich sind.

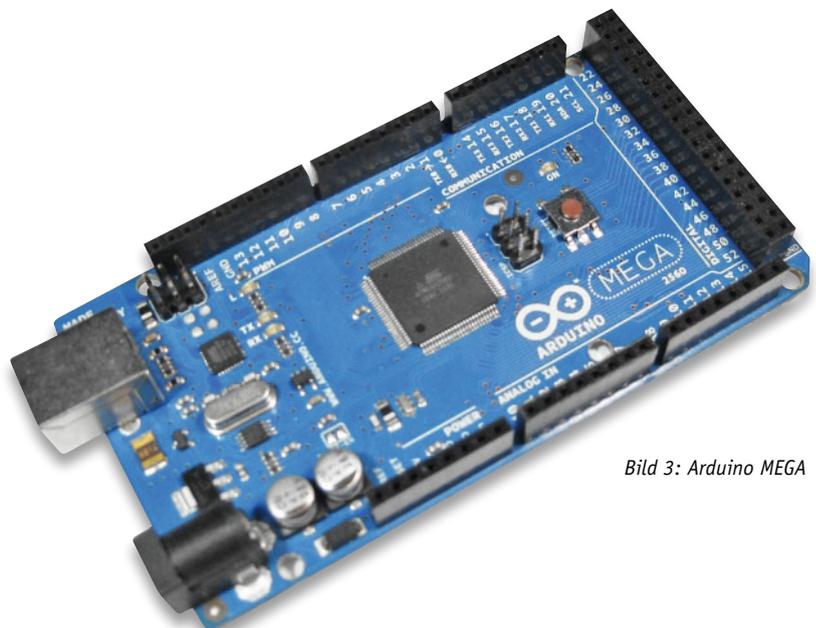


Bild 3: Arduino MEGA



Der DUE hat mit einer Größe von 102 × 53 mm den gleichen Formfaktor wie der MEGA bzw. Mega-ADK. Damit ist er mit diesen auch weitgehend hardwarekompatibel. Zumindest mechanisch passen also die klassischen Shields, die für die Standard- und MEGA-Arduinos entwickelt wurden, auch auf den DUE. Natürlich ist zu beachten, dass der DUE mit 3,3 V arbeitet. Wenn Shields höhere Spannung an die Eingänge des DUE anlegen könnten, sind entsprechende Schutzvorrichtungen vorzusehen, wie etwa der Einbau von Spannungsteilern oder Pegelwandlern.

Da die Anwendungen des DUE bis in professionelle Bereiche wie künstliche Intelligenz und anspruchsvolle Robotik hineinreichen, ergeben sich völlig neue Möglichkeiten. So können auch komplexe Algorithmen auf diesem Board eingesetzt werden, und Anwendungen wie Muster- oder Spracherkennung, schnelle Regelungen, digitale Synthesizer oder professionelle Messtechnik wie Speicheroszilloskope und Arbitrarität-Waveform-Generatoren rücken in den Bereich des Möglichen.

## Arduinos im Eigenbau

Obwohl eine breite Palette von Arduino-Varianten zur Verfügung steht, kann es durchaus sinnvoll oder sogar notwendig sein, eigene „Arduinos“ zu entwickeln und aufzubauen. Ein wichtiger Punkt sind auch die Kosten. Ein UNO schlägt mit etwa € 25,- zu Buche. Der Controller-Chip auf dem Board ist dagegen für ca. € 2,- zu haben. Für den Einstieg in die Welt der Mikrocontrollertechnik ist der Arduino sicher gut geeignet. Wenn man nur einige Experimente mit einem einzelnen Board durchführen möchte, ist der Preis auch sicher noch im Rahmen. Allerdings benötigt man für eine umfangreichere Hausautomatisierung durchaus auch einmal mehrere Controller. Dann kann es eine wichtige Rolle spielen, ob man für beispielsweise zehn Datenerfassungsknoten € 250,- oder nur € 20,- ausgeben muss.

Der Eigenbau eines Arduino-kompatiblen Boards ist leicht zu bewerkstelligen. In den folgenden Abschnitten wird dargelegt, wie man einen Arduino „clonen“ kann, d. h. wie mithilfe eines UNOs fabrikneue Controller mit einem sogenannten Bootloader versehen werden. Damit sind die kostengünstigen Chips anschließend genauso verwendbar wie der ursprüngliche Arduino.

## Der Arduino als universeller Programmierer

Das Arduino-Board kann nicht nur direkt als Mikrocontroller-Platine eingesetzt werden, sondern auch als universeller Programmierer für viele AVR-Mikrocontroller-Varianten. Natürlich ist es wesentlich ökonomischer, wenn in einem Projekt nur ein einzelner Mikrocontroller benötigt wird und nicht ein komplettes Arduino-Board.

Insbesondere bei Anwendungen, die für den praktischen Dauereinsatz vorgesehen sind, werden viele Komponenten eines Arduino UNOs gar nicht mehr benötigt.

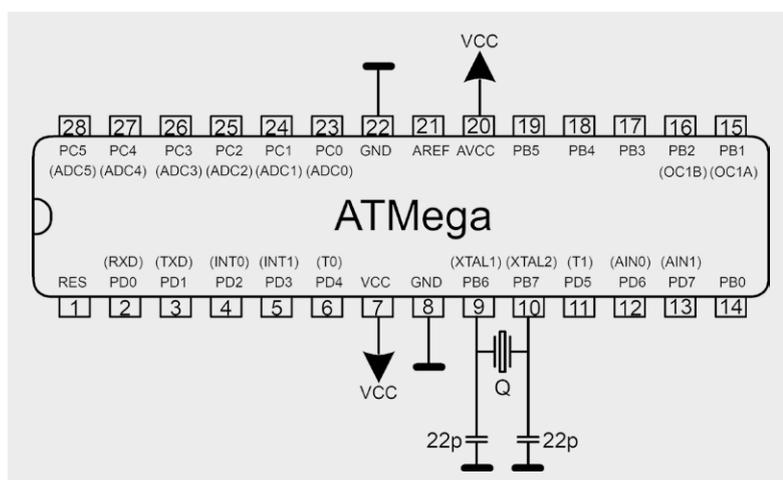


Bild 4: Pin-Belegung eines ATmega-Controllers

Ist der Controllerchip erst einmal korrekt programmiert, kann er auch ohne USB-seriell-Wandler arbeiten. Um einen Controller im „Stand-alone“-Einsatz zu verwenden, sind nur wenige Vorarbeiten notwendig, eine davon ist das Brennen eines Bootloaders auf den fabrikneuen Chip.

## Arduino-Bootloader auf einen Atmega-Chip brennen

Um einen Bootloader auf einen ATmega-Controller zu brennen, kann man den Arduino UNO als In-circuit Serial Programmer (ISP) verwenden.

Zum Programmieren des Bootloaders sind folgende Schritte notwendig:

### 1. Arduino UNO mit ISP-Programmer-Firmware laden

In der Arduino-IDE findet sich das entsprechende Programm unter

*Datei -> Beispiele -> ArduinoISP.*

Dieser Sketch muss in den Arduino geladen werden. Wie üblich ist dazu unter

*Werkzeuge > Board > Arduino UNO*

der UNO als aktuelles System auszuwählen.

Selbstverständlich muss auch wieder die korrekte COM-Schnittstelle selektiert werden:

*Werkzeuge > Port > COMxx*

Dann kann das ISP-Programm mit dem Button für „Hochladen“ in den UNO geschrieben werden.

### 2. Anschließen des zu brennenden Chips

Nun kann eine Arduino-Minimalkonfiguration mit ATMEGA8, ATMEGA168P oder ATMEGA328P aufgebaut werden. Bild 4 zeigt die zugehörige Pin-Belegung.

Die relevanten Pin-Belegungen sind für alle Controllervarianten identisch. Neben den ISP-Leitungen wird lediglich noch ein 16-MHz-Quarz benötigt. Um ein sicheres Anschwingen des Quarzes zu garantieren, sind noch zwei sogenannte Lastkapazitäten mit jeweils 22 pF notwendig. Ein Pull-up-Widerstand (ca. 10 kΩ) am Reset-Eingang kann die Betriebssicherheit weiter erhöhen, er ist jedoch meist nicht unbedingt erforderlich. Bild 5 zeigt den kompletten Aufbau, inklusive des als Programmierer verwendeten Arduinos.

Die beiden eingezeichneten Stützkondensatoren (z. B. 100 µF) in den Betriebsspannungsschienen sorgen dafür, dass der zu programmierende Chip eine stabile Spannungsversorgung erhält. Bei kurzen Leitungen können die beiden Elkos entfallen.

Neben den Leitungen für Ground und 5 V:

UNO GND → ATMEGA328 Pin 8

UNO +5V → ATMEGA328 Pin 7

werden nur noch die vier ISP-Leitungen vom UNO zum Steckbrett benötigt:

UNO 10 → ATMEGA328 Pin 1 Reset

UNO 11 → ATMEGA328 Pin 17 MOSI

UNO 12 → ATMEGA328 Pin 18 MISO

UNO 13 → ATMEGA328 Pin 19 SCK

Zusätzlich können LEDs mit passenden Vorwiderständen (ca. 220 Ω bis 1 kΩ) auf dem Steckbrett angeschlossen werden. Eine grüne LED kann zusätzlich als

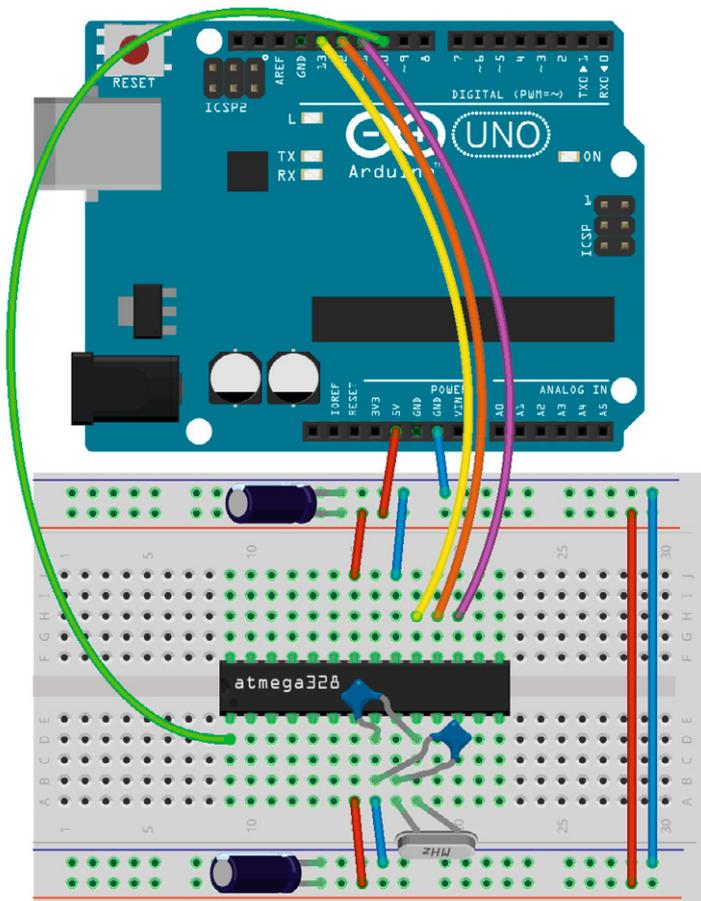


Bild 5: Arduino als Programmer

Power-Indikator, d. h. zwischen 5 V und GND geschaltet werden. Eine gelbe LED dient als „LED13“, also als Arduino-Standard-LED. Hierfür wird der Pin 19 (PB5) des ATmega verwendet.

### 3. Bootloader programmieren

Nun wird der zu programmierende ATmega unter *Werkzeuge > Board > Arduino* ausgewählt. Also z. B. für einen Atmega328P „Arduino UNO“, oder für einen Mega168 „Arduino NG oder Ältere“. Das Brennen des Bootloaders erfolgt über

*Werkzeuge > Board > Bootloader brennen*

Damit wurde der aktuelle Bootloader auf den Chip geladen. Der neue Controller kann nun als Arduino-Prozessor verwendet werden.

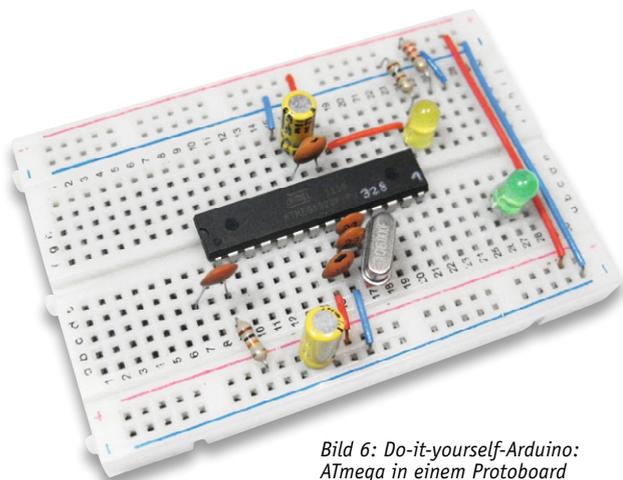


Bild 6: Do-it-yourself-Arduino: ATmega in einem Protoboard

Verfügt man über einen UNO mit austauschbarem Chip (also DIL bzw. THT-Version) kann man nun den neuen Chip in den Arduino einsetzen und genauso programmieren wie den ursprünglichen Originalcontroller. Nachdem das gewünschte Programm entwickelt und geladen wurde, kann der ATmega wieder aus dem UNO-Board entfernt und „stand-alone“ eingesetzt werden. Bild 6 zeigt den Einsatz in einem Protoboard.

Neben dem ATmega168/328 können auch andere Typen wie etwa der ATtiny13, ATmega8 und ATmega32 auf diese Weise mit einem Arduino-kompatiblen Bootloader versehen werden.

### Hochladen mit einem Arduino Board

Sobald der ATmega über den Arduino-Bootloader verfügt, können Programme mit einem USB-zu-seriell-Konverter (FTDI-Chip) auf den neuen „Arduino“ geladen werden. Dazu entfernt man den Mikrocontroller aus dem Arduino-Board. Dies ist natürlich wiederum nur möglich, wenn man über einen Arduino mit THT-Chip und IC-Fassung verfügt. Dann kann der FTDI-Chip stattdessen mit dem Mikrocontroller auf dem Steckbrett verbunden werden. Bild 7 zeigt, wie die RX- und TX-Leitungen von der Arduino-Platine mit dem ATmega auf das Steckbrett zu führen sind. Um den Mikrocontroller zu programmieren, wählt man den Ziel-Chip unter

*Tools- > Board*

aus. Die Sketche werden dann wie gewohnt hochgeladen.

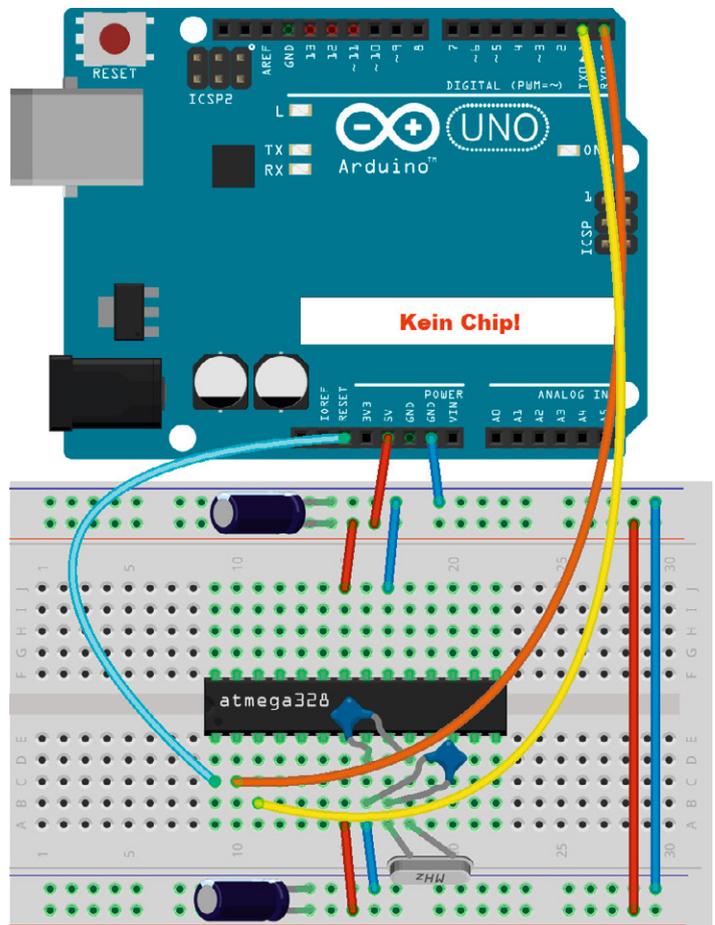


Bild 7: Der Arduino als USB-zu-RS232-Wandler



Alternativ kann auch ein spezieller USB-seriell-Wandler verwendet werden. Bild 8 zeigt eine solche Platine.

Der Anschluss an den Do-it-yourself-Arduino erfolgt über vier Leitungen: GND, Rx und Tx und RESET. Die RESET-Leitung wird dabei über einen 100-nF-Kondensator mit dem DTR-Pin des Converters verbunden. Bild 9 zeigt den Aufbau:

Der Chip muss nun selbstverständlich mit einer eigenen 5-V-Spannungsversorgung gespeist werden, da die Spannung aus dem Arduino jetzt nicht mehr zur Verfügung steht. Nun kann man auch vollkommen ohne die Beteiligung eines klassischen Arduino-Boards Sketche auf den neuen Chip laden. Natürlich stehen auf der Softwareseite alle gewohnten Funktionen der Arduino-IDE unverändert zur Verfügung.

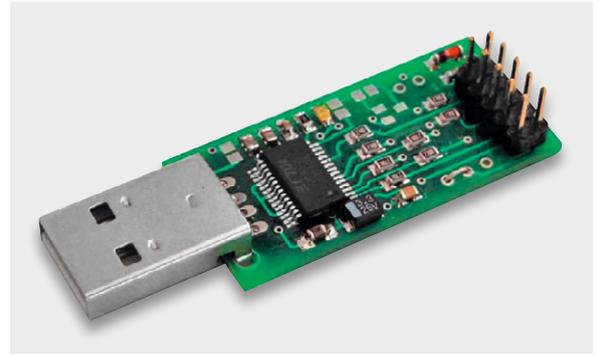


Bild 8: USB-zu-RS232-Wandler

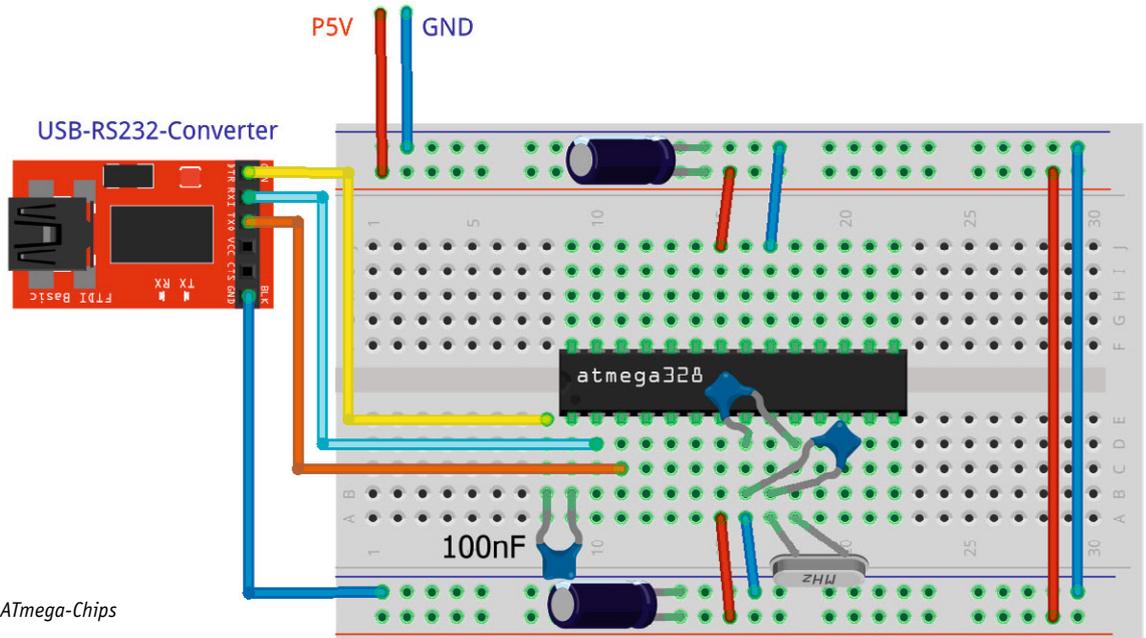


Bild 9: Programmierung eines ATmega-Chips mit USB-zu-RS232-Wandler

## Ausblick

In diesem Beitrag wurden die verschiedenen Arduino-Varianten und dazu passende Anwendungen vorgestellt. Darüber hinaus wurde dargestellt, wie man Arduino-Clone im Eigenbau herstellen kann. Diese können genauso verwendet werden wie die Original-Arduino-Boards.

Mit diesem Artikel findet die Reihe „Arduino verstehen und anwenden“ ihr Ende. Mit 28 Artikeln ist damit in den letzten 4 ½ Jahren ein umfangreiches Kompendium rund um das Thema Arduino und Mikrocontrollertechnik entstanden.

Wer die Artikel sorgfältig durchgearbeitet hat, ist nun sicher kein Anfänger mehr in diesem Technikbereich und für eigene Anwendungen und Projekte bestens gerüstet!



Preisstellung April 2018 – aktuelle Preise im ELV Shop

Empfohlene Produkte	Best.-Nr.	Preis
Arduino UNO	CV-10 29 70	€ 27,95
Arduino MICRO	CV-10 97 74	€ 24,95
JOY-iT: Arduino-kompatible Model Mega2560R3	CV-12 74 82	€ 24,95

Alle Arduino-Produkte wie Mikrocontroller-Platinen, Shields, Fachbücher und Zubehör finden Sie unter: [www.arduino.elv.de](http://www.arduino.elv.de)



## Weitere Infos:

- Grundlagen zur elektronischen Schaltungstechnik finden sich in der E-Book-Reihe „Elektronik!“ ([www.amazon.de/dp/B000XNCB02](http://www.amazon.de/dp/B000XNCB02))
- Elektor-Praxiskurs AVR-XMEGA-Mikrocontroller, Best.-Nr. CV-12 07 62
- FRANZIS Physical Computing, Best.-Nr. CV-12 21 81
- FRANZIS Lernpaket Motoren & Sensoren mit Arduino, Best.-Nr. CV-12 74 74