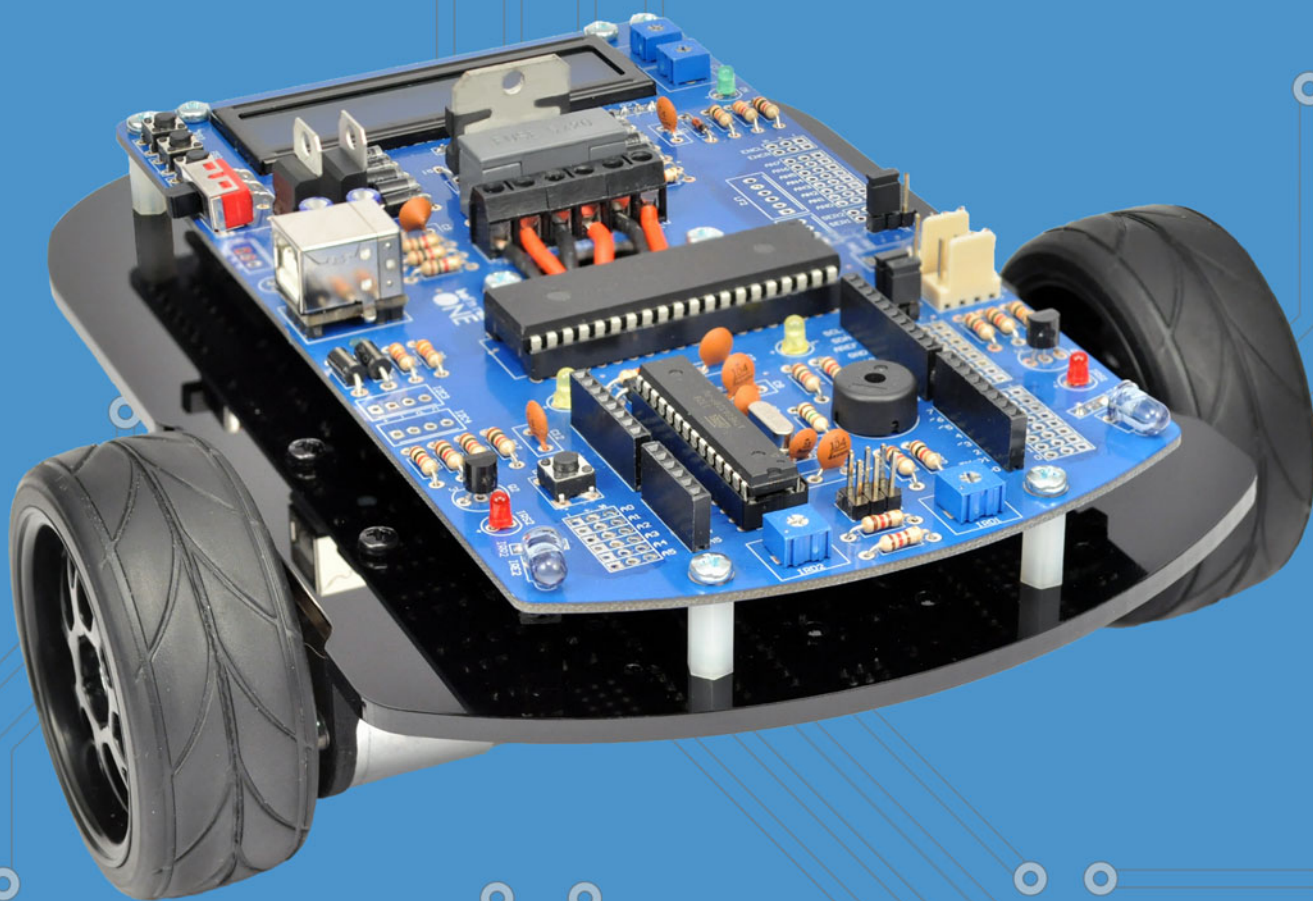


bot'n roll ONE

build your own robot



Bauanleitung

www.botnroll.com

©Copyright 2016, SAR - Soluções de Automação e Robótica, Lda.

INHALT

1. Einleitung.....	4
1.1. Bot'n Roll ONE A	4
1.1.1. Bot'n Roll ONE A - Für wen ist dieser Roboter gedacht?	4
1.1.2. Bot'n Roll ONE A – Die wichtigsten Daten	5
1.1.3. Der Bot'n Roll ONE A im Überblick	6
1.2. Robotertechnik	7
1.2.1. Ein geschichtlicher Rückblick	7
1.2.2. Die drei Gesetze der Robotik	7
1.2.3. Wichtige Events und Verbände in der Welt der Robotik	8
1.3. Elektronik – Begriffsbestimmungen	10
2. Bot'n Roll ONE A - Komponenten	11
3. Akku	12
3.1. Akku aufladen	12
3.2. Umgang mit dem Akku	12
4. Bot'n Roll ONE A – Das Zusammenbauen	13
4.1. Mechanische Montage	13
4.1.1. Motoren	14
4.1.2. Antriebsräder	15
4.1.3. Laufrad	16
4.1.4. Die Leiterplatte	17
4.1.5. Widerstände	18
4.1.6. Quarzoszillator	20
4.1.7. Dioden	21
4.1.8. Potentiometer	22
4.1.9. Farbige LEDs	23
4.1.10. IC-Sockel für integrierte Schaltungen	24
4.1.11. Infrarotsender	25
4.1.12. Drucktaster	25

4.1.13.	Hauptschalter	26
4.1.14.	Buzzer	26
4.1.15.	Keramikkondensatoren	27
4.1.16.	Bipolartransistoren.....	28
4.1.17.	Jumper (Kurzschlussbrücken).....	29
4.1.18.	Arduino-Steckverbinder	30
4.1.19.	Leistungssteckverbinder (Power Connectors).....	32
4.1.20.	Sicherung und Sicherungshalter.....	32
4.1.21.	Elektrolytkondensatoren.....	33
4.1.22.	I2C-Steckverbinder	33
4.1.23.	USB-Seriell-Wandler	33
4.1.24.	Kühlkörper.....	34
4.1.25.	Spannungsregler.....	34
4.1.26.	Die H-Brücke L298	35
4.1.27.	Infrarotempfänger.....	35
4.1.28.	LCD-Display.....	36
4.1.29.	Schutzgehäuse für den USB-Seriell-Wandler	37
4.2.	Verdrahten und Prüfen	38
4.2.1.	Akku anschlieSSen	38
4.2.2.	Elektrische Montagekontrolle	38
4.2.3.	Einsetzen der integrierten Schaltungen	40
4.2.4.	Die Leiterplatte an der Acryl-Grundplatte befestigen	41
4.2.5.	Die Motoren anschlieSSen.....	41
4.2.6.	Akku einsetzen.....	42
5.	VCP-Treiber für den USB-Seriell(RS232)-Wandler installieren	43
6.	Die Arduino-Programmierungsumgebung.....	43
6.1.	Arduino IDE installieren	43
6.2.	Die Library BnrOneA auf Arduino installieren.....	43
6.3.	Die Kommunikation mit dem Roboter konfigurieren	44

6.4.	Ein Programm auf den Bot'n Roll ONE A laden	45
7.	Der Hardware-Test für Euren Bot'n Roll ONE A.....	46
7.1.	„L“-LED	46
7.2.	Buzzer.....	46
7.3.	Debug-LED.....	47
7.4.	LCD-Display	47
7.5.	Drucktaster	48
7.6.	Akku	48
7.7.	Motoren	49
7.8.	Infrarot-LEDs	49
7.9.	Hindernissensoren	50
7.10.	Die Hinderniserkennungs-Schaltung kalibrieren.....	51
8.	Extras	52
9.	Anhang	53
9.1.	Bot'n Roll ONE A – Liste der Elektronikbauteile.....	53
9.2.	Schaltplan.....	54

Stand: 26. Februar 2016

1. EINLEITUNG

1.1. BOT'N ROLL ONE A

1.1.1. BOT'N ROLL ONE A - FÜR WEN IST DIESER ROBOTER GEDACHT?

Der Arduino-kompatible Bot'n Roll ONE A ist ein *Open Source*-Didaktikroboter für alle, die ohne viel Vorwissen über Elektronik oder Computer in die Welt der mobilen Roboter einsteigen wollen. Beim Zusammenbauen dieses Roboters kann man erste Erfahrungen mit einigen der gebräuchlichsten Elektronikbauteile sammeln. In dieser Bauanleitung werden in einer kurzen Einleitung zunächst die Grundkomponenten vorgestellt. Weitere Begriffe und Zusammenhänge werden im Rahmen der Montageanleitung erläutert, sodass die Nutzerinnen und Nutzer parallel zum Zusammenbau der Elektronik eine sehr hilfreiche Einführung erhalten.

Für Robotik-Neulinge ist der Bot'n Roll ONE A der ideale Einstiegsroboter, weil er sich ohne Grundkenntnisse zusammenbauen lässt.

Für Lehrkräfte ist der Bot'n Roll ONE A ein wertvolles Arbeitsinstrument, das sie bei der Wissensvermittlung unterstützt. An diesem Roboter lassen sich verschiedenste Zusammenhänge – von der Elektronik bis zur Programmierung – sehr praxisorientiert studieren.

Aber auch Robotik-Erfahrene stellt dieser Roboterbausatz vor interessante Aufgaben. Der Bot'n Roll ONE A ist mit zwei Mikrocontrollern ausgestattet: einem ATmega328, der mit einer Taktfrequenz von 16 MHz betrieben und mit Arduino IDE (die stark dem Arduino UNO ähnelt) in der Programmiersprache C programmiert wird, und einem PIC18F45K22, der mit einer Taktfrequenz von 80 MHz betrieben und mit dem Mikrochip MPLABX (der mit der von botnroll.com entwickelten Firmware mitgeliefert wird) ebenfalls in der Programmiersprache C programmiert wird. Für die Interaktion zwischen den beiden Mikrocontrollern sorgt eine Library für die Arduino-IDE, die speziell von botnroll.com entwickelt wurde. Im Lieferumfang des Bausatzes ist ein 2-zeiliges alphanumerisches LCD-Display mit 16 Zeichen pro Zeile enthalten.

Der Roboter kann mit einer Vielzahl von Arduino-kompatiblen Shields (Aufsteckplatinen) – zum Beispiel für drahtlose Kommunikation, GPS oder GPRS – und vielen anderen Sensoren für verschiedenste Aufgaben kombiniert werden. Dadurch eignet er sich gut für die Teilnahme an großen nationalen und internationalen Robotik-Wettkämpfen. Diese Wettkämpfe sind für junge Menschen immer eine gute Motivation, ihr Wissen zu erweitern und neue Lösungen kennenzulernen, die die anderen Teams erarbeitet haben.

Wenn Ihr nähere Informationen wünscht, könnt Ihr Euch auf www.botnroll.com anmelden, damit Ihr aktuelle Nachrichten erhaltet.

1.1.2. BOT'N ROLL ONE A – DIE WICHTIGSTEN DATEN

Mikrocontroller: 1 ATmega328 + 1 PIC18F45K22

Versorgungsspannung: 7 V bis 15V DC

Digitale Ein-/Ausgänge: 14 (davon 6 PWM-fähig)

Analoge Eingänge: 6 (ATmega328) + 8 (PIC18F45K22)

Fest zugeordnete Ausgänge für die Servosteuerung: 2 (PIC18F45K22)

Encoder-Eingänge: 2 (PIC18F45K22)

I2C-Steckverbinder: 4 (ATmega328)

LCD-Display: Alphanumerisches Display mit 2 x 16 Zeichen und Helligkeits- und Kontrasteinstellung (PIC18F45K22)

Drucktaster: 3 (PIC18F45K22)

Hindernissensoren: 2 (PIC18F45K22)

Buzzer: 1 (ATmega328)

Debug-LEDs: 2

Motoren: 2 (PIC18F45K22)

- Nennspannung: 12 V DC
- Nennstrom: 0,58 A
- Drehzahl ohne Last: 250 U/min
- Nenndrehmoment: 1,16 kg/cm
- Maximales momentanes Drehmoment: 1,74 kg/cm

Abmessungen: 205 mm x 192 mm x 85 mm

Gewicht: 800 g (Basis-Bausatz ohne Akku)

Akku: Ni-MH-Akku AA 12V 1300 mAh

Weitere Merkmale:

- Reset-Taster;
- Stromkreis zum Messen der Akkuspannung
- Anbaumöglichkeit für einen Spannungsregler für die Servo-Stromversorgung;
- Mikrocontroller kommunizieren über SPI-Bus;
- Kurzschlusschutz durch träge 4A-Sicherung.

1.1.3. DER BOT'N ROLL ONE A IM ÜBERBLICK

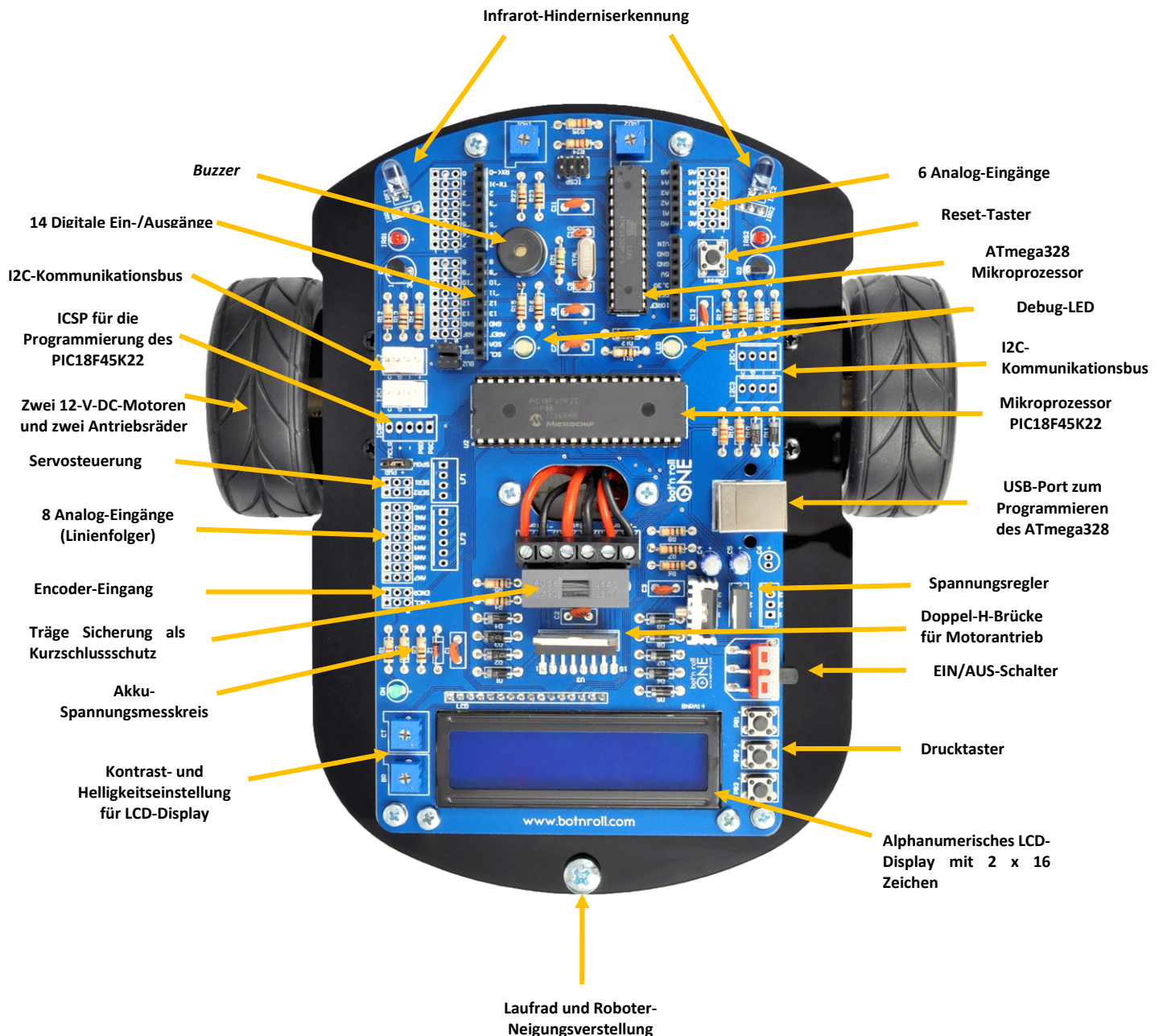


Abbildung 1: Der Bot'n Roll ONE A im Überblick

1.2. ROBOTERTECHNIK

1.2.1. EIN GESCHICHTLICHER RÜCKBLICK

Das Wort „Roboter“ trat zum ersten Mal 1920 in Erscheinung – in dem Theaterstück „RUR“ (Rossumovi Univerzální Roboti; zu Deutsch „Rossums Universal-Roboter“) des tschechischen Dramatikers Karel Čapek. Das Stück handelt von dem Unternehmen RUR, das mehrere künstliche Menschen herstellt, die dann als Arbeitskräfte eingesetzt werden. Dabei wird erstmals das Wort „Roboter“ als Bezeichnung für einen künstlichen Menschen verwendet. Das tschechische Wort „robota“ heißt eigentlich „Frondienst“ oder „Zwangsarbeit“. Vielleicht liegt es an dieser Nebenbedeutung, dass Roboter vielfach mit der Industrie in Zusammenhang gebracht werden. Vor Čapeks Theaterstück bemühte man für Roboter das griechische Wort „automaton“, das so viel heißt wie „sich selbst bewegend“.

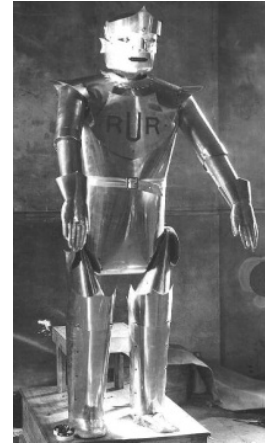


Abbildung 2:
Rossums Universal-Roboter

1.2.2. DIE DREI GESETZE DER ROBOTIK

Diese Gesetze, die der Schriftsteller [Isaac Asimov](#) in seiner Kurzgeschichtensammlung [I, Robot](#) aufgestellt hat, formulieren drei wichtige Verhaltensvorschriften für Roboter:

- 1. Gesetz:** *Ein Roboter darf keinem Menschen Schaden oder durch Untätigkeit einen Schaden an Menschen zulassen.*
- 2. Gesetz:** *Ein Roboter muss jeden von einem Menschen gegebenen Befehl ausführen, aber nur, wenn dabei das erste Gesetz nicht gebrochen wird.*
- 3. Gesetz:** *Ein Roboter muss seine eigene Existenz bewahren, es sei denn, dies spricht gegen das erste oder zweite Gesetz.*

Nach eigener Aussage wollte Asimov mit diesen Gesetzen die Rahmenbedingungen für Roboter schaffen, die intelligent genug sind, um zwischen Gut und Böse zu unterscheiden, und sich nicht gegen die Menschenwelt erheben. Später fügte Asimov noch ein viertes Gesetz hinzu:

Das Nullte Gesetz: *Ein Roboter darf die Menschheit nicht verletzen oder durch Passivität zulassen, dass die Menschheit zu Schaden kommt.*

Das Nullte Gesetz wirft allerdings das Problem auf, dass nach diesem Gesetz in bestimmten Situationen der Roboter darüber entscheidet, ob sich die Interessen der Menschheit mit den Interessen des Einzelnen überschneiden. Dadurch entsteht ein gefährliches Vakuum für eine Diktatur der Maschinen, die selbst

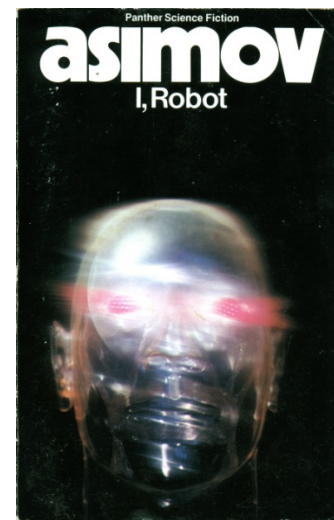


Abbildung 3: Das Buch „I Robot“
von Isaac Asimov

festlegen, was das höchste Gut ist, und Menschen auch schaden können, wenn sie der Meinung sind, dass dies für die Menschheit das Beste ist.

Asimovs Verhaltensvorschriften sind keine Gesetze im eigentlichen Sinn, sondern nur Leitlinien, die alle Robotikbegeisterten und Forscher beherzigen sollten, wenn sie Roboter konstruieren und entwickeln.

1.2.3. WICHTIGE EVENTS UND VERBÄNDE IN DER WELT DER ROBOTIK

RoboCup® - <http://www.robocup.org/>

Der RoboCup ist eine weltweite Forschungs- und Bildungsinitiative, die es sich vor allem zur Aufgabe gemacht hat, künstliche Intelligenz und die Robotik insgesamt zu fördern. Als zentrale Herausforderung dient dabei das Fußballspielen: In allen Robotikbereichen werden neue Technologien entwickelt, damit 2050 ein Team von Roboter gegen die „menschlichen“ Fußballweltmeister gewinnen kann. Der RoboCup findet jedes Jahr in einem anderen Land statt.

S.P.R. - <http://www.spr.ua.pt/site/>

Die *Sociedade Portuguesa de Robótica* (Portugiesische Gesellschaft für Robotik, kurz SPR) ist ein gemeinnütziger Verein, der vor allem Bildung, Forschung und Technologieentwicklung fördert und anregt, sich aber auch für Robotikanwendungen in Industrie und Dienstleistungssektor stark macht.

F.N.R. - <http://www.spr.ua.pt/fnr/>

Das *Festival Nacional de Robótica* (Portuguese Open) fand zum ersten Mal 2001 in *Guimarães* statt und will mit einfachen Roboterwettkämpfen, die einen hohen Unterhaltungswert haben, die Wissenschafts- und Technologievermittlung in Grundschulen, weiterführenden Schulen und Hochschulen, aber auch in der breiten Öffentlichkeit fördern. Die Portuguese Open werden jedes Jahr in einer anderen Stadt veranstaltet und immer mit einem Symposium kombiniert, bei dem Robotikforscher aus dem In- und Ausland ihre neuesten Arbeitsergebnisse präsentieren. Die Veranstaltung ist eine Initiative der Portugiesischen Gesellschaft für Robotik und verzeichnet seit ihren Anfängen stark steigende Teilnehmer- und Zuschauerzahlen.

RoboParty® – <http://www.roboparty.org/>

Die RoboParty® ist ein Education-Event, bei dem 4-köpfige Teams 3 Tage und 2 Nächte lang mit Unterstützung durch qualifizierte Tutoren auf einfache und unterhaltsame Weise lernen, wie man autonome mobile Roboter baut. Zum Einstieg wird in einem Crash-Kurs das nötige Basiswissen über Elektronik, Roboterprogrammierung und Robotermechanik vermittelt. Anschließend erhalten die Teammitglieder einen Roboterbausatz, den die Firma SAR - Soluções de Automação e Robótica und die University of Minho gemeinsam entwickelt haben. Diesen Bausatz soll das Team zu einem Roboter zusammensetzen (inklusive Mechanik, Elektronik und Programmierung), den es nach der Veranstaltung behalten darf. Die Tutoren betreuen sie dabei intensiv, damit am Ende auch jeder Roboter einwandfrei funktioniert.

Ergänzt wird die RoboParty® durch ein Rahmenprogramm mit Sport, Musik, Internetaktivitäten, Spielen, Partys und vielem mehr. Übernachtet wird auch gemeinsam – jede Teilnehmerin und jeder Teilnehmer bringt einen Schlafsack mit.

Die RoboParty® ist mit einer Non-Stop-LAN-Party vergleichbar, die allerdings pädagogischen Zwecken und der Wissensvermittlung dient. Damit die jungen Teilnehmenden mit dem Roboter, den sie bei der

RoboParty gebaut haben, später bei nationalen und internationalen Robotikwettbewerben mitmachen können, werden im Rahmen der Veranstaltung auch die Regeln der wichtigsten Turniere erläutert.

botnroll.com – <http://www.botnroll.com/>

botnroll.com entwickelt Lernprodukte für den Robotikbereich. Diese Produkte bieten einen hervorragenden Einstieg für alle, die mehr über Robotik lernen wollen. Für Lehrkräfte an Grundschulen und weiterführenden Schulen sind die Produkte von botnroll ideale Hilfsmittel, um in die Themenfelder Mechanik, Elektronik und Programmierung einzuführen. Für erfahrene Anwender bietet botnroll auch technologisch hochentwickelte mobile Robotiklösungen an.

1.3. ELEKTRONIK – BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Die Elektronik als Wissenschaftszweig untersucht, wie man mit Schaltungen aus elektrischen und elektronischen Bauteilen Energie umwandelt, übermitteln, verarbeitet und speichert.

Die Elektronik ist der Teilbereich der Physik, in dem erforscht wird, was Elektronen sind, wie sie wirken und wie sie in elektronischen Geräten genutzt werden.

Im Wesentlichen untersucht die Elektronik den Durchfluss elektronischer Ladungen durch einen Halbleiter (nichtmetallischen Leiter).

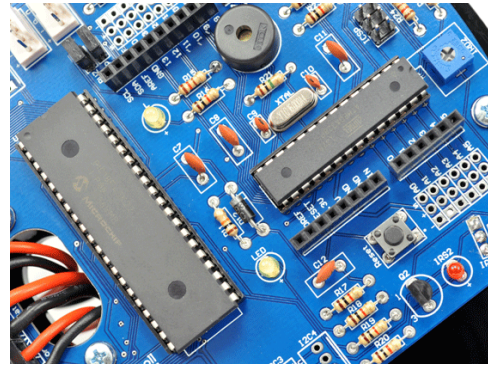


Abbildung 4: Elektronische Leiterplatte

Die Elektronik eröffnet die Möglichkeit, Energie zu beeinflussen, indem man sie fließen lässt, speichert, verteilt oder umwandelt. Außerdem lassen sich mit Hilfe der Elektronik Informationen durch elektrische Signale sammeln, verarbeiten, umwandeln, filtern und speichern.

In der Elektrotechnik geht es darum, die Grundprinzipien der Elektronik in Form von Technologien anzuwenden, um damit praktische Probleme zu lösen.

2. BOT'N ROLL ONE A - KOMPONENTEN

Wenn Ihr Euren **Bot'n Roll ONE A** Bausatz zum ersten Mal öffnet, solltet Ihr kontrollieren, ob er auch wirklich alle Komponenten enthält – nämlich:

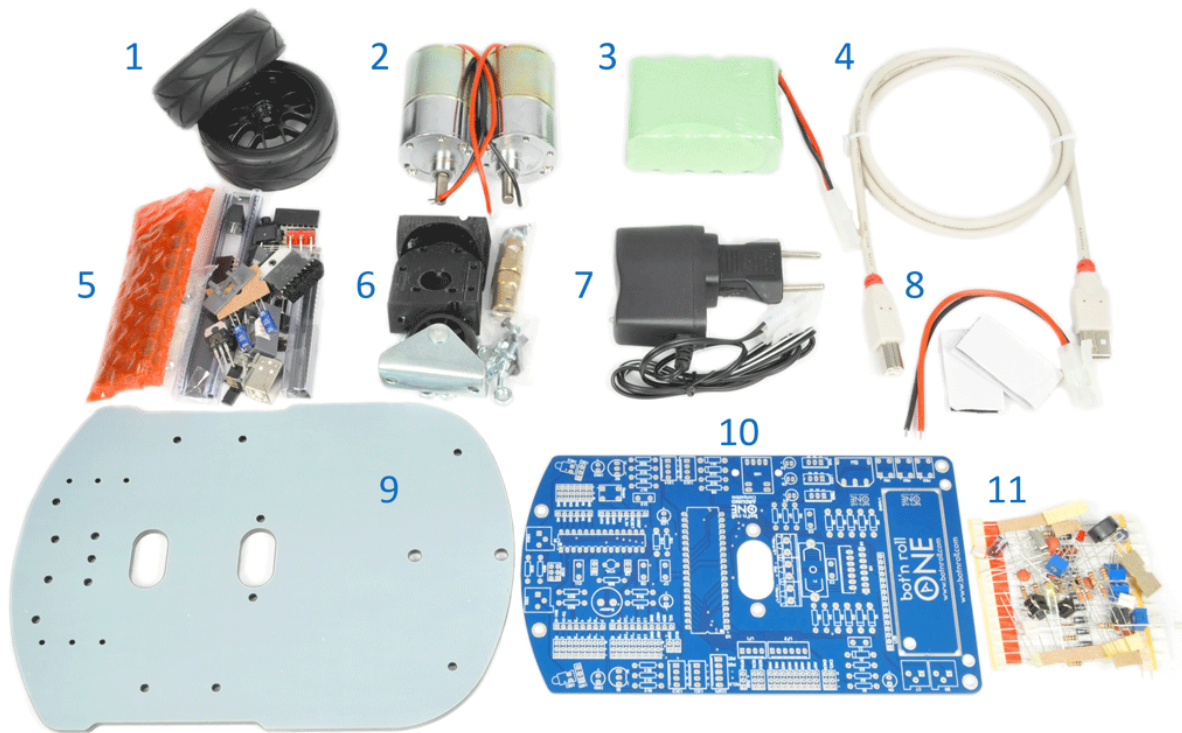


Abbildung 5: Bot'n Roll ONE A – Elektronikbauteile

- 1- Zwei Antriebsräder
- 2- Zwei DC-Motoren
- 3- Akku
- 4- USB-Kabel zum Anschließen des Roboters an den Computer
- 5- Größere Elektronikbauteile
- 6- Mechanikbauteile und Laufrad
- 7- Akkulader
- 8- Zubehör zum Einlegen und Anschließen des Akkus
- 9- Acryl-Grundplatte
- 10- Leiterplatte
- 11- Kleinere Elektronikbauteile

WICHTIGER HINWEIS: Falls irgendeine Komponente fehlt, wendet Euch bitte sofort an den Anbieter, der den Bausatz geliefert hat, damit die Komponente nachgeliefert wird.

3. AKKU

Schließt zuerst den Akku zum Aufladen an, bevor Ihr mit dem Zusammenbauen des Roboters beginnt. So sorgt Ihr dafür, dass der Akku einsatzbereit ist, wenn Ihr Euren Roboter fertig gebaut habt!

Der mitgelieferte Akku ist ein NiMH-Akku (NiMH steht für Nickel-Metallhydrid) mit 12 V Nennspannung und 800 mA Nennstrom.

3.1. AKKU AUFLADEN

Maximale Spannung: Der Akku ist vollständig aufgeladen, wenn die Spannung zwischen 14,5 V und 15 V beträgt.

Mindestspannung Als entladen gilt der Akku, wenn die Spannung weniger als 10 V beträgt.

Ladestrom Mit dem mitgelieferten Akkulader könnt Ihr auch den Ladestrom festlegen. Empfohlen wird ein Ladestrom von höchstens einem Zehntel der Nennkapazität. Für einen Akku mit 800 mA Nennstrom beträgt der empfohlene Ladestrom also: $800 \text{ mA} \div 10 = 80 \text{ mA}$.

Ladedauer: Um die Ladedauer zu berechnen, multipliziert man die Kapazität des Akkus mit dem Faktor 1,4 und teilt das Ergebnis durch den Ladestrom: $800 \times 1,4 \div 80 = 14$ Stunden Wenn der Ladevorgang beendet ist, muss der Akku vom Akkulader getrennt werden.

Schnellaufladung: Ihr könnt den Akku auch mit einem höheren Ladestrom laden als oben berechnet – das kann allerdings dazu führen, dass der Akku heiß wird und sich seine Lebensdauer verkürzt.

Ladezyklus: Ihr solltet es vermeiden, den Akku nur wenige Minuten oder einige Stunden lang aufzuladen, denn das verringert seine Kapazität und verkürzt seine Lebensdauer. Wenn Ihr Euch an die Lade- und Entladezyklen haltet, verlängert Ihr damit die Lebensdauer des Akkus.

Polung: Prüft beim Anschließen des Akkuladers, ob die Polung stimmt („+“ „-“)!

3.2. UMGANG MIT DEM AKKU

Damit es in Eurem Akku nicht zu einem Kurzschluss kommt, kontrolliert vor dem Einstecken des Akkusteckers auf jeden Fall, ob das Akkukabel richtig am Roboter eingesteckt ist.

Führt auf keinen Fall einen Kurzschluss an den Kontakten des Akkus herbei! Das zerstört den Akku und kann sogar zu einem Brand führen.

4. BOT'N ROLL ONE A – DAS ZUSAMMENBAUEN

Das Zusammenbauen des Bot'n Roll ONE A geschieht in drei Schritten:

- 1 – Mechanische Montage
- 2 – Elektronische Montage
- 3 – Elektrische Verkabelung

TIPP: Schließt zuerst den Akku zum Aufladen an, bevor Ihr mit dem Zusammenbauen des Roboters beginnt, damit der Akku nach der Roboter montage gleich einsatzbereit ist. Den Akku vollständig aufzuladen, dauert ungefähr 8 Stunden. Lasst den Akku nicht länger als 8 Stunden laden, weil er ansonsten Schaden nehmen kann. Da es sich um einen NiMH-Akku handelt, müsst ihr ihn immer komplett aufladen und entladen, statt ihn nur wenige Minuten oder eine oder zwei Stunden lang aufzuladen. Kurze Ladevorgänge verringern die Kapazität des Akkus und verkürzen seine Lebensdauer.

WICHTIGER HINWEIS: Ihr werdet möglicherweise einige Werkzeuge brauchen, die nicht mit dem Bausatz mitgeliefert werden: Multimeter (Universal-Messgerät), Kreuzschlitz-Schraubendreher in den Größen PH1 und PH2, Flachzange, Lötkolben, Löt draht, Entlötpumpe, Kombizange.

4.1. MECHANISCHE MONTAGE

Für die mechanische Montage braucht Ihr die Motoren, die Räder, die Motorhalterungen, Radnaben, Schrauben und die Acryl-Grundplatte.

4.1.1. MOTOREN

Zum Einbau jedes Motors braucht Ihr jeweils eine Motorhalterung mit zwei eingebetteten M3 Muttern, drei M3 x 6 mm Kreuzschlitzschrauben (Größe PH1) und zwei M3 x 12 mm Kreuzschlitzschrauben (Größe PH1).

Ihr braucht einen 1,5-mm-Sechskantschlüssel, den Ihr im Beutel mit den mechanischen Bauteilen findet, und einen Kreuzschlitz-Schraubendreher (Größe PH1), der nicht mitgeliefert wird.

Befestigt den Motor mit den drei kleineren M3 x 6 mm Kreuzschlitzschrauben (PH1) an der Motorhalterung.

Zieht mit dem Kreuzschlitz-Schraubendreher (PH1) alle Schrauben an.



Abbildung 6: Das braucht Ihr zum Einbauen des Motors



Abbildung 7: Die L-förmige Motorhalterung wird am Motor angebracht

Befestigt mit den beiden längeren M3 x 12 mm Kreuzschlitzschrauben (PH1) und den in die Halterung eingebetteten M3 Muttern die Motorhalterung mit dem angeschraubten Motor an der Acryl-Grundplatte.

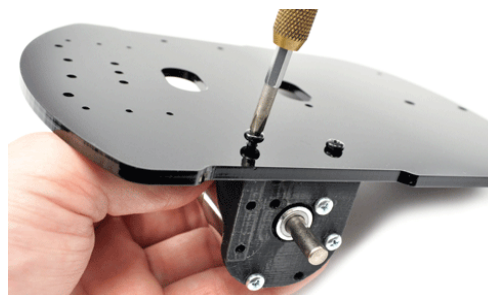


Abbildung 8: Die Motoren werden an der Acryl-Grundplatte befestigt

In der Acryl-Grundplatte befindet sich eine Öffnung, durch die Ihr die Motorkabel hindurchführen müsst, die später an die Leiterplatte angeschlossen werden. Führt die Kabel so in die Öffnung ein wie in der Abbildung gezeigt.



Abbildung 9: Die Motorkabel werden durch die Acryl-Grundplatte durchgeführt

4.1.2. ANTRIEBSRÄDER

Zum Fortbewegen benutzt der Bot'n ONE A zwei Antriebsräder, die mit den Motoren verbunden werden. Sie bestehen aus Kunststoff und einem Gummiüberzug.

Um die Antriebsräder zu montieren, braucht Ihr für jedes Rad jeweils eine formschlüssige „Radnabe“, eine M3 x 3 mm Sechskantschraube und eine M4 x 6 mm Kreuzschlitzschraube (PH2).



Abbildung 10: Diese Teile braucht Ihr zum Befestigen der Antriebsräder

Die Motorachse ist nicht komplett rund! Sie hat eine flächige Seite, damit Ihr die Schraubnabe mechanisch so anbringen könnt, dass sie sich nicht auf der Motorachse drehen kann. So sorgt Ihr dafür, dass die gesamte Energie des Motors auf die Räder übertragen wird!



Bringt die Nabe an der Motorachse an und befestigt sie mit einem 1,5-mm-Sechskantschlüssel an der flächigen Seite der Motorachse.



Steckt das Rad auf die Nabe, indem Ihr es an das sechseckige Ende der Nabe drückt.



Befestigt das Rad mit der M4 x 6 mm Kreuzschlitzschraube (PH2) an der Nabe und zieht die Schraube fest!

WICHTIGER HINWEIS: Vergewissert Euch, dass zwischen Rad und Motor kein Abstand bleibt, denn sonst wird das Bewegungsverhalten des Roboters beeinträchtigt!

Abbildung 11: Montieren der Antriebsräder

4.1.3. LAUFRAD

Das Laufrad wird gebraucht, um den Roboter zu stützen, und dient außerdem dazu, die Neigung des Roboters nach Bedarf zu verstellen. Die Höhe des Roboters müsst Ihr deswegen am „Heck“ einstellen.

Zum Anbringen des Laufrads braucht Ihr zwei M5 x 20 mm Kreuzschlitzschrauben (PH2) und sechs M5 Muttern.

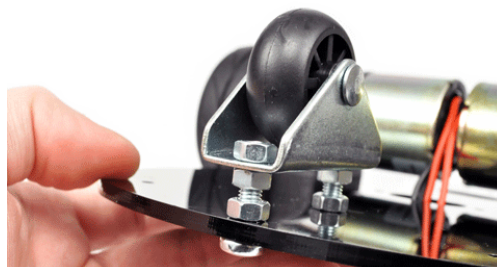


Abbildung 12: Laufrad, Schrauben und Muttern

Steckt die Schrauben durch die Acryl-Grundplatte und bringt an jeder Schraube jeweils zwei M5 Muttern an.



Bringt das Laufrad an, indem Ihr die Schrauben in die entsprechenden Öffnungen steckt und jede Schraube jeweils mit einer der beiden verbliebenen M5 Muttern festzieht.



Mit Hilfe der M5 Muttern an beiden Seiten des Laufrads könnt Ihr die Neigung des Roboters einstellen.

Vergewissert Euch, dass keine Muttern lose sind und dass das Laufrad und die Antriebsräder gleich ausgerichtet sind, denn eine Fehlstellung der Räder würde das Bewegungsverhalten des Roboters beeinträchtigen.



Abbildung 13: Das Laufrad ist montiert und die Neigung des Roboters richtig eingestellt

Herzlichen Glückwunsch! Den mechanischen Teil der Montage Eures Bot'n Roll ONE A habt Ihr erfolgreich abgeschlossen!

Jetzt könnt Ihr mit der Montage der Elektronik beginnen.

Elektronische Montage

Für die Montage der Elektronik braucht Ihr die folgenden (nicht mit dem Roboter mitgelieferten) Werkzeuge:

- Lötkolben
- Lötendraht
- Entlötpumpe
- Kombizange



Abbildung 14: Das braucht Ihr für die elektronische Montage

WICHTIGER HINWEIS: In diesem Montageschritt werden alle elektronischen Bauteile an die Leiterplatte gelötet. Damit alle Bauteile richtig verlötet werden, empfehlen wir Euch dringend, alle Bauteile genau in der Reihenfolge anzulöten, die in dieser Bauanleitung beschrieben wird. Durch fehlerhaftes Verlöten können Bauteile oder die Leiterplatte zerstört werden. Deshalb müsst Ihr, bevor Ihr mit dem Löten beginnt, den „Crash course on Soldering“ (Crashkurs Löten) absolvieren, den ihr auf der Support-Website für den Bot'n Roll ONE A findet. Bitte folgt dazu dem folgenden Link: http://botnroll.com/onea_en/soldering/

4.1.4. DIE LEITERPLATTE

Die Leiterplatte ist mit kleinen Löchern versehen, in die Ihr die elektronischen Bauteile einstecken müsst.

Die weiß aufgedruckte Bezeichnung der Bauteile gibt die Position und Ausrichtung jedes elektronischen Bauteils auf der Leiterplatte an.

Die Leiterplatte dient als Trägerplatte für die elektronischen Bauteile und enthält alle vom Schaltplan des Roboters vorgegebenen Verbindungen zwischen diesen Bauteilen.

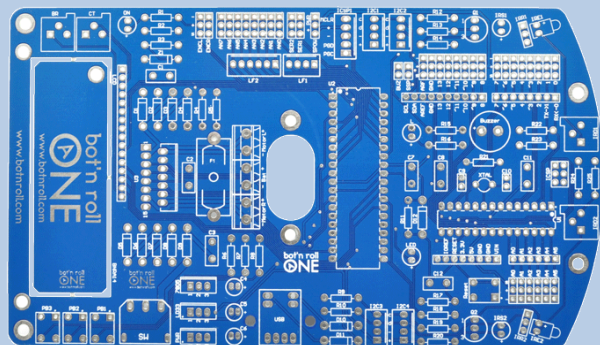


Abbildung 15: Die Leiterplatte

Wenn Ihr die Bauteile einsteckt, müsst Ihr die weißen Aufdrucke beachten – angelötet werden die Bauteile aber auf der anderen Seite. Auf der bedruckten Seite brauchen die Bauteile nicht angelötet werden, weil die Löcher in der Leiterplatte mit Metall überzogen („plattiert“) sind und den Strom somit durchlassen.

4.1.5. WIDERSTÄNDE

Ein elektrischer Widerstand ist ein Bauteil, das den Durchfluss von elektrischem (Gleich- oder Wechsel-)Strom behindert.

In der Regel wird der Widerstand durch den Buchstaben R dargestellt und in Ohm (Ω) gemessen.

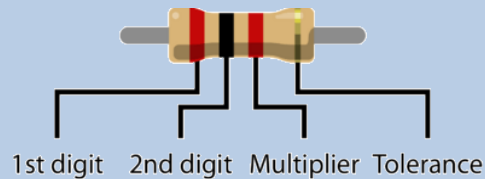


Abbildung 16: Die Farbcodierung auf Widerständen

Der nominale Widerstandswert wird durch Farbring (Farbcode) dargestellt, für die Folgendes gilt: Der dritte Farbring gibt die Zehnerpotenz an, mit der der Ausgangswert (für den die ersten beiden Ringe stehen) multipliziert werden muss; die vierte (etwas nach rechts versetzte) Farbe steht für die Toleranz in Prozent.

Farbe	1. Ring	2. Ring	3. Ring	4. Ring	
	1. Zahl	2. Zahl	Multiplikator	Toleranz	%
Silber			0,01		+/- 10
Gold			0,1		+/- 5
Schwarz	0	0	X 1	Farblos	+/- 20
Braun	1	1	X 10	Silber	+/- 1
Rot	2	2	x 100	Gold	+/- 2
Orange	3	3	x 1.000		+/- 3
Gelb	4	4	x 10.000		+/- 4
Grün	5	5	x 100.000		
Blau	6	6	x 1.000.000		
Violett	7	7			
Grau	8	8	x 0,1		
Weiß	9	9	x 0,01		

Tabelle 1: Widerstands-Farbcode

Beispiel: Welchen Widerstandswert hat der hier abgebildete Widerstand?

Die ersten beiden Farben – Gelb (4) und Violett (7) – ergeben den Wert 47. Die dritte Farbe – Orange (3) – entspricht der Zehnerpotenz 10^3 (der Ausgangswert muss also mit 1.000 multipliziert werden), und die vierte Farbe – Silber (10 %) – gibt die Toleranz an. Der elektrische Widerstand beträgt also:

$$R = 47.000 \, \Omega \text{ mit } 10 \% \text{ Toleranz oder } R = (47.000 \, \Omega \pm 4.700 \, \Omega)$$

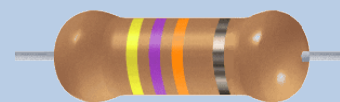


Abbildung 17: Der Widerstand für unser Berechnungsbeispiel

Bitte haltet Euch an die folgende Tabelle, wenn Ihr die Widerstände an die entsprechenden Positionen auf der Leiterplatte anlötet:

Lötet die Widerstände mit dem Wert $1\text{ K}\Omega \pm 5\%$

(Farben: **Braun**, **Schwarz**, **Rot** und **Gold**) an die Positionen **R1**, **R6**, **R7**, **R8**, **R13**, **R14**, **R16**, **R17**, **R18**, **R19**, **R20**, **R22** und **R23**;

Lötet die Widerstände mit dem Wert $10\text{ K}\Omega \pm 5\%$

(Farben: **Braun**, **Schwarz**, **Orange** und **Gold**) an die Positionen **R3**, **R4**, **R5**, **R11** und **R12**;

Lötet die Widerstände mit dem Wert $120\text{ }\Omega \pm 5\%$

(Farben: **Braun**, **Rot**, **Braun** und **Gold**) an die Positionen **R15**, **R24** und **R25**;

Lötet den Widerstand mit dem Wert $1\text{ M}\Omega \pm 5\%$

(Farben: **Braun**, **Schwarz**, **Grün** und **Gold**) an die Position **R21**;

Lötet die Widerstände mit dem Wert $3,3\text{ K}\Omega \pm 5\%$

(Farben: **Orange**, **Orange**, **Rot** und **Gold**) an die Positionen **R2**, **R9** und **R10**.

Bezeichnung	Bauteil
R1	1 K Ω
R2	3,3 K Ω
R3	10 K Ω
R4	10 K Ω
R5	10 K Ω
R6	1 K Ω
R7	1 K Ω
R8	1 K Ω
R9	3,3 K Ω
R10	3,3 K Ω
R11	10 K Ω
R12	10 K Ω
R13	1 K Ω
R14	1 K Ω
R15	120 Ω
R16	1 K Ω
R17	1 K Ω
R18	1 K Ω
R19	1 K Ω
R20	1 K Ω
R21	1 M Ω
R22	1 K Ω
R23	1 K Ω
R24	120 Ω
R25	120 Ω

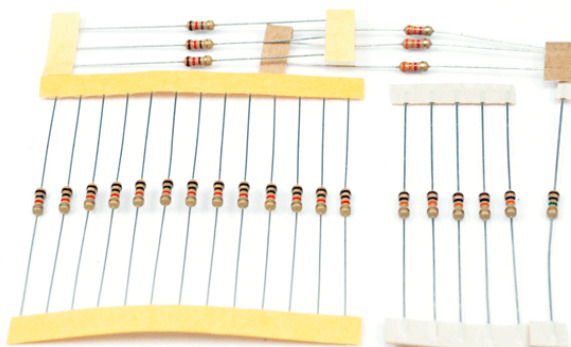


Abbildung 18: Bot'n Roll ONE A – Widerstände

Tipp: Steckst zuerst alle Widerstände an den richtigen Stellen in die Leiterplatte, indem Ihr die Anschlussdrähte jedes Widerstands etwas anbiegt.

Drückt den Widerstand gegen den Tisch, bevor Ihr mit dem Löten beginnt.

Schneidet nach dem Lötten die Anschlussdrähte so ab, dass sie möglichst kurz sind, damit es nicht zu Kurzschlüssen kommt.

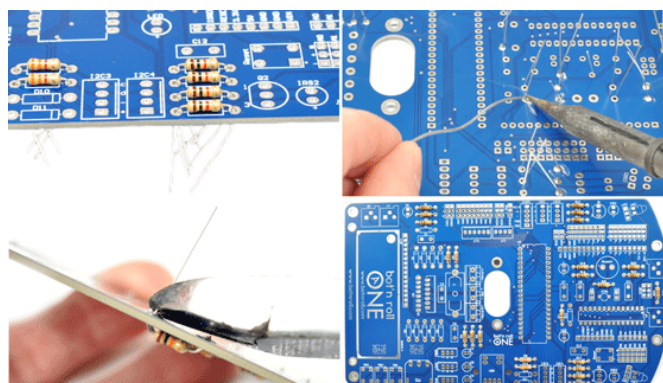


Abbildung 19: Widerstände auf der Leiterplatte

4.1.6. QUARZOSZILLATOR

Ein Quarzoszillator ist ein elektronisches Bauteil, das die Schwingungseigenschaften eines piezoelektrischen Kristalls nutzt, um ein elektrisches Signal mit sehr präziser Frequenz zu erzeugen. Der Bot'n Roll ONE A verwendet einen 16-MHz-Quarzoszillatorkristall, der dafür sorgt, dass der Mikrocontroller ATmega328 bei einer Taktfrequenz von 16 MHz arbeitet. Genau wie herkömmliche Armbanduhr, die ebenfalls einen Quarz verwenden, ist der Bot'n Roll ONE A dank seines Schwingquarzes ein sehr präziser Zeitmesser.



Abbildung 20:
Quarzoszillator

Bezeichnung	Bauteil
XTAL	16 MHz Kristall

Auf der bedruckten Seite der Leiterplatte ist die Position des Quarzoszillators mit „XTAL“ gekennzeichnet.

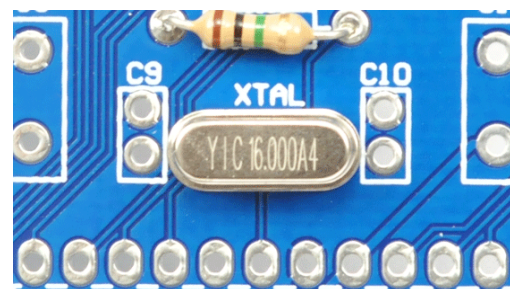


Abbildung 21: Der Quarzoszillator auf der
Leiterplatte

4.1.7. DIODEN

Eine herkömmliche Diode besteht aus zwei Schichten aus dem gleichen Halbleitermaterial: einem n-dotierten Halbleiter mit negativ geladenen Ionen (-) und einem p-dotierten Halbleiter mit positiv geladenen Ionen (+).

Die Haupteigenschaft einer Diode besteht darin, dass sie den elektrischen Strom nur in eine Richtung fließen lässt (von links nach rechts, wie in der Abbildung gezeigt).

Die Polung der Diode könnt Ihr an einer Kennzeichnung ablesen, die zur jeweiligen Kathodenseite zeigt. Der elektrische Strom fließt von der Anode (+) zur Kathode (-) und nicht umgekehrt.

Die Z-Diode (früher auch Zener-Diode) unterscheidet sich dadurch von einer konventionellen Diode, dass sie in festgelegten Situationen in beide Richtungen (Durchlassrichtung und Sperrrichtung) betrieben werden kann, ohne dass sie dabei beschädigt wird. Der Z-Diode ist eine Sperrspannung zugeordnet, die konstant bleibt, wenn der Strom in die entgegengesetzte Richtung fließt. Aufgrund dieser Eigenschaften kann sie im Bot'n Roll ONE A als Schutzvorrichtung im Messkreis für die Akkuspannung eingesetzt werden. Sie dient dort als Spannungsbegrenzer. An ihren Anschlussklemmen steigt die Spannung nie über 5,1 V – darum wird der PIC18F45K22 nie beschädigt, wenn am Akku eine zu hohe Spannung anliegt.

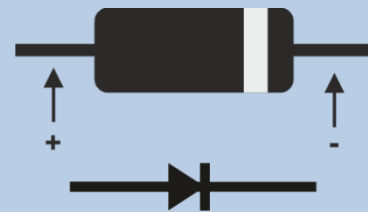


Abbildung 22: Diode



Abbildung 23: Z-Diode



Abbildung 24: Roboter-Dioden

Die Leiterplatte wird mit zwei verschiedenen Dioden mit den folgenden Kennnummern bestückt:

Die Diode FR203 wird für den Motorantrieb genutzt und sichert den Hauptstromkreis des Roboters ab.

Die Diode Zener 5v1 dient als Schutzvorrichtung für den Akku-Spannungsmesskreis.

Die Dioden werden gepolt geschaltet und müssen deshalb in der richtigen Ausrichtung positioniert werden! Jede Diode ist mit einer Kennzeichnung versehen, die mit der Kennzeichnung übereinstimmen muss, die auf die Leiterplatte aufgedruckt ist (Fig. 25).

Die Kennnummer der Diode ist auf dem Bauteil selbst aufgedruckt.

Steckt die Z-Diode an der Position **Z1** ein.

Steckt die Diode FR203 an den folgenden Positionen ein: **D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11** und **D12**.

Bezeichnung	Bauteil
D1	FR203
D2	FR203
D3	FR203
D4	FR203
D5	FR203
D6	FR203
D7	FR203
D8	FR203
D9	FR203
D10	FR203
D11	FR203
D12	FR203
Z1	Zener 5v1

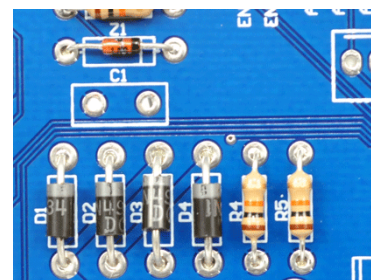


Abbildung 25: Anordnung der Dioden

4.1.8. POTENTIOMETER

Ein Potentiometer ist ein veränderbarer Widerstand – sein Wert kann also verstellt werden, sodass man die Stromstärke steuern kann, die in einem bestimmten Stromkreis fließt. Beim Bot'n Roll ONE A kann man mit Hilfe der Potentiometer die Erfassungsreichweite des Hindernissensors sowie den Kontrast und die Helligkeit des LCD-Displays einstellen.

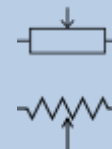


Abbildung 26:
Potentiometer

Die Leiterplatte wird mit vier 10 K Ω -Potentiometern bestückt.

Der Widerstandswert des Potentiometers ist seitlich aufgedruckt, wie in Fig. 27 gezeigt.

Bezeichnung	Bauteil
IRD1	Potentiometer 10 K Ω
IRD2	Potentiometer 10 K Ω
BR	Potentiometer 10 K Ω
CT	Potentiometer 10 K Ω

Die Aufschrift **P 103** bedeutet 10.000 Ω , also 10 K Ω .

Das Potentiometer **IRD1** regelt die Erfassungsreichweite des linken Hindernissensors.

Das Potentiometer **IRD2** regelt die Erfassungsreichweite des rechten Hindernissensors.

Das Potentiometer **BR** regelt die Helligkeit des LCD-Displays.

Das Potentiometer **CT** regelt den Kontrast des LCD-Displays.

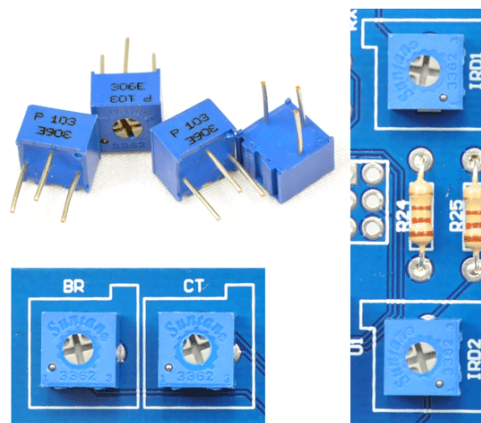


Abbildung 27: Potentiometer

4.1.9. FARBIGE LEDS

Eine LED („light emitting diode“) besteht aus einem p-n-Übergang aus einem Halbleitermaterial und zwei Anschlüssen: der Anode (A, positiver Anschluss) und der Kathode (K, negativer Anschluss).

Die Farbe des emittierten Lichts hängt davon ab, welches Halbleitermaterial verwendet wird.

Ebenso wie Dioden werden auch LEDs gepolt geschaltet. Die Kathodenseite (-) ist daran zu erkennen, dass das Gehäuse der LED abgeflacht ist und sich dort der kürzere Anschlussdraht befindet.

Warnung: Schaut nie direkt in den Lichtstrahl einer LED. Auf kurze Entfernung ist das Licht so stark, dass es die Netzhaut verletzt und irreversibel beschädigt!

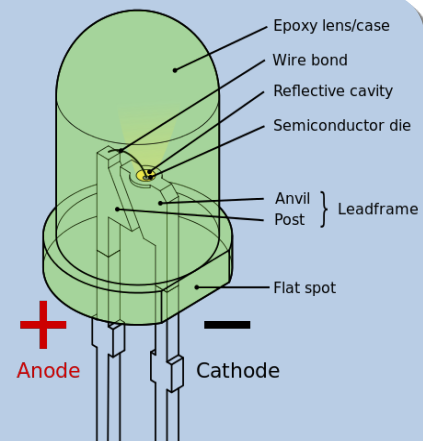


Abbildung 28: LED

Die Leuchtdioden (LEDs) zeigen den Status Eures Bot'n Roll ONE A an.

Die grüne LED **ON** zeigt an, dass der Roboter eingeschaltet ist.

Die gelben LEDs sind für das „Debugging“ (Fehlersuche und Störungsbehebung) bestimmt und werden von Eurem Programm gesteuert.

Die roten LEDs sind mit der Hinderniserkennungs-Schaltung verbunden.

Bezeichnung	Bauteil
ON	LED grün
L	LED gelb
LED	LED gelb
IRS1	LED rot
IRS2	LED rot

Setzt die grüne LED dort ein, wo auf der Leiterplatte **ON** aufgedruckt ist.

Setzt die gelben LEDs an den Positionen **L** und **LED** ein.

Setzt die roten LEDs an den Positionen **IRS1** und **IRS2** ein.

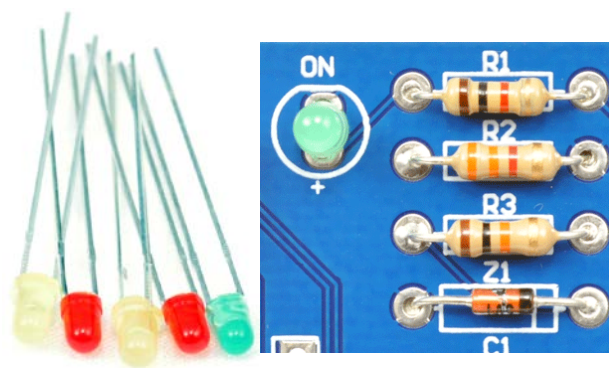


Abbildung 29: LEDs

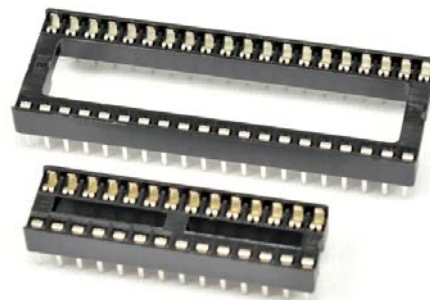
WICHTIGER HINWEIS: Vergesst nicht, dass die LEDs gepolt geschaltet werden! Ihr müsst den längeren Anschlussdraht jeder LED dort einstecken, wo auf der Leiterplatte „+“ aufgedruckt ist.

4.1.10. IC-SOCKEL FÜR INTEGRIERTE SCHALTUNGEN

Die IC-Sockel für integrierte Schaltungen sorgen dafür, dass integrierte Schaltungen leicht ersetzt werden können, wenn sie beschädigt sind. Lötet integrierte Schaltungen niemals direkt an die Leiterplatte!

Bezeichnung	Bauteil
U1	28-poliger IC-Sockel
U2	40-poliger IC-Sockel

Es gibt zwei IC-Sockel – jeweils einen für die Mikrocontroller ATmega328 und PIC18F45K22. Diese IC-Sockel haben 28 beziehungsweise 40 Pole.



Jeder IC-Sockel ist an einem Ende mit einer Einkerbung versehen, die sich nach dem Einbau über dem entsprechenden Aufdruck auf der Leiterplatte befinden muss. Beim Einsetzen der IC-Sockel müsst Ihr diese Einkerbung unbedingt beachten, denn sie ist sehr wichtig für das Aufstecken der integrierten Schaltungen. Auch die integrierten Schaltungen haben eine solche Einkerbung. **Wenn Ihr eine integrierte Schaltung falsch herum einsetzt, wird diese dauerhaft beschädigt!**

Die IC-Sockel müssen an den Positionen **U1** und **U2** angelötet werden.

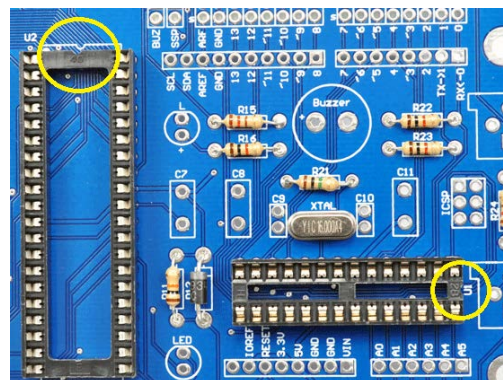


Abbildung 30:
IC-Sockel für integrierte Schaltungen

WICHTIGER HINWEIS: Die integrierten Schaltungen ATmega328 und PIC18F45K22 werden erst später in die Adapter eingesetzt. Ihr solltet die beiden Schaltungen erst in Schritt 3.3.4 einsetzen, wenn Ihr die Leiterplatte fertig verdrahtet habt.

4.1.11. INFRAROTSENDER

Infrarotsender sind LEDs, die Infrarotlicht ausstrahlen. Dieses Licht ist für das menschliche Auge unsichtbar, kann die Netzhaut aber genauso beschädigen wie normale LEDs!

Mit Hilfe einer Videokamera – zum Beispiel einer Webcam – kann man überprüfen, ob die LEDs funktionieren oder nicht.

Bezeichnung	Bauteil
IRE1	Infrarotsender
IRE2	Infrarotsender



Die Infrarotsender kommen in der Hinderniserkennungsschaltung zum Einsatz. Sie senden Licht aus, das von den Hindernissen zurückgeworfen wird.

Setzt die Infrarotsender mit der Wölbung nach außen in die Positionen **IRE1** und **IRE2** ein.



Abbildung 31: Infrarot-LEDs

4.1.12. DRUCKTASTER

Ein Drucktaster übermittelt, wenn er gedrückt wird, ein elektrisches Signal an den Stromkreis.

Bezeichnung	Bauteil
PB1	Drucktaster
PB2	Drucktaster
PB3	Drucktaster
Reset	Drucktaster

Für Eure Interaktion mit dem Roboter habt Ihr vier Drucktaster zur Verfügung. Damit könnt Ihr zum Beispiel in Menüs navigieren und auf ganz einfache Weise Programmeinstellungen ändern, ohne Euren Roboter an den Computer anzuschließen.



Die Drucktaster **PB1**, **PB2** und **PB3** sind für Eure Interaktion mit dem Roboter und zum Navigieren in den Menüs bestimmt, die auf dem Display angezeigt werden.

Mit der Drucktaste **Reset** setzt Ihr den Arduino zurück.

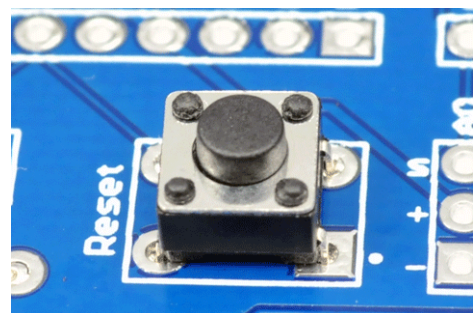


Abbildung 32: Drucktaster

4.1.13. HAUPTSCHALTER

Ein Schalter ist eine Vorrichtung, die die Stromversorgung des Stromkreises unterbricht.

Bezeichnung	Bauteil
SW	Hauptschalter

Mit dem Hauptschalter könnt Ihr den Roboter ein- und ausschalten.

Er muss an die Position **SW** „Switch“ angelötet werden.

Zum Einschalten des Bot'n Roll ONE A müsst Ihr den Schalter in Richtung der Vorderseite des Roboters schieben. Wenn Ihr den Schalter in die andere Richtung zurückschiebt, schaltet Ihr den Roboter aus!

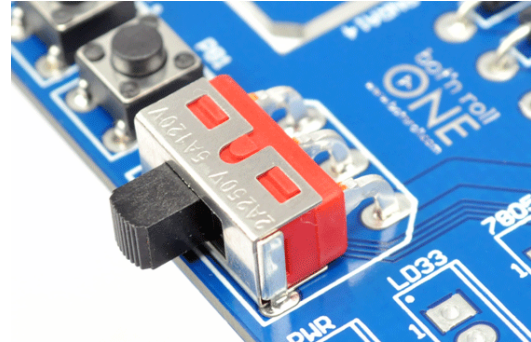


Abbildung 33: Hauptschalter

4.1.14. BUZZER

Der *Buzzer* ist ein Wandler, der elektrische Impulse in ein akustisches Signal umsetzt.

Bezeichnung	Bauteil
Buzzer	Buzzer

Mit dem Buzzer kann man Melodien oder akustische Warnsignale erzeugen, um zum Beispiel darauf hinzuweisen, dass die Akkuspannung zur Neige geht.

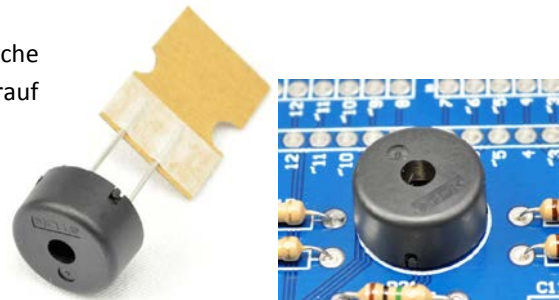


Abbildung 34: Buzzer

4.1.15. KERAMIKKONDENSATOREN

Der Kondensator ist ein Bauteil, das Energie zwischen zwei leitfähigen Oberflächen speichert ($E = 1/2 CV^2$). In Roboterschaltungen werden Kondensatoren zur Energiestabilisierung eingesetzt.

Die Kapazität (C) eines Kondensators wird durch das Verhältnis der gespeicherten Ladung zur Spannung an den Kondensatorklemmen bestimmt ($C=Q/V$). Der Kondensator besteht aus zwei leitfähigen Platten, die durch ein isolierendes Material oder Dielektrikum voneinander getrennt sind.

Es gibt monolithische Kondensatoren (ungepolt - links im Bild) und Elektrolytkondensatoren (gepolt - rechts im Bild).

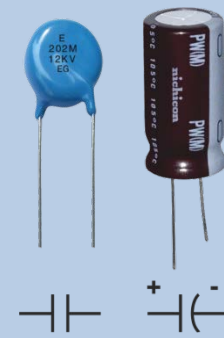


Abbildung 35: Kondensator

Der Bot'n Roll ONE A verwendet Keramikkondensatoren mit zwei verschiedenen Werten: 22pF und 100nF.

Der 22pF-Kondensator trägt die Aufschrift „22“ und der 100nF-Kondensator die Aufschrift „104K“.



Abbildung 36: Keramikkondensatoren

Bezeichnung	Bauteil	Aufschrift
C1	100 F	104K
C2	100nf	104K
C3	100nF	104K
C7	100nF	104K
C8	100nF	104K
C9	22pF	22
C10	22pF	22
C11	100nF	104K
C12	100nF	104K

Steckt die 100nF-Kondensatoren an die Positionen **C1, C2, C3, C7, C8, C11** und **C12**.

Steckt die 22pF-Kondensatoren an die Positionen **C9** und **C10**.

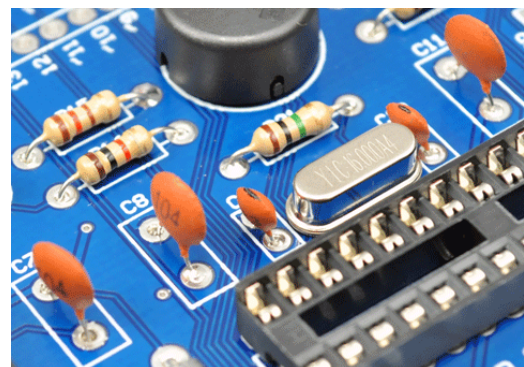


Abbildung 37: Anordnung der Kondensatoren

4.1.16. BIPOLARTRANSISTOREN

Ein Transistor ist ein Halbleiterbauteil, mit dem elektrische Signale verstärkt oder geschaltet werden. Beim Bot'n Roll ONE A werden Transistoren in der Hinderniserkennungs-Schaltung eingesetzt, um die Lichtleistung der Infrarot-LEDs zu erhöhen.

Ein Transistor besteht aus drei **p**- und **n**-dotierten Halbleiterschichten und hat drei Anschlüsse: Emitter, Basis und Kollektor (im Schaltbild abgekürzt durch die Buchstaben **E**, **B** und **C**). Je nach Anordnung der drei **p**- und **n**-dotierten Halbleiterschichten unterscheidet man zwischen **pnp**- oder **nnp**-Transistoren.

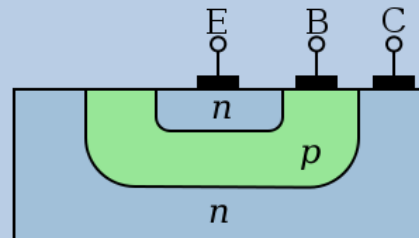


Abbildung 38: npn-Bipolartransistor

Wenn der Transistor als Verstärker eingesetzt wird, wird der zwischen der Basis und dem Emitter fließende Strom (Eingang) verstärkt und fließt dann zwischen Kollektor und Emitter (Ausgang). Wenn der Transistor als Schalter verwendet wird, schaltet das Basiseingangssignal das Ausgangssignal. Je nach Anschlusskonfiguration des Transistors kann das verstärkte oder geschaltete Ausgangssignal gegenüber dem Eingangssignal invertiert werden oder auch nicht.

Die beiden PNP BC557 Transistoren werden an den Positionen **Q1** und **Q2** angebracht.

Bezeichnung	Bauteil
Q1	BC557 Transistor
Q2	BC557 Transistor

Diese Bauteile werden in den Stromkreis der Infrarotsender eingebaut und dienen dort als Schalter, mit denen der PIC18F45K22 die Infrarot-LEDs ausschalten und mit hoher Lichtleistung einschalten kann. Auf diese Weise können auch weit entfernte Hindernisse erfasst werden!

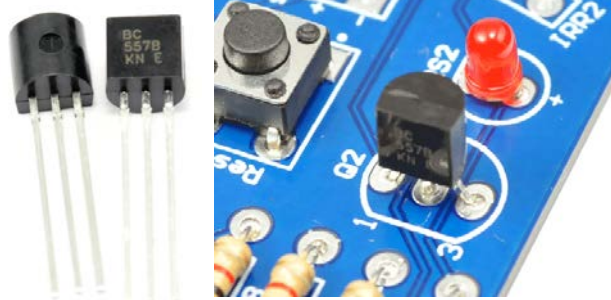


Abbildung 39: BC557B PNP Transistor

Transistoren besitzen eine Polarität! Sie arbeiten nur dann einwandfrei, wenn sie korrekt in die Schaltung eingebaut werden.

Die flache Seite des Transistors muss sich dort befinden, wo auf der Leiterplatte die gerade Linie aufgedruckt ist.

4.1.17. JUMPER (KURZSCHLUSSBRÜCKEN)

Ein Jumper ist ein Verbindungsstecker, mit dem man den Roboter elektrisch konfigurieren kann, weil er den elektrischen Strom zu bestimmten Bereichen des Stromkreises leitet.

Bezeichnung	Bauteil
SPOW	Jumper mit 2 Steckplätzen
BUZ	Jumper mit 1 Steckplatz
SSP	Jumper mit 1 Steckplatz

Der Bot'n Roll ONE A verfügt über einen Jumper mit 2 Steckplätzen und zwei Jumper mit jeweils einem Steckplatz.

Mit Hilfe des „Servo Power“-Jumpers mit 2 Steckplätzen (**SPOW**) könnt Ihr wählen, ob die Servos vom Spannungsregler **7805** oder vom Spannungsregler **PWR** versorgt werden sollen.

Der Jumper **BUZ** verbindet den Buzzer mit dem I/O-Pin 9 des Arduino.

Der Jumper **SSP** sorgt im gesteckten Zustand dafür, dass der Arduino und der PIC über den I/O-Pin 2 des Arduino als „Slave Select“ des SPI-Kommunikationsbusses miteinander kommunizieren können.

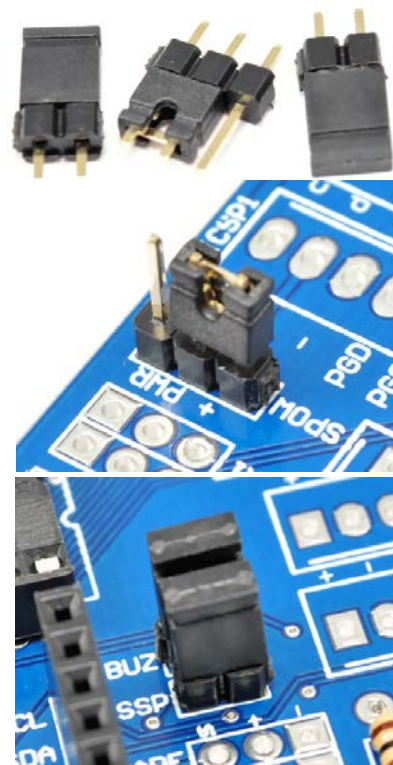


Abbildung 40: Jumper

4.1.18. ARDUINO-STECKVERBINDER

An die fünf Steckverbinder können Arduino-kompatible „**Shields**“ (Aufsteckplatinen) wie das Wireless XBee Communication Shield angeschlossen werden.

Lötet jeden der fünf Steckverbinder jeweils an die Reihen, die genauso viele Steckplätze haben wie der Steckverbinder. Vergewissert Euch, dass die Steckverbinder richtig ausgerichtet sind und die Leiterplatte berühren!

Jeder der fünf Arduino-Steckverbinder hat eine bestimmte Funktion:

Der Steckverbinder **VIN-IOREF** ist der Arduino **Power Connector**. Hier stehen alle Spannungen für die Stromkreise des Roboters zur Verfügung: **5 V**, **3,3 V**, **VIN** (Akkuspannung) und **GND** (0 V). Der **RESET**-Pin ist mit der **Reset**-Taste des Arduino verbunden, während **IOREF** für zukünftige Aufsteckplatinen reserviert ist.

Auf dem Steckverbinder **A0-A5** befinden sich die Analogeingänge des Arduino Analog-Digital-Wandlers (kurz „**ADC**“ für „Analog to Digital Converter“). Hier könnt Ihr analoge Sensoren anschließen, deren Signal zwischen 0 V und 5 V variiert. Mit nur wenigen Programmzeilen erhaltet Ihr den entsprechenden digitalen Wert. Falls Ihr mit **I2C**-Kommunikation arbeitet, könnt Ihr die Pins **A4** und **A5** nicht als Eingänge für den Analog-Digital-Wandler nutzen, da diese Pins dann für die **I2C**-Kommunikation reserviert sind.

Neben dem Steckverbinder **A0-A5** findet Ihr eine Gruppe von Dreifachanschlüssen, die die gleiche **A0-A5**-Kennzeichnung aufweisen. Hier könnt Ihr analoge Sensoren anschließen, die ebenfalls Spannungen zwischen 0 V und 5 V brauchen. An dieser Gruppe von Steckverbindern entsprechen die „s“-Pins den Analogeingängen, während „-“ den 0 V und „+“ den 5 V entspricht.

An den Steckverbindern **0-7** und **8-SCL** findet Ihr die Digitaleingänge und -ausgänge (I/O) des Arduino. Jeder dieser Pins kann per Software als Digitaleingang oder -ausgang konfiguriert werden. An jeden der Ausgänge **0** bis **13** könnt Ihr ein 0-V-Signal oder 5-V-Signal anlegen, das dem Zustand **Low** beziehungsweise **High** entspricht. Die Pins mit dem Symbol „~“ – zum Beispiel **~3** – könnt Ihr als **PWM**-Ausgänge definieren, oder Ihr könnt darüber Servomotoren wie zum Beispiel den Servomotor am Greifer steuern. Wenn Ihr diese Pins als Digitaleingänge konfiguriert, um zum Beispiel digitale Sensoren daran anzuschließen, könnt Ihr an jedem dieser Pins kontrollieren, ob Ihr 5 V oder 0 V habt. Die Pins **SCL** und **SDA** werden für die **I2C**-Kommunikation verwendet und entsprechen den Pins **A4** und **A5** des Steckverbinders **A0-A5**. Den Pin **AREF** solltet Ihr nur benutzen, wenn Ihr eine externe Referenzspannung für die Wandlungen des Analog-Digital-Wandlers braucht, aber diese Spannung kann nur zwischen 0 V und 5 V variieren!

Neben den Steckverbindern **0-7** und **8-SCL** findet Ihr eine Gruppe von Dreifachanschlüssen mit der gleichen **0-7**- und **8-SCL**-Kennzeichnung. Hier könnt Ihr digitale Sensoren und Aktoren anschließen, die

Bezeichnung	Bauteil
ICSP	2x3 Stecker
A0-A5	1x6 Buchse
VIN-IOREF	1x8 Buchse
0-7	1x8 Buchse
8-SCL	1x10 Buchse

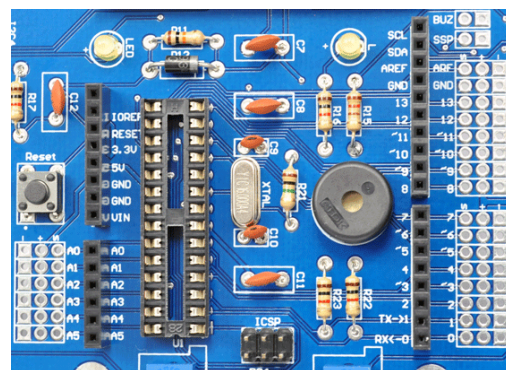
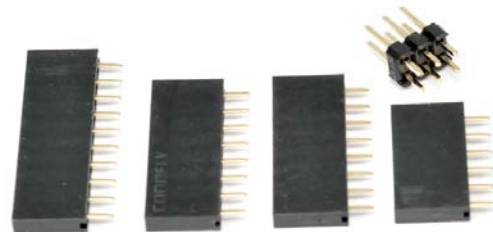


Abbildung 40: Arduino-Steckverbinder

Spannungen zwischen 0 V und 5 V brauchen. An dieser Gruppe von Steckverbindern entsprechen die „s“-Pins den digitalen Pins, während „-“ den 0 V und „+“ den 5 V entspricht.

Der Steckverbinder **ICSP** ermöglicht die **SPI**-Kommunikation mit den aufgesteckten *Shields* und die Programmierung des Arduino Bootloaders per **ICSP** (*In Circuit Serial Programming*).

4.1.19. LEISTUNGSSTECKVERBINDER (POWER CONNECTORS)

Mit den Leistungssteckverbindern könnt Ihr den Akku und die Motoren an die Leiterplatte anschließen. Die Drähte müssen mit Schrauben gesichert werden.

Bezeichnung	Bauteil
MotorL	Steckverbinder für den linken Motor
Bat	Akkustecker
MotorR	Steckverbinder für den rechten Motor

Steckt die Steckverbinder mit Hilfe der Schlitze zu einem einzigen Stecker mit sechs Anschlüssen zusammen.



Steckt alle Steckverbinder an die entsprechenden Stellen und lötet alle Anschlüsse an die Leiterplatte.



An **MotorL** könnt Ihr den linken Motor, an **MotorR** den rechten Motor und an **Bat** den Akku anschließen.

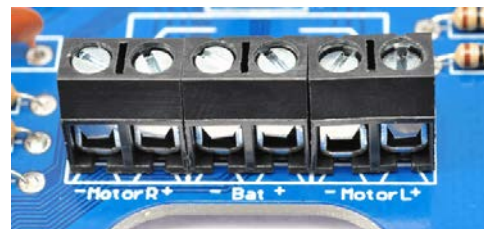


Abbildung 41:
Anordnung der Leistungssteckverbinder

4.1.20. SICHERUNG UND SICHERUNGSHALTER

Eine Sicherung ist eine Schutzvorrichtung mit einem Leiter aus Metall, der schmilzt, sobald der durch diesen Leiter fließende Strom den festgelegten Wert überschreitet.

Zum Schutz gegen Kurzschlüsse wird eine 4A-Sicherung mit einem Sicherungshalter verwendet. Sobald der vom Akku gelieferte Strom 4A überschreitet, brennt die Sicherung durch.

Legt die träge 4A-Sicherung in den Deckel des Sicherungshalters ein.

Bezeichnung	Bauteil
F1	Sicherungshalter



Der Sicherungshalter muss an der Position **F1** in die Leiterplatte eingesteckt werden.

Steckt den Deckel mit der eingelegten Sicherung auf den Sicherungshalter.

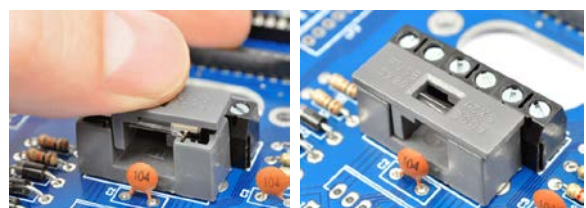


Abbildung 42:
Die Sicherung wird in die Schaltung eingebaut

4.1.21. ELEKTROLYTKONDENSATOREN

Elektrolytkondensatoren sind gepolte Bauteile! Deswegen müsst Ihr, wenn Ihr sie an der Leiterplatte anbringt, ihre Polung beachten.

Bezeichnung	Bauteil
C4	100 μ F
C5	100 μ F

Sie sollten so an den Positionen **C4** und **C5** eingesteckt werden, dass der längste Anschlussdraht in die Öffnung mit dem aufgedruckten „+“-Zeichen eingesteckt wird.



Der Wert der Kondensatoren beträgt 100 μ F.

Abbildung 43:
Elektrolytkondensatoren

4.1.22. I2C-STECKVERBINDER

Mit Hilfe dieser Steckverbinder könnt Ihr Geräte anschließen, die mit dem Kommunikationsprotokoll I2C arbeiten – wie zum Beispiel Kompass, Beschleunigungsmesser, Ultraschallsensor, Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren usw.

Bezeichnung	Bauteil
I2C1	KK 1x4 Stecker
I2C2	KK 1x4 Stecker

Bringt die Steckverbinder an den Positionen **I2C1** und **I2C2** an. Bitte beachtet, dass die aufgedruckte Markierung für das senkrechte Kunststoffteil des Steckverbinders steht.

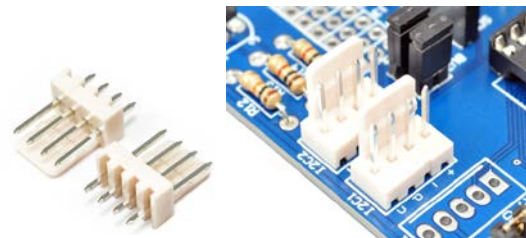


Abbildung 44: I2C-Steckverbinder

4.1.23. USB-SERIELL-WANDLER

Der USB-Seriell(RS232)-Wandler sorgt dafür, dass Ihr den Roboter über einen USB-Computeranschluss programmieren könnt.

Bezeichnung	Bauteil
USB	USB-Wandler

Er wird dort aufgesteckt, wo „USB“ aufgedruckt ist.



Abbildung 45: USB-Wandler

4.1.24. KÜHLKÖRPER

Ein Kühlkörper ist ein Metallobjekt, das die Arbeitstemperatur eines Bauteils verringert. Er verhindert, dass das Bauteil durch zu hohe Temperaturen beschädigt wird, und verlängert die Lebensdauer des Bauteils.

Bezeichnung	Bauteil
7805	LM7805
LD33	LD33CV

Bringt den Spannungsregler LM7805 mit der mitgelieferten Schraube und der ebenfalls mitgelieferten Mutter am Kühlkörper an. Dabei müssen die glatte Innenfläche des Kühlkörpers und die Metallfläche des LM7805 aneinander liegen.



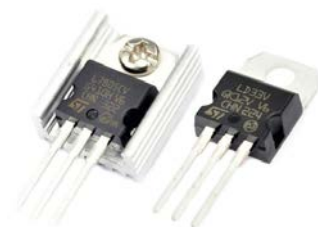
Abbildung 46: Kühlkörper

4.1.25. SPANNUNGSREGLER

Die Bauteile LM7805 und LD33CV sind lineare Spannungsregler, die bestimmte Spannungen für die Stromversorgung des Schaltkreises liefern.

Der 7805 dient als Stromquelle für die Geräte, die mit 5 Volt arbeiten, während der LD33 die Geräte versorgt, die mit 3,3 Volt arbeiten.

Bezeichnung	Bauteil
7805	LM7805
LD33	LD33CV



Setzt den LM33CV dort ein, wo „**LD33**“ aufgedruckt ist, und platziert den LM7805 dort, wo „**7805**“ aufgedruckt ist.

Wenn Ihr den LM7805 anlötet, muss der Kühlkörper schon angebracht sein!

Bitte achtet auf die richtige Ausrichtung der Bauteile. Hinweis: Die aufgedruckte Doppellinie steht für den Metall-Kühlkörper des Bauteils.

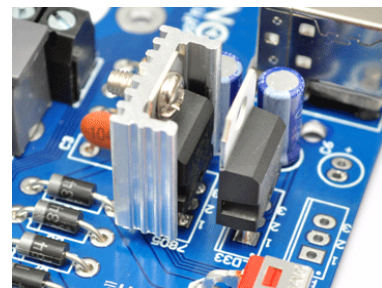
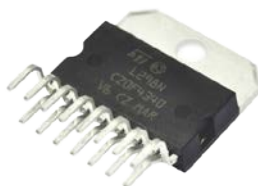


Abbildung 47: Die Spannungsregler LD33

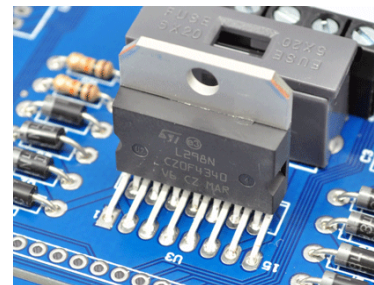
4.1.26. DIE H-BRÜCKE L298

Das Bauteil L298N entspricht einer Doppel-H-Brücke, die jeden Motor des Roboters einzeln antreibt und für die Geschwindigkeitsregelung und Richtungslenkung verantwortlich ist.

Dieses Bauteil lässt für den Dauerbetrieb an jeder H-Brücke eine maximale Stromstärke von 2 A zu. Für kurze Momente (bis zu 100 us) kann er jeden Motor mit 3 A ansteuern.



Bezeichnung	Bauteil
U3	L298N



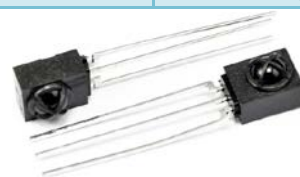
Setzt den L298N dort ein, wo „U3“ aufgedruckt ist.

Abbildung 48: Die integrierte Schaltung L298N

4.1.27. INFRAROTEMPFFÄNGER

Die Infrarotempfänger sind Sensoren, die das Infrarotlicht erfassen, das von Hindernissen zurückgeworfen wird. Emittiert wird dieses Licht von den Infrarot-LEDs als ein mit 38 kHz modulierte Signal - jede LED geht also 38.000 Mal pro Sekunde an und aus! Wenn die LEDs das Licht nicht mit dieser Frequenz aussenden, können die Infrarotempfangssensoren keine Hindernisse erkennen.

Bezeichnung	Bauteil
IRR1	SHARP GP1UX511QS
IRR2	SHARP GP1UX511QS



Zwei Infrarotempfänger werden – anders als alle anderen Bauteile, die Ihr bisher angelötet habt – an der **Unterseite** der Leiterplatte angebracht.

Steckt die Empfänger des Typs SHARP GP1UX511QS an der Unterseite der Leiterplatte dort ein, wo **IRR1** (für „Infra-Red Receiver1“) und **IRR2** aufgedruckt ist. Die Sensoren müssen so nach außen gerichtet sein, wie in der Abbildung 49 gezeigt.

Angelötet werden müssen diese Empfänger – im Gegensatz zum bisherigen Vorgehen – an der Oberseite der Leiterplatte.

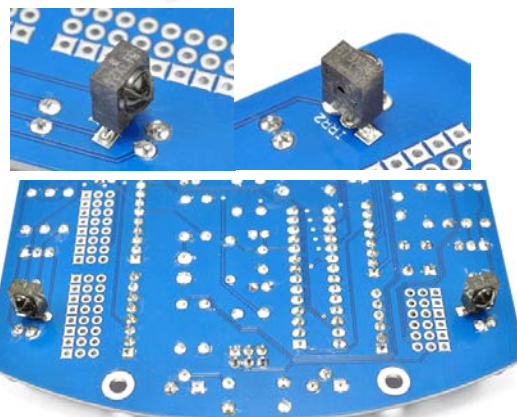


Abbildung 49 Infrarotempfänger

4.1.28. LCD-DISPLAY

Über das LCD-Display können Roboter und Benutzer zum Beispiel mit Hilfe von schriftlichen Nachrichten interagieren und Programmzustände oder den Wert bestimmter Variablen kommunizieren.

Der Bot'n Roll ONE A LCD hat ein alphanumerisches LCD-Display mit zwei Zeilen à 16 Zeichen. Kontrast und Helligkeit sind veränderbar.

Bezeichnung	Bauteil
LCD-Display	1x16 Steckverbinder

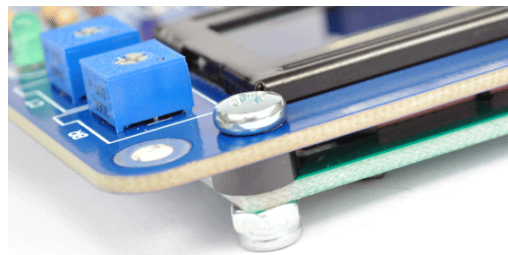


Für die Befestigung des Displays werden eine 16-polige Stiftleiste, zwei M3x10 Kreuzschlitzschrauben (PH1), zwei Nylon-Abstandhalter und zwei M3 Muttern mitgeliefert.

Damit Ihr das Display anbringen könnt, müsst Ihr das Plattenelement entfernen, das die Aussparung ausfüllt, in die das Display eingebaut werden soll. Wenn nötig, glättet die Aussparung mit einer Feile oder mit Sandpapier, damit das Display genau hineinpasst.



Das Display wird von der Unterseite der Leiterplatte des Bot'n Roll ONE A aus eingesetzt. Bevor Ihr das Display einsetzt, fügt die 16-polige Stiftleiste mit den längeren Pins nach unten zwischen das Display und die Leiterplatte.

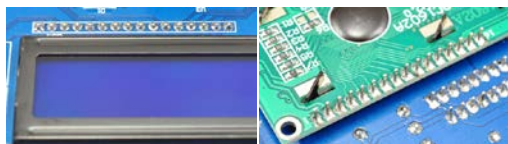


Setzt das Display in die Platte ein und bringt die beiden Schrauben, Nylon-Abstandhalter und Muttern an, wie in der Abbildung gezeigt, und befestigt das Display dann an der Leiterplatte, indem Ihr die Schrauben festzieht.

Vergewissert Euch, dass sich die 16-polige Stiftleiste quasi wie ein Sandwich zwischen dem Display und der Leiterplatte des Bot'n Roll ONE A befindet und dass sich die Pins der Stiftleiste in den Löchern der „LCD“-Verbindung auf der Leiterplatte des Roboters befinden.



Kontrolliert, ob das Display waagrecht ausgerichtet ist, und lötet die 16-polige Stiftleiste an die Leiterplatte des Bot'n Roll ONE A. Anschließend lötet Ihr die 16 Pins, die sich unterhalb der Leiterplatte befinden, an das Display.



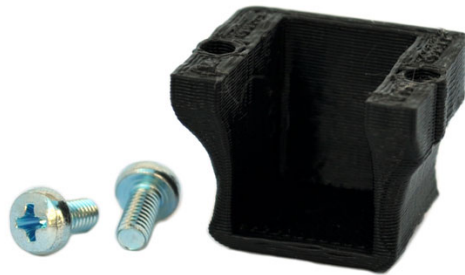
Das Plattenelement, das Ihr aus der Leiterplatte herausgenommen habt, wurde extra so gestaltet, dass Ihr es als unverwechselbaren Schlüsselanhänger verwenden könnt!



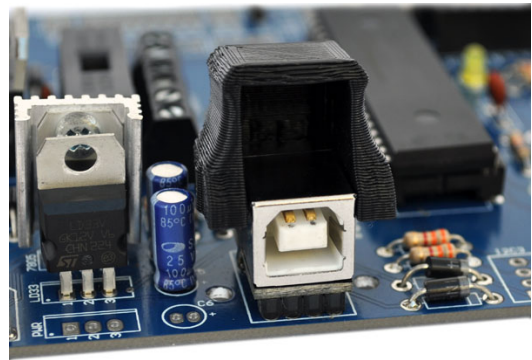
Abbildung 50: Das LCD-Display wird eingesetzt

4.1.29. SCHUTZGEHÄUSE FÜR DEN USB-SERIELL-WANDLER

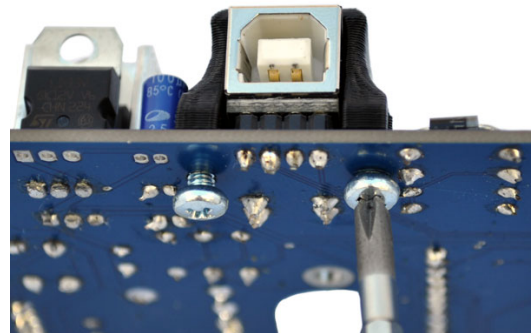
Der USB-Seriell-Wandler ist ein Bauteil, das durch das Einstecken und Herausziehen des USB-Kabels andauernd physisch beansprucht wird. Als „Einfassung“ und Schutz für den USB-Seriell-Wandler wurde deswegen ein Kunststoffgehäuse aus Polylactid (PLA) entwickelt, das mit einem 3D-Drucker hergestellt wird. Dieses Gehäuse sorgt dafür, dass der Wandler unversehrt bleibt.



Bringt das Schutzgehäuse aus Kunststoff so am USB-Seriell-Wandler an, dass der USB-Anschluss für das Kabel noch zu sehen ist. Überprüft, ob sich die beiden Löcher an der Unterseite des Schutzgehäuses genau über den Löchern in der Leiterplatte des Roboters befinden.



Steckt die beiden M3 x 6 mm Schrauben in die Löcher und schraubt sie mit einem Kreuzschlitz-Schraubendreher (PH1) in das Schutzgehäuse aus Kunststoff ein. Zieht die Schrauben so lange an, bis die Unterseite des Schutzgehäuses die Leiterplatte des Roboters berührt, aber zieht sie nicht zu fest an, weil Ihr sonst womöglich den Kunststoff zermalmt!



Vergewissert Euch, dass die Schrauben nicht mit den Lötstellen in Berührung kommen – sonst könnte es zu Kurzschlüssen kommen!

Jetzt ist der USB-Seriell-Wandler gut geschützt und fit für den Alltagseinsatz!

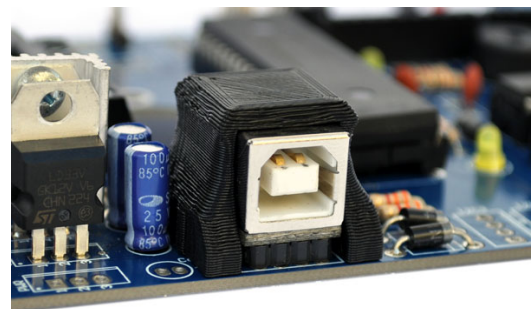


Abbildung 51: So wird das Schutzgehäuse für den USB-Seriell-Wandler angebracht

4.2. VERDRAHTEN UND PRÜFEN

4.2.1. AKKU ANSCHLIESSEN

SEHR WICHTIGER HINWEIS:

Ein Kurzschluss am Akku kann einen Brand auslösen!

Schließt den Akku auf keinen Fall an den Roboter an, bevor Ihr mit allen Anschlussarbeiten fertig seid!

Bevor Ihr die Schrauben löst, mit denen das Akkukabel am „Bat“-Anschluss befestigt ist, vergewissert Euch, dass der Akku **NICHT an das Kabel angeschlossen** ist!

Der Akkustecker wird in die mit „Bat“ bezeichnete Anschlussöffnung eingesteckt. Das rote Kabel muss dort angeschlossen werden, wo das „+“-Zeichen aufgedruckt ist; das schwarze Kabel wird an „-“ angeschlossen. **In diesem Fall ist die Polung EXTREM wichtig!**

Für die Kabeldurchführung vom Unterbau des Roboters zur Leiterplatte ist die Öffnung in der Mitte der Acryl-Grundplatte bestimmt.

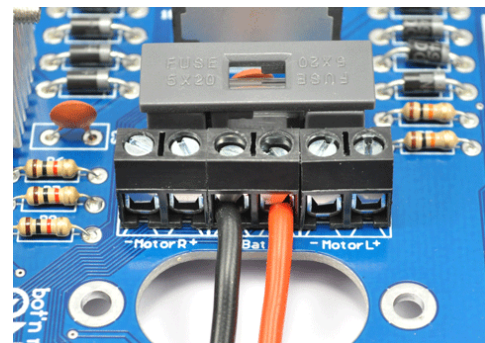


Abbildung 52: So werden die Akkukabel eingesteckt

4.2.2. ELEKTRISCHE MONTAGEKONTROLLE

Schließt jetzt den aufgeladenen Akku an den Roboter an und kontrolliert, ob die **ON-LED** an- und ausgeht, wenn Ihr den Hauptschalter betätigt.

Kontrolliert mit einem Spannungsprüfer, ob im **Arduino Power Connector (VIN-IOREF)** die Spannungen 5 V, 3,3 V und VIN (Akkuspannung) anliegen. Ihr solltet die Spannung immer bezogen auf GND messen – das entspricht 0 V.

Wenn eine der genannten Vorgaben nicht erfüllt ist, heißt das, dass Euch beim Zusammenbauen ein Fehler unterlaufen ist. Diesen Fehler solltet Ihr zuerst beseitigen, bevor Ihr zum nächsten Schritt übergeht. In der nachfolgenden Übersicht haben einige Tipps zusammengestellt, die Euch helfen sollen, ein aufgetretenes Problem zu lösen:

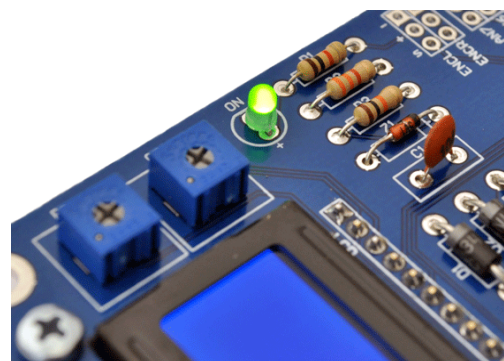


Abbildung 53: Die LED leuchtet

Mögliche Ursache/Beobachteter Fehler	Lösung
Der Akku ist nicht richtig in den Steckverbinder eingesteckt.	Steckt den Akku richtig ein und kontrolliert, ob die Lasche des Steckers eingerastet ist.
Die Akkukabel sind nicht ordnungsgemäß an die Leiterplatte des Bot'n Roll ONE A angeschlossen.	Kontrolliert, ob die Kabel sicher an dem mit „Bat“ gekennzeichneten Anschluss befestigt sind, und führt eine Durchgangsprüfung mit dem Multimeter durch.
Die Sicherung ist nicht in den Stromkreis eingesteckt.	Steckt die Sicherung so ein, wie in Abschnitt 3.2.17 dieser Bauanleitung beschrieben.
Die Sicherung ist durchgebrannt.	Sehr wahrscheinlich gab es einen Kurzschluss auf der Leiterplatte. Kontrolliert die Lötstellen, findet und beseitigt den Kurzschluss, bevor Ihr eine neue Sicherung einsetzt.
Die Sicherung ist nicht durchgebrannt, aber die grüne ON -LED leuchtet nicht auf, oder am Arduino Power Connector liegt überhaupt keine Spannung an.	In diesem Fall liegt möglicherweise immer noch ein Kurzschluss vor, aber der Strom reicht nicht aus, um die Sicherung durchbrennen zu lassen. Überprüft die Temperatur der Spannungsregler 7805 und LD33 .
Einer der beiden Spannungsregler ist zu heiß.	Sehr wahrscheinlich liegt ein Kurzschluss vor. Kontrolliert die Lötstellen, findet und beseitigt den Kurzschluss. Es besteht immer noch eine geringe Möglichkeit, dass ein Bauteil beschädigt wird.
Die Spannungsregler werden nicht warm, die ON -LED leuchtet nicht auf, oder am Power Connector des Arduino liegt keine Spannung an.	Wahrscheinlich gibt es fehlerhafte Lötstellen, sodass die Bauteile und die Leiterplatte nicht richtig in Kontakt sind. Sucht nach sogenannten „kalten Lötstellen“, an denen der Lötendraht nicht glänzt, und lötet mit dem Lötkolben nach, bis Ihr seht, dass das Lötmetall vollständig schmilzt. Nehmt, wenn nötig, mehr Lötmetall hinzu.
Die Spannungsregler sind nicht warm geworden, am Power Connector liegen Spannungen an, aber die ON -LED leuchtet nicht auf. Am Arduino Power Connector liegt Spannung an, aber die ON -LED leuchtet nicht auf.	Ihr solltet Euch vergewissern, dass die ON -LED polgerecht angelötet wurde, dass also der längste Anschlussdraht an „+“ angeschlossen ist. Kontrolliert die Polung der ON -LED mit einem Multimeter.
Nach Prüfung aller genannten Möglichkeiten besteht das Problem immer noch.	Wendet Euch an den Kundendienst auf botnroll.com .

4.2.3. EINSETZEN DER INTEGRIERTEN SCHALTUNGEN

Eine integrierte Schaltung ist ein elektronischer Schaltkreis im Miniaturformat, der hauptsächlich aus Halbleiterbauteilen wie zum Beispiel Transistoren besteht. Wie viele Transistoren sich in einer integrierten Schaltung befinden, kann sehr unterschiedlich sein – von einigen wenigen Transistoren bis zu Zehnmillionen von Transistoren.

Bezeichnung	Bauteil
U1	ATmega328
U2	PIC18F45K22



An Eurem Roboter kommen zwei integrierte Schaltungen im DIP-Format zum Einsatz:

PIC18F45K22: 40-poliger Prozessor (PIC).

ATmega328: 28-poliger Prozessor (Arduino).

HINWEIS: Bevor Ihr die integrierten Schaltungen einbaut, vergewissert Euch, dass der Bot'n Roll ONE A ausgeschaltet ist.

Es kann sein, dass Ihr die Pins der integrierten Schaltungen zuerst richtig justieren müsst, bevor Ihr sie in die IC-Sockel einsetzt. Geht dabei bitte vorsichtig zu Werk, denn die Pins sind empfindlich und können abbrechen, wenn sie nicht sachgemäß behandelt oder mehrmals gebogen werden – dadurch werden sie unter Umständen irreparabel beschädigt.

WICHTIGER HINWEIS:

Die integrierten Schaltungen lassen sich nur in einer einzigen, ganz bestimmten Position einsetzen. An einer der Kanten gibt es eine kleine Aussparung, die der aufgedruckten Markierung auf der Leiterplatte entspricht. Steckt den ATmega328 an die Position **U1** und den PIC18F45K22 an die Position **U2**.

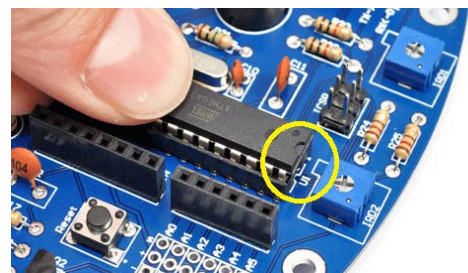


Abbildung 54 So werden die integrierten Schaltungen eingesetzt

4.2.4. DIE LEITERPLATTE AN DER ACRYL-GRUNDPLATTE BEFESTIGEN

Um die Leiterplatte des Roboters an der Acryl-Grundplatte anzubringen, braucht Ihr 6 Befestigungssätze mit jeweils einem 12-mm-Nylon-Abstandhalter, einer M3 x 8 Kreuzschlitzschraube (PH1) und einer M3 x 4 Kreuzschlitzschraube (PH1).

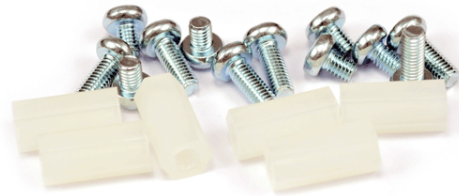


Abbildung 55: Mit diesen Teilen wird die Leiterplatte an der Acryl-Grundplatte befestigt

Setzt jede M3 x 8 Kreuzschlitzschraube von unten nach oben in die Acryl-Grundplatte ein und schraubt einen Nylon-Abstandhalter darauf, bis er festgeschraubt ist.

Wiederholt den Vorgang für alle anderen fünf Abstandhalter.



Setzt die Leiterplatte an, führt dabei die Motorkabel durch das Loch in der Mitte und befestigt die Leiterplatte mit den M3x4 Kreuzschlitzschrauben, indem ihr diese in die Nylon-Abstandhalter hineinschraubt.

Zieht die Schrauben mit einem Kreuzschlitz-Schraubendreher fest, bis zwischen der Leiterplatte, den Nylon-Abstandhaltern und der Acryl-Grundplatte keine Zwischenräume mehr bleiben.

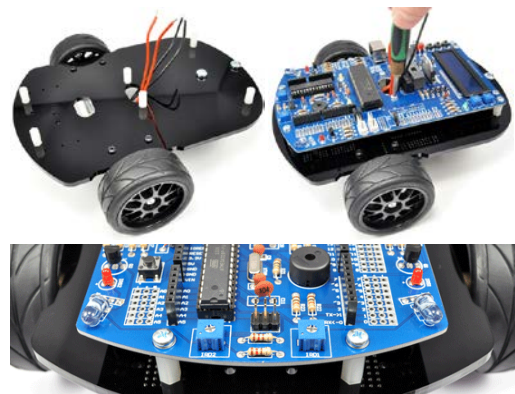


Abbildung 56: So wird die Leiterplatte an der Acryl-Grundplatte befestigt

4.2.5. DIE MOTOREN ANSCHLIESSEN

Zum Anschließen der Motoren dienen die Steckverbinder **MotorL** und **MotorR**. Der linke Motor wird an **MotorL** und der rechte Motor an **MotorR** angeschlossen.

WICHTIGER HINWEIS: Die Motorkabel sind schwarz und rot. Es ist sehr wichtig, dass diese Kabel korrekt angeschlossen werden, weil die Polung darüber entscheidet, in welche Richtung sich der Motor dreht. Bei fehlerhafter Polung kann es sein, dass sich der Roboter nicht so bewegt, wie Ihr es von ihm erwartet!

Das rote Kabel muss an „+“ und das schwarze Kabel an „-“ angeschlossen werden.

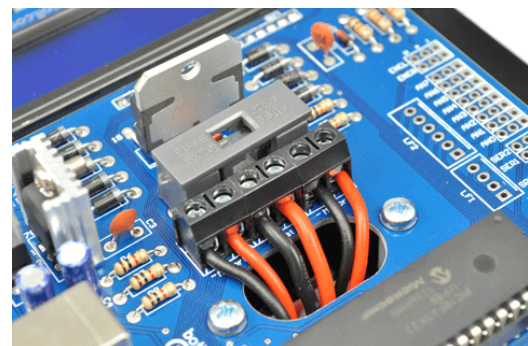


Abbildung 57: Die Anschlüsse für die Motoren

4.2.6. AKKU EINSETZEN

Der Akku wird mit drei Klettstreifen an der Unterseite der Acryl-Grundplatte befestigt.

Bevor Ihr die Klettstreifen anbringt, vergewissert Euch bitte, dass der entsprechende Bereich nicht klebrig, verschmutzt oder fettig ist!

Wenn nötig, reinigt die Oberflächen mit einem Glasreiniger und lasst sie anschließend vollständig trocknen!

Drückt die beiden Klettstreifen fest an den Akku, damit er gut daran haften bleibt. Anschließend müsst Ihr den Klebeschutz entfernen, um den Akku am Roboter anzubringen.

Drückt den Akku noch einmal fest an den Bot'n Roll ONE A, damit er gut daran haftet. Achtet darauf, dass die Bauteile auf der Leiterplatte des Roboters nicht beschädigt werden!

Wenn der Akku mit den Klettstreifen befestigt und vollständig aufgeladen ist, schließt den Stecker an – jetzt könnt Ihr den Bot'n Roll ONE A programmieren!

Kompliment – gut gemacht!



Abbildung 58:
So wird der Akku angebracht

5. VCP-TREIBER FÜR DEN USB-SERIELL(RS232)-WANDLER INSTALLIEREN

Dieser Treiber sorgt dafür, dass das Betriebssystem Eures Computers mit dem Bot'n Roll ONE A kommunizieren kann.

Um den Treiber zu installieren, geht auf die Support-Website für den Bot'n Roll ONE A auf <http://botnroll.com/onea/> und ladet Euch den „VCP Driver - Windows“ oder den „VCP Driver - Mac OS X“ herunter, indem Ihr den Link anklickt, der zu Eurem Betriebssystem passt. Nach dem Download entpackt Ihr die „.zip“-Datei und startet die Anwendung.

Jedes Mal, wenn Ihr Euren Roboter mit dem USB-Kabel an Euren Computer anschließt, wird ein virtueller COM-Port (VCP) erzeugt, über den die Kommunikation zwischen Eurem Bot'n Roll ONE A und Eurem PC abgewickelt wird. Die Umgebung für die Anwendungsprogrammierung nutzt den Port für die Kommunikation mit dem Bot'n Roll ONE A und überträgt zu diesem Zweck Eure Programme auf den Roboter.

Bei dem USB-Seriell-Wandler, den der Bot'n Roll ONE A verwendet, handelt es sich um einen **PoUSB12** von *PoLabs*, der mit der **Bridge CP2102** von *Silicon Labs* arbeitet.

6. DIE ARDUINO-PROGRAMMIERUMGEBUNG

Programmiert wird der Roboter mit der Software Arduino IDE. Diese Anwendung wird benötigt, damit Ihr die Programme in der Programmiersprache C editieren könnt. Die Software wird auch dazu verwendet, Eure Programme auf den Bot'n Roll ONE A zu überspielen.

6.1. ARDUINO IDE INSTALLIEREN

Um die Software Arduino IDE zu installieren, geht bitte auf die Support-Website für den Bot'n Roll ONE A auf <http://botnroll.com/onea/> und klickt dort auf „Arduino IDE - Windows“ oder „Arduino IDE - Mac OS X“, um die für Euer Betriebssystem passende Software herunterzuladen.

Nach dem Download entpackt die .zip-Datei und kopiert sie in einen Ordner Eurer Wahl auf Eurem Computer.

Dieser Ordner enthält mehrere Unterordner und Dateien – darunter auch die Anwendung „**arduino**“. Diese ausführbare Datei startet die Software Arduino IDE. Sehr wichtig ist auch der Unterordner „**libraries**“: Er enthält alle Arduino-Libraries. Die Libraries sind Euer Handwerkszeug für das Programmieren.

6.2. DIE LIBRARY BNRONEA AUF ARDUINO INSTALLIEREN

Die Library **BnrOneA** wurde von **botnroll.com** für Arduino IDE entwickelt und enthält alle nötigen Befehle für die Steuerung des Roboters. Diese Library muss auf Arduino IDE installiert werden.

Ladet Euch von der Support-Website für den Bot'n Roll ONE A auf <http://botnroll.com/onea/> die Datei **Arduino Library** herunter, indem Ihr auf „**BnrOneA.zip**“ klickt.

Entpackt die Datei und speichert den extrahierten Ordner „**BnrOneA**“ im Verzeichnis „**libraries**“, das im vorhergehenden Abschnitt beschrieben wurde. Jetzt habt Ihr alles, was Ihr braucht, um Euren **Bot'n Roll ONE A** erfolgreich zu programmieren!

6.3. DIE KOMMUNIKATION MIT DEM ROBOTER KONFIGURIEREN

Bevor Ihr diesen Schritt in Angriff nehmt, vergewissert Euch bitte, dass Ihr den VCP-Treiber korrekt installiert habt. Schließt den Bot'n Roll ONE A mit dem mitgelieferten USB-Kabel an Euren Computer an. Jetzt wird automatisch ein COM-Port für die Kommunikation mit dem Roboter zugewiesen.

Öffnet jetzt Arduino IDE, klickt auf die Option „Tools -> Board“ und wählt unter „Board“ (Leiterplatte) „Arduino Uno“ aus. Der Bot'n Roll ONE A wird nun so programmiert, als wäre er ein Arduino Uno.

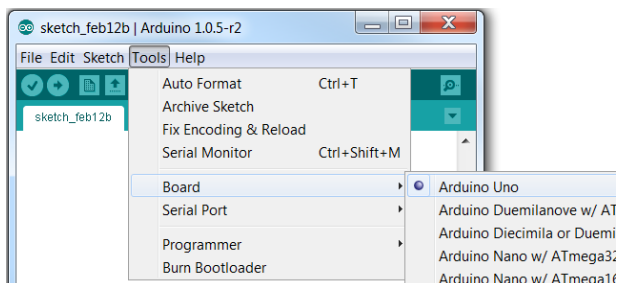


Abbildung 59: Die Leiterplatte auswählen, die programmiert werden soll

Wählt unter „Tools -> Serial Port“ den richtigen COM-Port aus, der dem Bot'n Roll ONE A zugewiesen wurde.

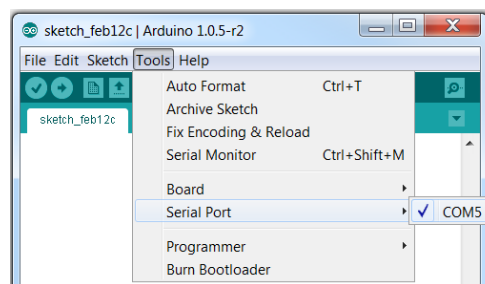


Abbildung 60: Den seriellen Port auswählen

Falls hier kein COM-Port angeboten wird, habt Ihr vermutlich den VCP-Treiber für den USB-Seriell-Wandler nicht korrekt installiert.

Öffnet den Windows Gerätemanager und sucht nach dem Eintrag „Anschlüsse (COM and LPT)“. Wenn Ihr diesen Eintrag anklickt, werden alle verfügbaren Kommunikationsanschlüsse (COM-Anschlüsse) angezeigt.

„Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge“ ist die Bezeichnung für den Kommunikationsanschluss, der mit dem Bot'n Roll ONE A „sprechen“ kann (in dem abgebildeten Beispiel wurde der Port **COM5** zugewiesen).

Wenn der Eintrag „Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge“ nicht in der Liste erscheint, müsst Ihr den VCP-Treiber korrekt installieren.

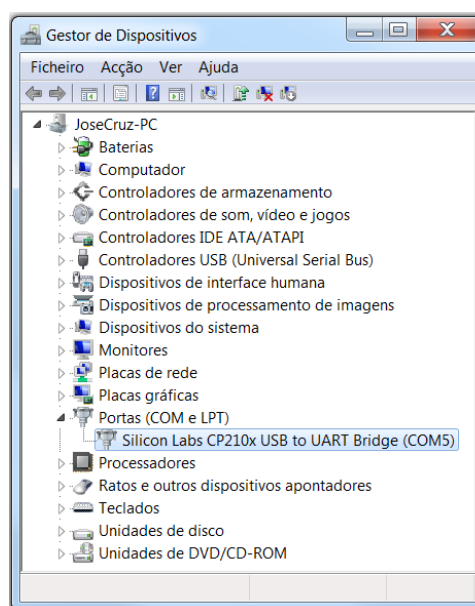


Abbildung 61: Kommunikationsanschlüsse (COM-Ports) im Windows Gerätemanager

6.4. EIN PROGRAMM AUF DEN BOT'N ROLL ONE A LADEN

In der Anwendung Arduino IDE findet Ihr verschiedene Beispielprogramme, die Ihr auf Euren Roboter laden könnt.

Klickt auf „**File -> Examples -> 01.Basics -> Blink**“. Es öffnet sich ein neues Fenster mit dem Code für das gewählte Beispiel.

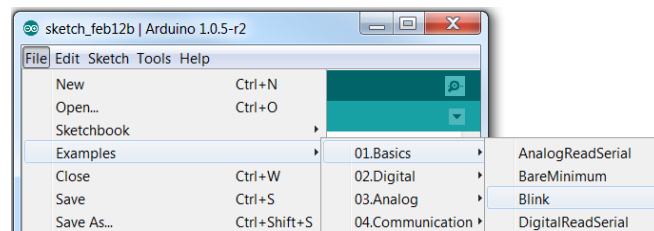


Abbildung 62: Ein Beispielprogramm laden

Klickt auf „**File -> Upload**“ oder auf das Pfeil-nach-rechts-Symbol, um das Programm an den Roboter zu senden. Sobald der Upload abgeschlossen ist, muss die gelbe LED im Sekundentakt blinken!

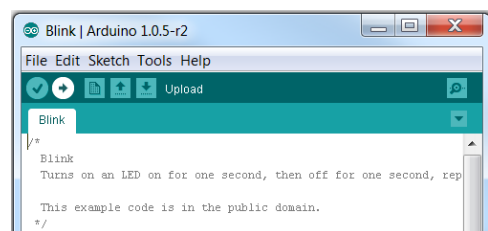


Abbildung 63: Ein Programm an den Roboter senden

Wenn Ihr auf „**File -> Examples -> BnrOneA -> ...**“ klickt, findet Ihr alle Programme, die botnroll.com speziell für den Bot'n Roll ONE A entwickelt hat.

Unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Basic -> ...**“ findet Ihr die einfachsten Programme, die vor allem dazu dienen, um die komplette Hardware Eures Roboters zu testen. Mit diesen kleinen Programmen müsst Ihr Euch gründlich vertraut machen!

Unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Advanced -> ...**“ gibt es einige fortgeschrittenere Programme, die für Euch womöglich erst verständlich sind, wenn Ihr mit den Basisprogrammen vertraut seid.

Unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Extra -> ...**“ findet Ihr Programme, die mit den Extras des Bot'n Roll ONE A zusammenhängen, die Eurem Roboter viele weitere Entfaltungsmöglichkeiten eröffnen.

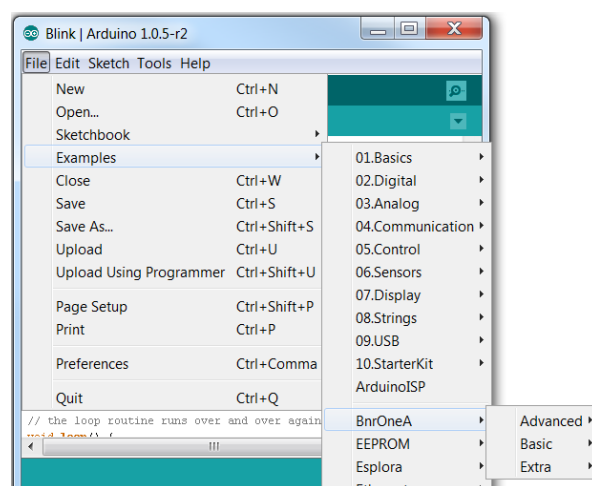


Abbildung 64:
Programme aus der Library BnrOneA

7. DER HARDWARE-TEST FÜR EUREN BOT'N ROLL ONE A

Wenn Euer Roboter den elektrischen Test (Abschnitt 3.3.2 in dieser Bauanleitung) erfolgreich bestanden hat, müssen alle Bauteile Eures Bot'n Roll ONE A einzeln getestet werden, um festzustellen, ob sie alle einwandfrei funktionieren. Dafür müsst Ihr den Roboter mit den entsprechenden Beispielcodes programmieren und alle Tests durchführen, die nachfolgend Punkt für Punkt aufgelistet werden. Bitte geht dabei zwar genau in der hier vorgegebenen Reihenfolge vor!

7.1. „L“-LED

Öffnet in Arduino IDE das Beispielprogramm „**Blink**“ unter „**File -> Examples -> 01.Basics -> Blink**“ und programmiert den Roboter, indem Ihr auf „**Upload**“ klickt. Wenn der Upload beendet ist, muss die L-LED im Sekundentakt blinken.

Wenn die L-LED nicht aufleuchtet, kontrolliert bitte, ob es einen Kurzschluss oder eine fehlerhafte Lötstelle an einem der folgenden Bauteile gibt:

- L-LED;
- Widerstand **R16**;
- Pin **13** des Arduino Steckverbinders **8-SCL**;
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** ATmega328.

Vergewissert Euch, dass Ihr beim Verlöten der L-LED die Polung beachtet habt. Um das zu überprüfen, könnt Ihr entweder ein Multimeter verwenden oder die internen Verbindungen der LED mit einer identischen LED vergleichen.

7.2. BUZZER

Ladet das Programm „**Buzzer**“ unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Basic -> Buzzer**“ auf den Roboter. Wenn der Upload beendet ist, solltet Ihr eine Melodie hören, die der Buzzer ertönen lässt. Dies zeigt, dass der Buzzer einwandfrei funktioniert.

Sollte der Buzzer keine Melodie spielen, kontrolliert bitte, ob sich der **BUZZ**-Jumper an der richtigen Stelle befindet und ob es einen Kurzschluss oder eine fehlerhafte Lötstelle an einem der folgenden Bauteile gibt:

- **Buzzer**;
- Widerstand **R15**;
- **BUZZ**-Jumper;
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** ATmega328.

7.3. DEBUG-LED

Ladet das Programm „**LED**“ unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Basic -> LED**“ auf den Roboter. Wenn der Upload beendet ist, sollte die LED im Sekundentakt blinken.

Falls die **LED** nicht leuchtet, müsst Ihr die folgenden Bauteile auf Kurzschlüsse oder fehlerhafte Lötstellen überprüfen:

- **LED-LED;**
- Widerstand **R18**;
- Pin **13** des Arduino Steckverbinders **8-SCL**;
- **SSP-Jumper**;
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung PIC18F45K22**
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung ATmega328.**

Vergewissert Euch, dass Ihr beim Verlöten der **LED-LED** die Polung beachtet habt. Um das zu überprüfen, könnt Ihr entweder ein Multimeter verwenden oder die internen Verbindungen der LED mit einer identischen LED vergleichen.

7.4. LCD-DISPLAY

Ladet das Programm „**LCD**“ unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Basic -> LCD**“ auf den Roboter. Wenn der Upload beendet ist, solltet Ihr auf dem Display die Meldung „**LCD Test OK!!**“ sehen.

Falls diese Meldung nicht erscheint, kontrolliert bitte Folgendes:

- Steht der Hauptschalter des Roboters auf ON?
- Habt Ihr mit dem Potentiometer **BR** die Helligkeit des LCD-Displays richtig eingestellt?
- Habt Ihr mit dem Potentiometer **CT** den Kontrast des LCD-Displays richtig eingestellt?

Wenn Ihr dies kontrolliert habt und die Meldung trotzdem nicht auf dem Display erscheint, überprüft bitte die folgenden Bauteile auf Kurzschlüsse oder fehlerhafte Lötstellen:

- **16-polige Stiftleiste** des LCD-Displays;
- Potentiometer **BR**;
- Potentiometer **CT**;
- **SSP-Jumper**;
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung PIC18F45K22**
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung ATmega328.**

7.5. DRUCKTASTER

Ladet das Programm „**PushButtons**“ unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Basic -> PushButtons**“ auf den Roboter. Wenn der Upload beendet ist, erscheint auf dem Display die Nummer des Drucktasters, den Ihr gerade drückt:

- **0**, wenn **kein** Drucktaster gedrückt wird
- **1**, wenn der Drucktaster **PB1** gedrückt wird
- **2**, wenn der Drucktaster **PB2** gedrückt wird
- **3**, wenn der Drucktaster **PB3** gedrückt wird

Wenn irgendeiner der Drucktaster nicht einwandfrei funktioniert, überprüft bitte die folgenden Bauteile auf Kurzschlüsse oder fehlerhafte Lötstellen:

- Schalter **PB1**;
- Schalter **PB2**;
- Schalter **PB3**;
- Widerstand **R6**;
- Widerstand **R7**;
- Widerstand **R8**;
- **SSP**-Jumper;
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** PIC18F45K22
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** ATmega328.

7.6. AKKU

Ladet das Programm „**Battery**“ unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Basic -> Battery**“ auf den Roboter. Wenn der Upload beendet ist, sollte auf dem Display die Batteriespannung angezeigt werden.

Falls der angezeigte Spannungswert nicht zwischen 9,0 V und 14,0 V beträgt, kontrolliert bitte Folgendes:

- Steht der Hauptschalter des Roboters auf ON?
- Ist der Akku aufgeladen?
- Befindet sich an der Position **R2** der Widerstand mit 3,3 K Ω ?
- Befindet sich an der Position **R3** der Widerstand mit 10 K Ω ?
- Habt Ihr die Z-Diode **Z1** in der richtigen Ausrichtung angebracht?

Wenn Ihr dies kontrolliert habt und das Problem weiterhin besteht, überprüft bitte die folgenden Bauteile auf Kurzschlüsse oder fehlerhafte Lötstellen:

- Kondensator **C1**;
- Widerstand **R2**;
- Widerstand **R3**;
- Diode **Z1**;
- **SSP**-Jumper;
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** PIC18F45K22
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** ATmega328.

7.7. MOTOREN

Ladet das Programm „**Motors**“ unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Basic -> Motors**“ auf den Roboter. Wenn der Upload beendet ist, sollten die Motoren anlaufen und auf dem LCD eine Meldung erscheinen, die die ausgeführte Bewegung beschreibt.

Sollte sich der Motor nicht in Bewegung setzen, kontrolliert bitte Folgendes:

- Steht der Hauptschalter des Roboters auf ON?
- Ist der Akku aufgeladen?
- Ist der Steckverbinder **MotorL** festgezogen?
- Ist der Steckverbinder **MotorR** festgezogen?
- Sind die **Radnaben** richtig an den Motoren angebracht?
- Sind die **Räder** des Roboters richtig an den Radnaben befestigt?

Wenn Ihr dies kontrolliert habt und das Problem weiterhin besteht, überprüft bitte die folgenden Bauteile auf Kurzschlüsse oder fehlerhafte Lötstellen:

- Kondensator **C2**;
- Dioden **D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8** und **D9**;
- Steckverbinder **MotorL**;
- Steckverbinder **MotorR**;
- Integrierte Schaltung **U3** (L298N);
- **SSP-Jumper**;
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** PIC18F45K22
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** ATmega328.

7.8. INFRAROT-LEDS

Ladet das Programm „**IR_Emitters**“ unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Basic -> IR_Emitters**“ auf den Roboter. Wenn der Upload beendet ist, blinken die Infrarot-LEDs im Sekundentakt, und auf dem LCD-Display wird die entsprechende Statusinformation angezeigt.

Kontrolliert mit der Kamera eines Mobiltelefons (ohne Infrarotfilter), ob die LEDs blinken, denn für das menschliche Auge ist Infrarotlicht unsichtbar.

Wenn einige der Infrarot-LEDs kein Licht aussenden, verstellt das entsprechende Potentiometer (**IRD1** für **IRE1** und **IRD2** für **IRE2**), bis Ihr seht, dass die LED Licht aussendet.

Wenn Ihr dies kontrolliert habt und das Problem weiterhin besteht, überprüft bitte die folgenden Bauteile auf Kurzschlüsse oder fehlerhafte Lötstellen:

- **IRE1-LED**;
- Transistor **Q1**;
- Potentiometer **IRD1**;
- Widerstände **R13** und **R24**;
- **IRE2-LED**;
- Transistor **Q2**;
- Potentiometer **IRD2**;
- Widerstände **R19** und **R25**;
- **SSP Jumper**;
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** PIC18F45K22
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** ATmega328.

7.9. HINDERNISSENSOREN

Ladet das Programm „**ObstaclesCalibration**“ unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Basic -> ObstaclesCalibration**“ auf den Roboter. Wenn der Upload beendet ist, senden die Infrarot-LEDs Infrarotlicht aus, das – wenn es von einem Hindernis zurückgeworfen wird – dazu führt, dass die **IRS1**- und **IRS2**-LEDs blinken.

Auf dem LCD-Display erscheint eine Meldung, die über die Hinderniserkennung Auskunft gibt:

- **0**, wenn kein Sensor ein Hindernis erkennt;
- **1**, wenn der linke Sensor ein Hindernis erkennt;
- **2**, wenn der rechte Sensor ein Hindernis erkennt;
- **3**, wenn der linke und der rechte Sensor ein Hindernis erkennen.

Haltet Eure Hand vor die Infrarot-LEDs, um ein Hindernis zu simulieren, und kontrolliert, ob die **IRS1**- und **IRS2**-LEDs blinken und gleichzeitig die entsprechende Meldung auf dem LCD-Display erscheint.

Wenn einige der **IRS1**- oder **IRS2**-LEDs nicht blinken, überprüft bitte die folgenden Bauteile auf Kurzschlüsse oder fehlerhafte Lötstellen:

- **IRS1** LED;
- **IRR1** Sensor;
- **R14** Widerstand;
- **IRS2** LED;
- **IRR2** Sensor;
- **R20** Widerstand;
- **SSP** Jumper;
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** PIC18F45K22
- **IC-Sockel der integrierten Schaltung** ATmega328.

Vergewissert Euch, dass Ihr die **IRS1**- oder **IRS2**-LEDs mit der richtigen Polung eingebaut habt. Um das zu überprüfen, könnt Ihr entweder ein Multimeter verwenden oder die internen Verbindungen der LED mit einer identischen LED vergleichen.

7.10. DIE HINDERNISERKENNUNGS-SCHALTUNG KALIBRIEREN

Ladet das Programm „**ObstaclesCalibration**“ unter „**File -> Examples -> BnrOneA -> Basic -> ObstaclesCalibration**“ auf den Roboter. Wenn der Upload beendet ist, senden die Infrarot-LEDs Infrarotlicht aus, das – wenn es von einem Hindernis zurückgeworfen wird – dazu führt, dass die **IRS1**- und **IRS2**-LEDs blinken.

Auf dem LCD-Display erscheint eine Meldung, die über die Hinderniserkennung Auskunft gibt:

- **0**, wenn kein Sensor ein Hindernis erkennt;
- **1**, wenn der linke Sensor ein Hindernis erkennt;
- **2**, wenn der rechte Sensor ein Hindernis erkennt;
- **3**, wenn der linke und der rechte Sensor ein Hindernis erkennen.

Stellt den Roboter so auf, dass er ein Hindernis vor sich hat – zum Beispiel eine Wand oder ein Blatt Papier – und kalibriert die Entfernung für die Hinderniserkennung, indem Ihr mit einem Kreuzschlitz-Schraubenzieher die Potentiometer **IRD1** und **IRD2** einstellt.

Bitte beachtet:

- Beim Einstellen müsst Ihr euch von den Angaben auf dem **LCD-Display** leiten lassen und nicht von den **IRS1**- und **IRS2**-LEDs, weil die LEDs immer blinken, bevor die Software das Hindernis erkennt.
- Dunkle Gegenstände werfen weniger Licht zurück als helle Gegenstände. Wenn Ihr die Entfernung für einen hellen Gegenstand einstellt, ist diese Entfernung nicht geeignet zum Erkennen eines dunklen Gegenstandes!

Jetzt ist Euer **Bot'n Roll ONE A** komplett und einsatzbereit! Lasst Eurem Einfallsreichtum freien Lauf und erkundet die fantastische Welt der Robotik... Herzlichen Glückwunsch!

8. EXTRAS

Ihr könnt Euren Bot'n Roll ONE A mit verschiedensten Extras kombinieren, die die Funktionsvielfalt des Roboters erweitern. Arduino-kompatible Shields (Aufsteckplatinen) wie Wireless XBee, Bluetooth, RF, GPS, GPRS und Sensoren wie Linienfolger, Ultraschallsensor, Kompass, Encoder und jedes beliebige I2C-Bauteil können Euren Bot'n Roll ONE A angebaut werden. Der Fantasie sind kaum Grenzen gesetzt!

Ausführliche Beschreibungen zu einigen dieser Komponenten findet Ihr in der „Zusatzbauanleitung“. Diese Zusatzbauanleitung könnt Ihr Euch auf der Support-Website für den Bot'n Roll ONE A auf <http://botnroll.com/onea/> besorgen.

Weitere Informationen findet Ihr außerdem auch auf www.botnroll.com.

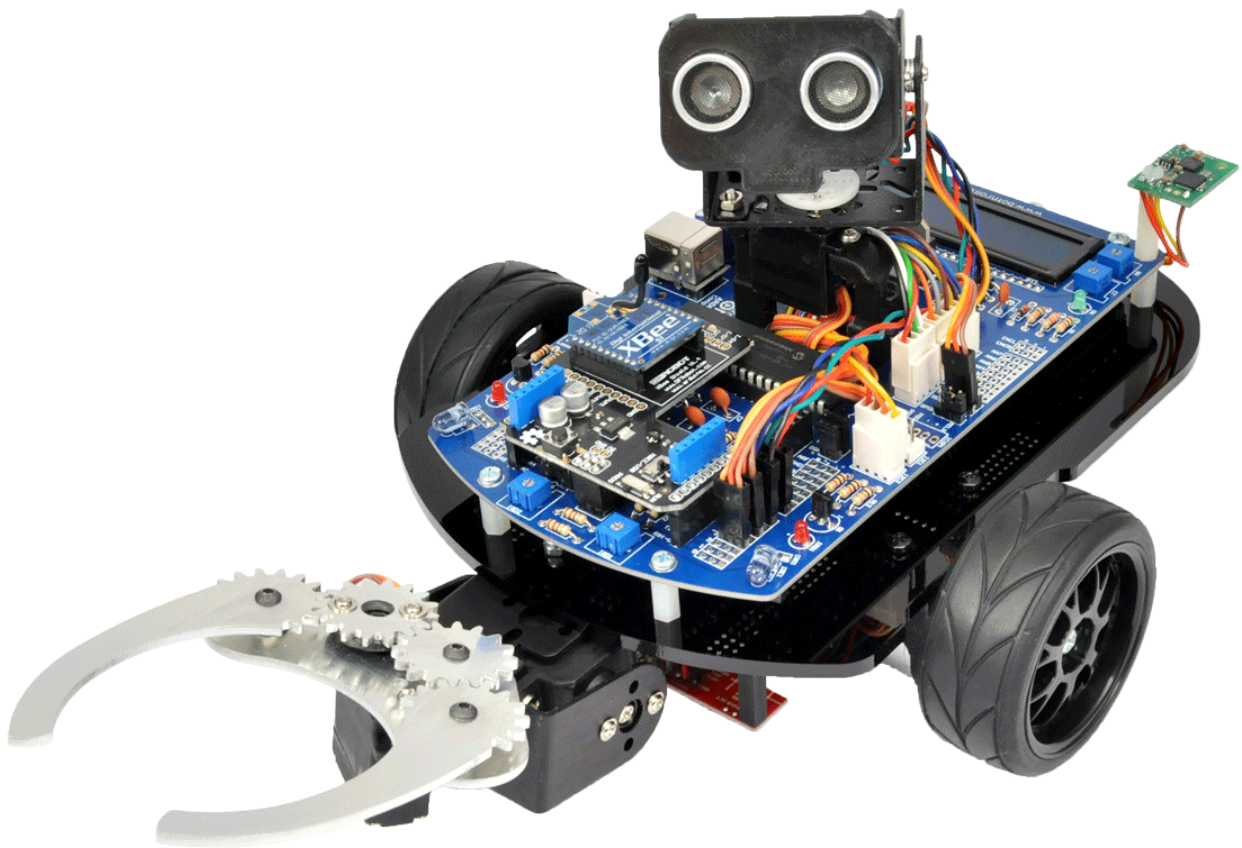


Abbildung 65 Der Bot'n Roll ONE A mit angebauten Extras

9. ANHANG

9.1. BOT'N ROLL ONE A – LISTE DER ELEKTRONIKBAUTEILE

Anzahl	Bezeichnung	Anzahl	Bezeichnung
3	120 Ohm Widerstand	1	LM7805CT IC
13	1K Ohm Widerstand	1	LD33CV IC
3	3,3K Ohm Widerstand	1	28-poliger IC-Sockel
5	10K Ohm Widerstand	1	40-poliger IC -Sockel
1	1M Ohm Widerstand	2	Infrarot-LED
4	10K Potentiometer	2	Infrarotempfänger Sharp GP1UX511QS
1	3 mm LED grün	1	USB-Seriell-Wandler POU5B12
2	3 mm LED rot	2	PNP BC557 Transistor
2	3 mm LED gelb	1	Buzzer – Magnetischer Wandler
2	22pF-Kondensator	1	16 x 2 LCD-Display
7	100nF-Kondensator	1	16-polige Steckleiste
2	100uF 25V Kondensator	4	Drucktaster
1	16 MHz Quarz	1	Hauptschalter
12	FR203 Diode	1	10-polige Buchse
1	5V1 Z-Diode	2	8-polige Buchse
1	Träge Sicherung 3A 20 x 5 mm	1	6-polige Buchse
1	Sicherungssockel	1	3 x 2 Stecker
1	Sicherungshalterdeckel	2	KK 4-poliger KK-Steckverbinder
1	ATmega328 IC	3	2-poliger Schraubsteckverbinder
1	PIC18F45K22 IC	2	2-poliger Jumper
1	L298N IC	1	3-poliger Jumper

9.2. SCHALTPLAN

