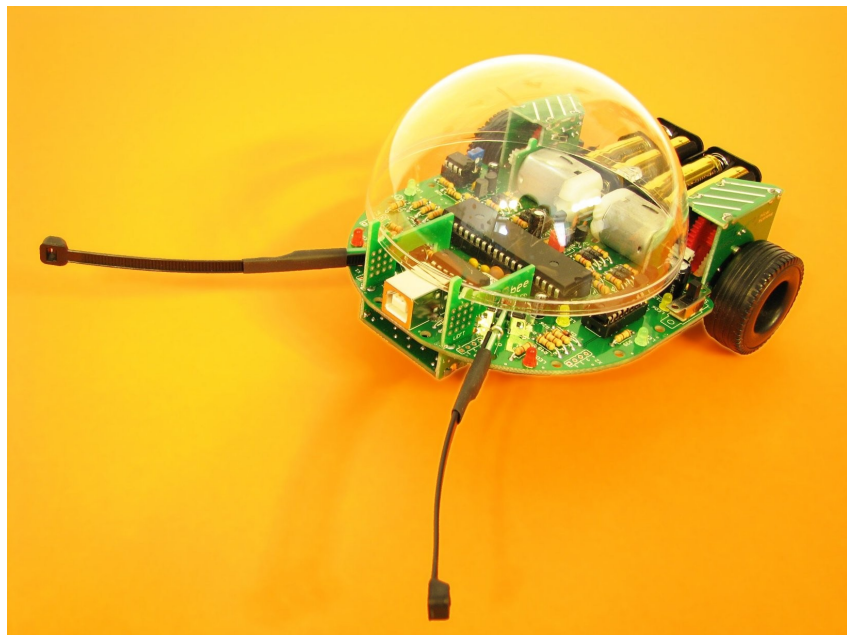


Roboterbausatz NIBObee

Bauanleitung und Funktionshandbuch



Sicherheitshinweise

Für den Zusammenbau und den Betrieb des Roboters beachten Sie bitte folgende Sicherheitshinweise:

- Der Roboterbausatz NIBObee ist ausschließlich für lernende, lehrende und experimentelle Zwecke gedacht. Beim Einsatz für andere Aufgaben wird jegliche Haftung ausgeschlossen und der Einsatz besteht auf eigene Gefahr.
- An den Roboter dürfen keine Maschinen angeschlossen werden. Insbesondere ist der Betrieb mit Geräten mit Netzspannung untersagt.
- Der Roboter darf nicht ohne Aufsicht betrieben werden. Der Roboter ist bei Abwesenheit von der Energieversorgung zu trennen.
- Der Roboter darf nur mit einer stabilisierten Gleichspannung von 4,8 Volt betrieben werden. Insbesondere darf der Roboter **nur mit Akkus (1,2V)** und keinesfalls mit normalen Batterien (1,5V) betrieben werden.
- Für Datenverluste eines angeschlossenen Computers wird keine Haftung übernommen.
- Der Roboter darf nur innerhalb von Gebäuden eingesetzt werden. Insbesondere ist der Einsatz des Roboters im öffentlichen Straßenverkehr ausdrücklich verboten!
- Für einen von dieser Anleitung abweichenden Aufbau wird keine Garantie und keine Haftung übernommen, der Betrieb ist auf eigene Gefahr!

Zum Löten beachten Sie bitte auch folgende Hinweise:

- Arbeiten Sie mit dem Lötkolben stets mit äußerster Vorsicht!
- Unsachgemäße Bedienung kann zu schweren Verbrennungen führen oder Brände verursachen.
- Legen Sie den heißen Lötkolben nie auf dem Tisch oder auf anderen Unterlagen ab.
- Lassen Sie den Lötkolben im eingeschalteten Zustand niemals unbeaufsichtigt.
- Achten Sie darauf, dass beim Löten giftige Dämpfe entstehen können. Achten Sie daher auf ausreichende Belüftung und waschen Sie sich nach den Arbeiten gründlich die Hände.
- Halten Sie den Lötkolben fern von Kindern!
- Beachten Sie bitte auch die Sicherheitshinweise des Lötkolbenherstellers!

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Überblick.....	5
1.1 Funktionsumfang und Ausstattung.....	6
1.2 Antrieb.....	7
1.2.1 Odometrie.....	7
1.2.2 Motorbrücke.....	7
1.3 Sensorik.....	8
1.3.1 Tastsensoren / Fühler.....	8
1.3.2 Linien- / Bodensensoren.....	8
1.4 USB-Schnittstelle.....	9
1.5 Schnittstellen / Erweiterungsports.....	9
1.6 Sonstige Hardwarekomponenten.....	10
1.6.1 Status LEDs.....	10
1.6.2 Funktions LEDs.....	10
1.6.3 Spannungsschalter / Ladebetrieb.....	10
2 Montage des Roboters.....	11
2.1 Erforderliches Werkzeug.....	11
2.2 Löten.....	11
2.3 Bestückung der Platinen.....	12
2.3.1 Widerstände.....	17
2.3.2 Zener-/Schottky-Dioden.....	19
2.3.3 Silizium-Dioden.....	19
2.3.4 Keramik-Vielschicht-Kondensatoren.....	19
2.3.5 Scheibenkondensatoren.....	20
2.3.6 Quarz.....	20
2.3.7 IC-Sockel.....	20
2.3.8 NPN-Bipolar-Transistoren.....	20
2.3.9 PNP-Bipolar-Transistoren.....	21
2.3.10 IR-Phototransistoren.....	21
2.3.11 IR-LEDs.....	21
2.3.12 LEDs.....	22
2.3.13 Jumper 2-polig.....	22
2.3.14 Jumper 3-polig.....	22
2.3.15 Taster.....	22
2.3.16 Schalter.....	23
2.3.17 Elektrolytkondensatoren.....	23
2.3.18 Potentiometer.....	24
2.3.19 USB-Buchse.....	24
2.3.20 Batteriehalter.....	24
2.4 Optische Überprüfung der Platine.....	27
2.5 Montage.....	28
2.5.1 Vorbereitende Arbeiten.....	28
2.5.2 Einbau der Motoren / Getriebeeinheit.....	29

2.5.3 Montage des Sensorträgers.....	35
2.5.4 Montage der Fühler.....	37
2.5.5 Aufstecken der Räder.....	39
2.5.6 Aufkleben der Halbsphäre.....	40
2.5.7 Einsetzen der ICs.....	41
3 Inbetriebnahme.....	43
3.1 Testen der Bodensensoren.....	43
3.2 Testen und Justieren der Odometriesensoren.....	43
3.3 Testen der Tastsensoren / Fühler.....	44
3.4 Testen der Motoren.....	44
3.5 Ladefunktion der Akkus über USB.....	45
4 Anhang.....	46
4.1 Widerstandsfarbcode.....	46
4.2 THT - Bauteilliste.....	47
5 Links zu weiterführenden Internetseiten.....	49

1 Einleitung und Überblick

Der Roboterbausatz **NIBObee** ist ein speziell für Schüler entwickelter, in C, C++, Java und Assembler programmierbarer autonomer Roboter. Als ausgeklügeltes Komplettsystem hat der stylische Bot einen ATmega16 als „denkende“ Einheit, verschiedene Sensoren zur Wahrnehmung seiner Umgebung und einen integrierten USB-Programmer, der zusätzlich als Ladegerät für die Akkus dient. Nach dem Zusammenbau kann so direkt mit der eigenen Programmierung losgelegt werden.

Durch eine großzügige Verteilung der elektronischen Bauteile auf der Platine lässt sich der Roboter einfach löten. Eine Bauanleitung mit vielen Abbildungen erklärt den Zusammenbau und die erforderlichen Lötarbeiten Schritt für Schritt. Insbesondere wurde bei der Entwicklung auf eine leicht ansteuerbare Sensorik und komfortable Programmierbarkeit geachtet, so dass Anfänger schnell einen motivierenden Einstieg in die Bereiche Robotik, Programmierung und Elektronik finden.

Eine transparente Halbsphäre als Kuppel und zwei Fühler, die 4 Tastsensoren ansteuern, geben dem NIBObee sein unverwechselbares Aussehen. Abgerundet wird das Ganze durch die NIBObee-Bibliothek, in der alle wichtigen Grundfunktionen fertig implementiert zur Verfügung stehen, und durch ein Programmier-Tutorial in C für die ersten Schritte.

1.1 Funktionsumfang und Ausstattung

Technische Daten:

- Abmessungen: (B x L x H) 126 x 159 x 50 mm (ohne Kuppel, Fühler)
- Gewicht: 266g (mit Akkus und Grafikdisplay)
- Energie: 4 AAA Micro-Akkus mit je 1,2 V
- Bordspannungen: 4,8 V
- Abmessung der Platine: 110 x 80 mm

Ausstattung:

- ATmega16 (16 kB Flash, 1 kB SRAM, 15 MHz)
- ATtiny44 zur Ansteuerung des integrierten USB-Programmers
- USB-Programmer mit Ladefunktion für die Akkus
- 4 frei ansteuerbare LEDs
- 3 Funktions-LEDs zur Statusanzeige
- 4 Tastsensoren mit Fühlern
- 2 Odometriesensoren
- Liniensensor mit 2 IR-LEDs und 3 Phototransistoren
- Antrieb durch zwei Motoren mit 25:1 Getriebe
- Jumper zur Deaktivierung der Motoren
- 5 Erweiterungsports mit je 2 Bit für eigene Ideen/Experimente
- Transparente Halbsphäre als Kuppel

Applikationen:

- Verfolgung einer Linie
- Erkennung von Hindernissen
- Autonomes Verhalten
- Unterscheidung von verschiedenen Bodenbelägen
- Wandverfolgung

Features:

- Hauptprozessor mit 16 kByte Flash-Speicher
- Programmierbar in C, C++ und Java (GNU gcc und nanoVM)

1.2 Antrieb

Die Fortbewegung des Roboters erfolgt mit zwei Motoren, die die Räder über ein Getriebe mit einer 25:1 Untersetzung antreiben. Die Motoren werden von einer H-Brücke mit einem 14,7 kHz PWM-Signal angesteuert. Das PWM-Signal kann mit Hilfe der Odometriesensoren geregelt werden, wodurch eine konstante Geschwindigkeit ermöglicht wird.

1.2.1 Odometrie

Die Geschwindigkeit der Räder wird mit zwei Phototransistoren und zwei IR-LEDs an den mittleren Zahnrädern der Getriebe gemessen. Die Geschwindigkeit ist direkt proportional zur Frequenz des Signals.

1.2.2 Motorbrücke

Die Motorbrücke wird zur Stromverstärkung der Mikrocontrollersignale benötigt. Der Motor bekommt vom Vierquadrantensteller eine von drei möglichen Signalkombinationen: Plus/Minus (vorwärts), Minus/Plus (rückwärts), Plus/Plus (kurzgeschlossen). Der kurzgeschlossene Betrieb (Freilauf) dient zur besseren Energieausnutzung bei der PWM-Ansteuerung, da der Strom dabei nicht gegen die Versorgungsspannung fließen muss. Zusätzlich sorgt der Freilauf für ein stabileres Drehmoment im unteren Ansteuerungsbereich.

Die Motorbrücke kann mit dem Jumper JP7 komplett deaktiviert werden.

1.3 Sensorik

Die Sensoren ermöglichen dem Roboter die Wahrnehmung seiner Umwelt und somit eine Reaktion auf Umwelteinflüsse. Im Folgenden sind die einzelnen Sensoren beschrieben:

1.3.1 Tastsensoren / Fühler

Um Hindernissen erkennen zu können, ist der NIBObee mit zwei Fühlern und 4 Tastern ausgestattet. Durch die Verwendung von zwei Tastern pro Fühler kann zusätzlich zur reinen Kollision auch die Richtung detektiert werden.

1.3.2 Linien- / Bodensensoren

Zur Messung des Reflexionsfaktors des Bodens unter dem Roboter dienen drei IR-Phototransistoren und zwei IR-LEDs. Dadurch ist sowohl eine Erkennung von Abgründen möglich, wie auch das Folgen einer schwarzen Linie. Zusätzlich können verschiedene Bodenbeläge unterschieden werden, solange ihr IR-Reflexionsfaktor unterschiedlich ist. Zur Vermeidung von Streulichteinflüssen empfiehlt es sich, ein Modulationsverfahren anzuwenden. Dieses Verfahren wird von der NIBObee Library unterstützt.

1.4 USB-Schnittstelle

Der NIBObee kann über die USB-Schnittstelle mit einem Computer verbunden und programmiert werden. Zusätzlich können die Akkus über die Schnittstelle geladen werden.

1.5 Schnittstellen / Erweiterungsports

Der NIBObee verfügt über 5 Erweiterungsports. Jeder dieser Ports hat vier Anschlüsse: Plus, Minus und 2 Signalbits. Der Port X2 und der Port X3 befinden sich in unmittelbarer Nähe zu den kleinen Lochrasterfeldern, dort können zusätzliche Sensoren wie zum Beispiel lichtempfindliche Widerstände oder Temperatursensoren angeschlossen werden.

Alle Ports besitzen zusätzliche Funktionen, die in folgender Tabelle aufgelistet sind:

<i>Port</i>	<i>Signal 1</i>	<i>Signal 2</i>	<i>Information</i>
X1	Analog / Digital	Analog / Digital	Zwei analoge Eingänge
X2	Analog / Digital	Digital	Analoger Eingang
X3	Analog / Digital	Digital	Analoger Eingang
X4	SCL / Digital	SDA / Digital	I ² C-Schnittstelle
X5	Rx / Digital	Tx / Digital	Serielle Schnittstelle

Am Port X4 können eigene Erweiterungen mit einer I²C-Schnittstelle angeschlossen werden. Am Port X5 können Erweiterungen mit einer seriellen Schnittstelle angeschlossen werden.

1.6 Sonstige Hardwarekomponenten

1.6.1 Status LEDs

Die zwei gelben LEDs (LED0 und LED3) und die zwei roten LEDs (LED1 und LED2) dienen zur Statusanzeige. Sie können von selbst erstellten Programmen angesteuert werden.

1.6.2 Funktions LEDs

Die grünen LEDs dienen zur Funktionsanzeige. Die Funktionen sind in folgender Tabelle aufgeführt:

LED4	Programmierung, leuchtet während des Programmiervorgangs
LED5	Ladeanzeige, leuchtet während des Ladevorgangs
LED6	Betriebsanzeige, leuchtet solange der NIBObee eingeschaltet ist

1.6.3 Spannungsschalter / Ladebetrieb

Der Spannungsschalter S1 trennt die Akkuspannung von der Schaltung und ermöglicht in Verbindung mit den Jumpfern JP1, JP2 und JP3 das Laden der Akkus (siehe Kapitel 3.5).

2 Montage des Roboters

Der folgende Abschnitt beschreibt den Zusammenbau des Roboters. Lesen Sie das Kapitel bitte erst komplett durch, bevor Sie mit dem Zusammenbau beginnen!

2.1 Erforderliches Werkzeug

Für die Montage des NIBObee werden folgende Werkzeuge benötigt:

- Lötkolben mit Schwämmchen
- Elektroniklötzinn
- Entlötlitze
- Multimeter (mit Durchgangsprüfer)
- Seitenschneider
- Kombizange
- kleiner Kreuzschraubendreher
- kleiner Hammer
- Feile

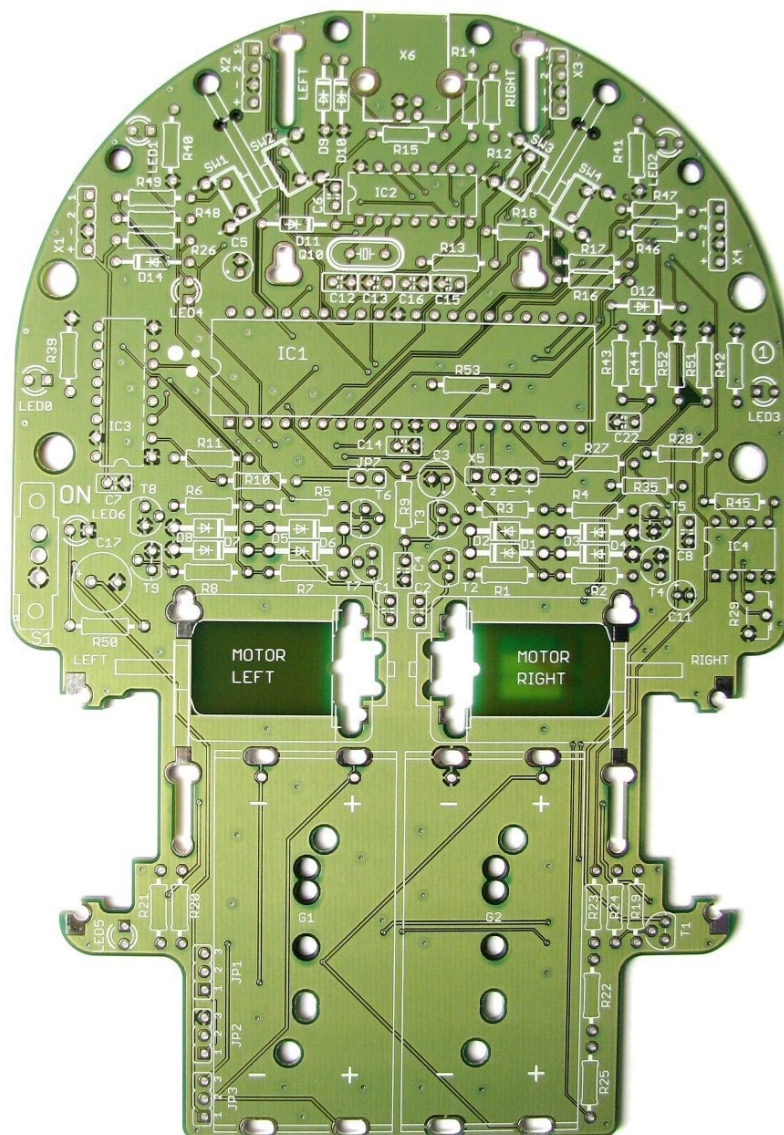
2.2 Löten

Zum Löten sollten Sie am Besten einen Lötkolben oder eine Lötstation mit 50 Watt und feiner Spitze verwenden. Falls Sie eine regelbare Lötstation benutzen, sollten Sie eine hohe Temperatur von 370 °C wählen, da die Platine wie alle heutigen Platinen bleifrei verzinnt ist. Als Lötdraht sollten Sie flussmittelhaltiges Elektroniklötzinn mit einem Durchmesser von 0,5 mm verwenden. Die Lötzeit sollte nur wenige Sekunden betragen, da die meisten Bauteile empfindlich auf die hohe Temperatur reagieren.

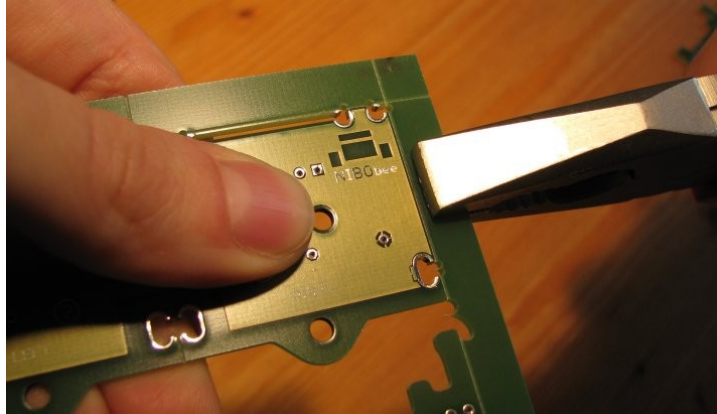
2.3 Bestückung der Platinen

In diesem Abschnitt wird die Bestückung der Platinen mit den elektronischen Bauteilen beschrieben. Zunächst ein Überblick der Rohplatinen:

Hauptplatine (Platine ①):

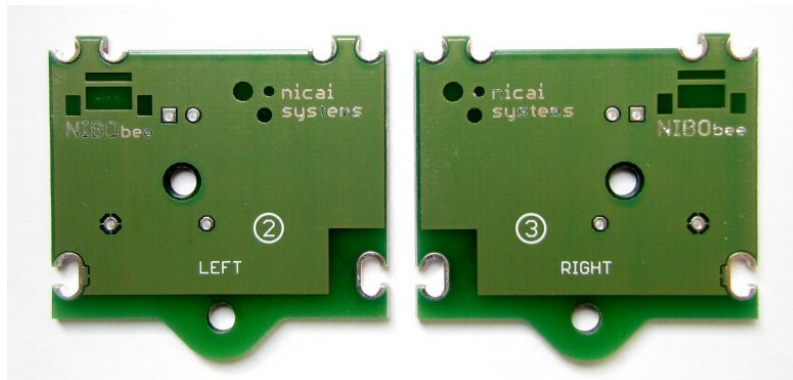


Alle Platinen müssen zunächst z.B. mittels einer Kombizange aus dem Rahmen heraus gebrochen und voneinander getrennt werden:

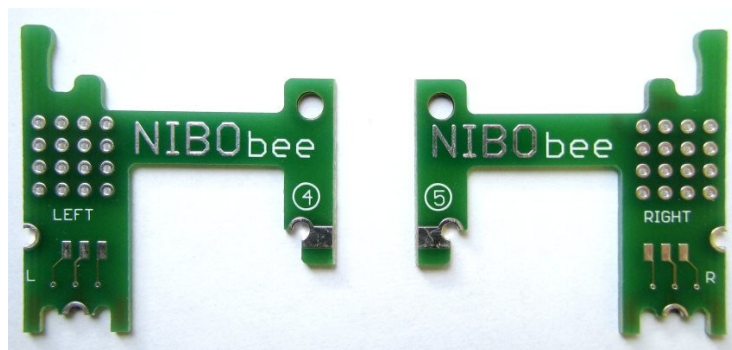


Tip: Platinenreste zunächst aufheben, um keine Teile zu übersehen!

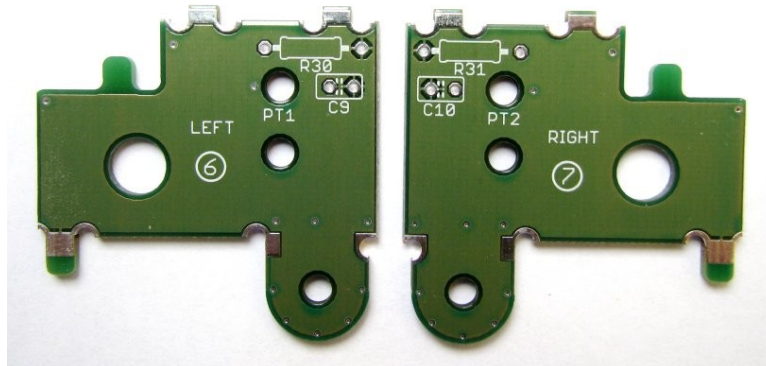
Platinen ② und ③:



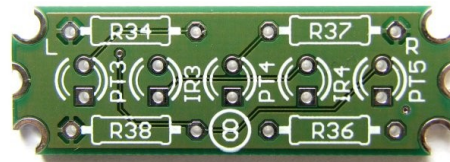
Platinen ④ und ⑤:



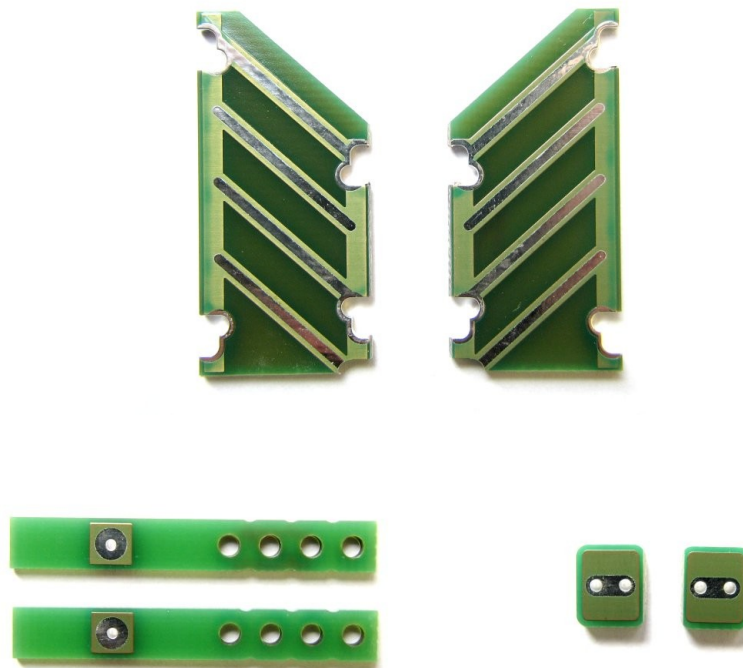
Platinen ⑥ und ⑦:



Platine ⑧:

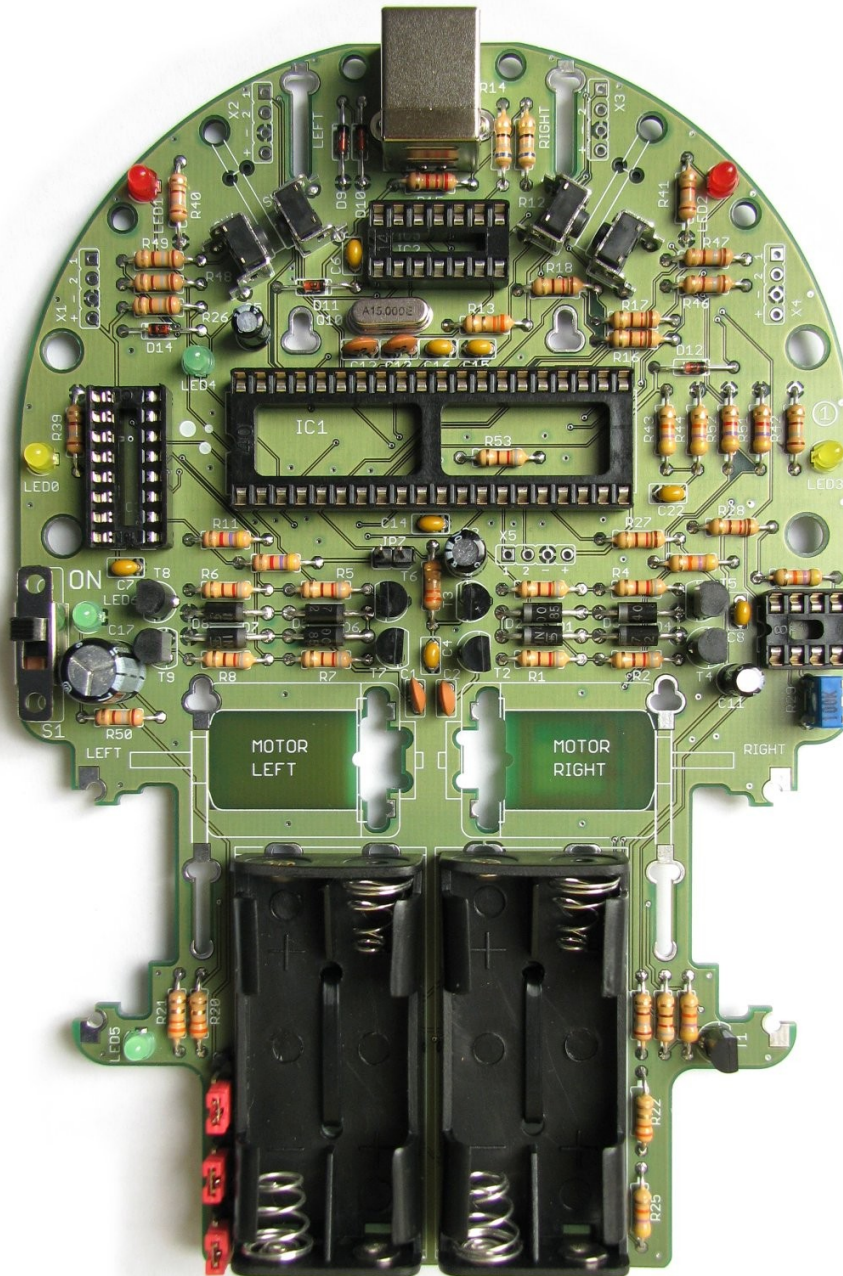


Hilfsplatinen:

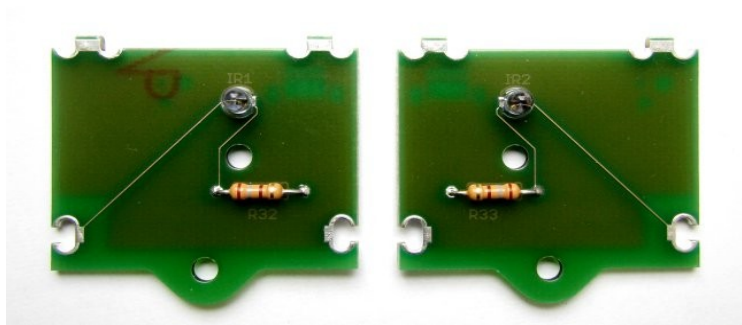


So sollten die Platinen nach der Bestückung aussehen:

Hauptplatine (Platine ①):

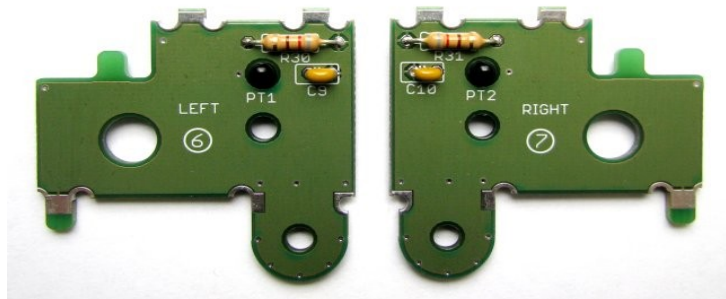


Die Platinen ② und ③ werden von der **Unterseite** bestückt:

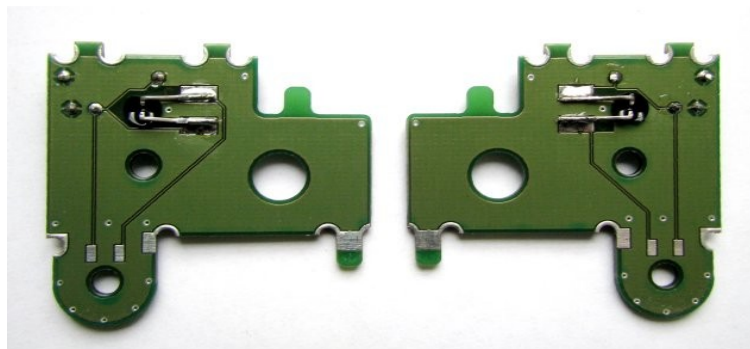


Auf die Platinen ④ und ⑤ werden keine Bauteile eingelötet.

Platinen ⑥ und ⑦ (Oberseiten):



Platinen ⑥ und ⑦ (Unterseiten):



Platine ⑧:



Die **Reihenfolge der Bestückung** richtet sich nach der Höhe der Bauteile, damit alle Lötstellen gut zugänglich sind. Die folgenden Unterabschnitte sind nach diesem Kriterium sortiert.

Hinweis: In diesem Kapitel werden alle Platinen (① - ⑧) bestückt.

2.3.1 Widerstände

Die Widerstände werden waagrecht auf den Platinen eingelötet. Eine Polarität gibt es dabei nicht zu beachten. Die Beinchen werden dazu, wie auf der Abbildung zu sehen ist, an beiden Seiten umgebogen. Der Wert der Widerstände ist in einem Farbcode auf den Widerständen angegeben, der im Anhang erklärt wird.



Hier die Farbcodes der verwendeten Widerstände:

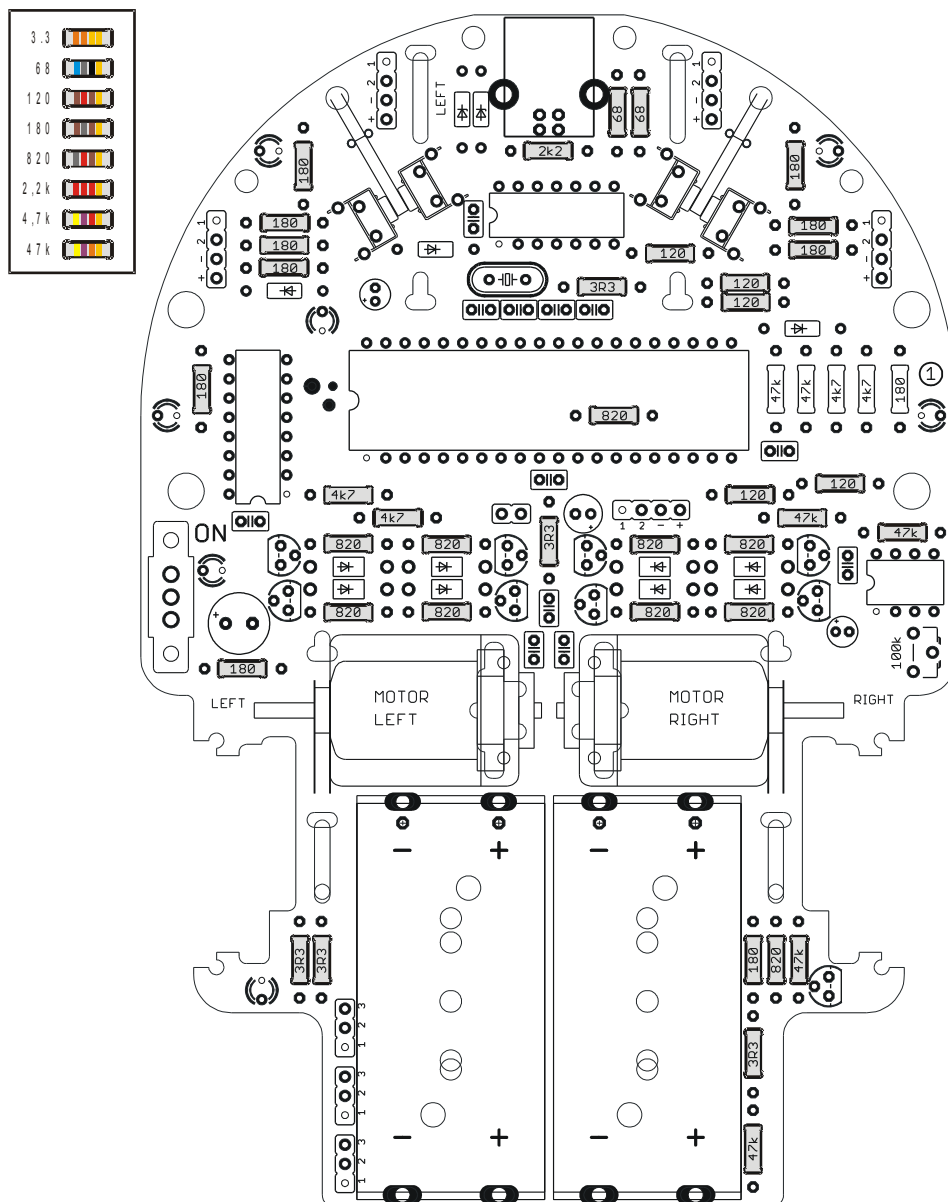
Wert	Bauteil	Markierung
3,3 Ω	R9, R13, R20, R21, R22	orange – orange – gold - (gold)
68 Ω	R12, R14	blau – grau – schwarz - (gold)
120 Ω	R16, R17, R18, R27, R28, R36	braun – rot – braun – (gold)
180 Ω	R23, R26, R32, R33, R39, R40, R41, R42, R46, R47, R48, R49, R50	braun – grau – braun – (gold)
820 Ω	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R24, R30, R31, R53	grau – rot – braun – (gold)
2,2 k Ω	R15, R34, R37, R38	rot – rot – rot – (gold)
4,7 k Ω	R10, R11, R51, R52	gelb – violett – rot – (gold)
47 k Ω	R19, R25, R35, R43, R44, R45	gelb – violett – orange – (gold)

Tip: Auf der nächsten Seite ist eine **Übersicht** zur Bestückung der Widerstände!

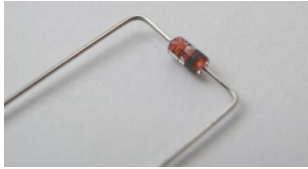
Folgende Übersichtsgrafik erleichtert das Bestücken der **Hauptplatine** mit den Widerständen. Alle Widerstände sind leicht grau schattiert, dicker umrandet und beinhalten den zu bestückenden Wert.

Folgende Widerstände werden auf den **Nebenplatinen** bestückt:

R32 ist auf Platine ②, **R33** ist auf Platine ③, **R30** ist auf Platine ⑥, **R31** ist auf Platine ⑦ zu finden. **R34, R36, R37** und **R38** sind auf Platine ⑧ zu bestücken.



2.3.2 Zener-/Schottky-Dioden



Die Zener-Dioden **D9** und **D10** vom Typ BZX83V003.6 (bzw. 55C3V6) und die Schottky-Dioden **D11**, **D12** und **D14** vom Typ BAT85 müssen vor der Bestückung wie die

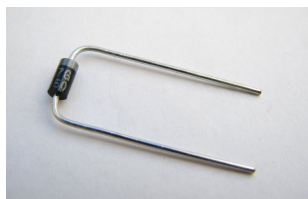
Widerstände zurecht gebogen werden. Dabei muss man jedoch auf die **Polarität** achten! Der weiße Strich auf dem Bestückungsdruck zeigt an, auf welche Seite der Ring der Diode (Kathode) eingelötet wird.

Tip: Die Schottky-Dioden haben die Bezeichnung **BAT85** in kleiner Schrift aufgedruckt und sind zu dritt auf einem Streifen ab gepackt.

Typ	Bauteil
BZX83	D9
V003.6	D10

BAT85	D11
	D12
	D14

2.3.3 Silizium-Dioden

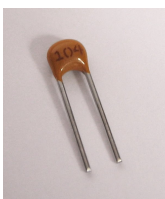


Auch die Silizium-Dioden **D1-D8** vom Typ 1N4007 müssen vor der Bestückung wie die Widerstände zurecht gebogen werden. Dabei muss auf die **Polarität** geachtet werden! Der weiße Strich auf dem

Bestückungsdruck zeigt an, auf welche Seite der Ring der Diode (Kathode) eingelötet wird.

Typ	Bauteil
1N4007	D1
	D2
	D3
	D4
	D5
	D6
	D7
	D8

2.3.4 Keramik-Vielschicht-Kondensatoren



Die Platine wird mit insgesamt zehn Keramik-Vielschicht-Kondensatoren bestückt. Dabei haben die Kondensatoren C9 und C10 einen Wert von 10 nF (Aufdruck: 103).

C9 wird auf **Platine ⑥** bestückt.

C10 wird auf **Platine ⑦** bestückt.

Die übrigen Kondensatoren C4, C6, C7, C8, C14, C15, C16 und C22 haben einen Wert von 100 nF (Aufdruck: 104). Es muss beim Einbau keine Polarität beachtet werden.

Info: Der Aufdruck 104 bedeutet $10 \cdot 10^4$ pF, oder allgemein: Der Aufdruck *xyz* steht für eine Kapazität von $xy \cdot 10^z$ pF.

Wert	Bauteil
10 nF	C9
	C10

100 nF	C4
	C6
	C7
	C8
	C14
	C15
	C16
	C22

2.3.5 Scheibenkondensatoren



Die vier Scheibenkondensatoren **C1**, **C2**, **C12** und **C13** haben eine Kapazität von 22 pF (Aufdruck: 22), auf eine Polarität muss nicht geachtet werden.

Wert	Bauteil
22 pF	C1 C2 C12 C13

2.3.6 Quarz



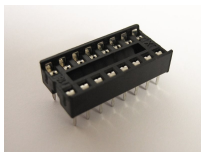
Der Quarz **Q10** hat eine Frequenz von 15,000 MHz. Das Gehäuse sollte nach dem Einbau keinen Kontakt zur Platine haben (optimal: 1mm Abstand zur Platine).

Wert	Bauteil
15 MHz	Q10

Eine Polarität muss beim Einbau nicht beachtet werden.

Tip: Man kann einen 1mm dicken Pappstreifen vor dem Einlöten zwischen Platine und Quarz schieben, den Quarz dann anlöten und anschließend den Pappstreifen vorsichtig wieder herausziehen.

2.3.7 IC-Sockel

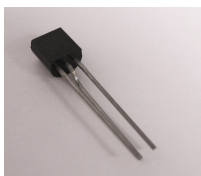


Es werden insgesamt vier IC-Sockel eingelötet. Für den Hauptcontroller ATmega16 wird der 40-polige, für den ATtiny44 wird der **14-polige**, für den Demultiplexer 74HC139 wird der **16-polige**

Typ	Bauteil
40-pol	IC1
16-pol	IC3
14-pol	IC2
8-pol	IC4

und für den Operationsverstärker LM358 wird der 8-polige Sockel auf der Platine eingelötet. Die **Einkerbung** im Sockel muss in die selbe Richtung zeigen, wie die Markierung auf der Platine. **Die ICs werden erst später in die Sockel gesteckt!**

2.3.8 NPN-Bipolar-Transistoren



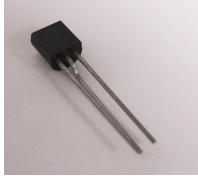
Die vier NPN-Bipolar-Transistoren **T4**, **T5**, **T8** und **T9** sind vom Typ BC337. Bei der Bestückung ist darauf zu achten, dass die abgeflachte Seite der Transistoren in die gleiche **Orientierung**

Typ	Bauteil
BC337	T4 T5 T8 T9

zeigt, wie auf der Platine angegeben ist.

!! Wichtig !! Der NIBObee darf niemals **ohne bestückten IC3** (74HC139) eingeschaltet werden, da sonst die **Transistoren zerstört** werden!

2.3.9 PNP-Bipolar-Transistoren



Die fünf PNP-Bipolar-Transistoren **T1, T2, T3, T6** und **T7** sind vom Typ BC327. Bei der Bestückung ist darauf zu achten, dass die abgeflachte Seite der Transistoren in die gleiche **Orientierung** zeigt, wie auf der Platine angegeben ist.

Typ	Bauteil
BC327	T1
	T2
	T3
	T6
	T7

2.3.10 IR-Phototransistoren

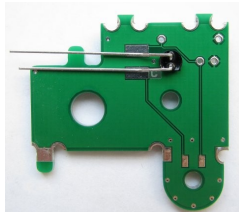


Die Phototransistoren **PT3-PT5** messen die reflektierte IR-Strahlung. Sie werden auf der **Platine ⑧** eingelötet. Dabei muss die **Polarität** beachtet werden: Das **kurze** Beinchen muss jeweils in das **rechteckige** Lötpad.

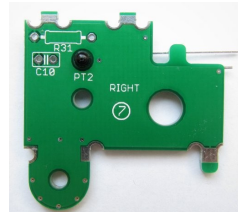
Typ	Bauteil
Photo-	PT1
transis-	PT2
tor	PT3
	PT4
	PT5

PT1 und **PT2** dienen zur Messung der Motordrehzahl. **PT1** wird auf **Platine ⑥** und **PT2** wird auf **Platine ⑦** eingelötet. Dazu werden die Phototransistoren von der Platinenunterseite so durch das Loch gesteckt, dass das **kürzere** Beinchen auf das Lötpad mit der Kennzeichnung „**C**“ für Kathode eingelötet werden kann. Anschließend werden die Beinchen in Richtung der länglichen Löt pads auf der Platinenunterseite umgebogen:

Platine ⑦ Unterseite:



Platine ⑦ Oberseite:



Vor dem Einlöten und **nach** dem Umbiegen sollten die Beinchen auf die richtige Länge gekürzt werden!

2.3.11 IR-LEDs



Die IR-LEDs **IR3** und **IR4** werden auf der **Platine ⑧** eingelötet. Dabei muss die **Polarität** beachtet werden: Das **kurze** Beinchen muss jeweils in das **rechteckige** Löt pad.

IR1 wird auf der **Unterseite** der **Platine ②**, unter der

Typ	Bauteil
IR-LED	IR1
	IR2
	IR3
	IR4

Aufschrift „IR1“ eingelötet. IR2 wird auf der **Unterseite** der **Platine** ③, unter der Aufschrift „IR1“ eingelötet. Das **kurze** Beinchen muss jeweils in das **rechteckige** Lötpad.

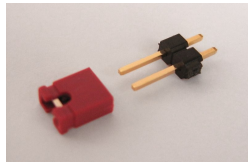
2.3.12 LEDs



Die LEDs **LED0 - LED6** haben zwei Beinchen, ein kurzes (Kathode) und ein langes (Anode). Beim Einlöten muss die **Polarität** beachtet werden: Das **kurze** Beinchen muss jeweils in das **rechteckige** Lötpad.

Typ	Bauteil
LED gelb	LED0
LED gelb	LED3
LED rot	LED1
LED rot	LED2
LED grün	LED4
LED grün	LED5
LED grün	LED6

2.3.13 Jumper 2-polig

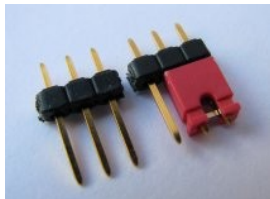


Der zweipolige Jumperstecker **JP7** lässt sich am besten mit bestücktem Jumper auflöten, da sich dann die Pins nicht verbiegen. Dabei sollte man aber auf eine kurze Lötzeit achten damit der Kunststoff nicht schmilzt.

Typ	Bauteil
Jumper	JP7

Nach dem Einlöten wird der Jumper wieder **abgezogen**, um die Motorbrücke vorerst inaktiv zu lassen.

2.3.14 Jumper 3-polig



Die dreipoligen Jumperstecker **JP1, JP2, JP3** werden analog zum zweipoligen Jumper gelötet. Nach dem Einlöten werden die Jumper jeweils auf Pin1 und Pin2 gesteckt.

Typ	Bauteil
Jumper	JP1
	JP2
	JP3

2.3.15 Taster

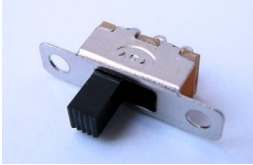


Der Einbau der Taster **SW1 - SW4** ist verpolungssicher. Sie müssen mit leichtem Druck bis zum Einrasten bestückt werden. Da das Pinout **nicht** quadratisch ist, ist nur **eine** der zwei

Orientierungen möglich.

Typ	Bauteil
Taster	SW1
	SW2
	SW3
	SW4

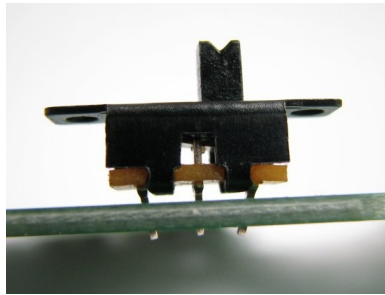
2.3.16 Schalter



Der Schiebeschalter **S1** kann in zwei verschiedenen Orientierungen eingesetzt werden, die Funktionalität bleibt die gleiche.

Typ	Bauteil
Schiebeschalter	S1

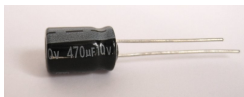
Je nach **Typ** des mitgelieferten Schiebeschalters variieren die Abstände zwischen den Anschlußspinnen. Es ist also eventuell erforderlich, die Pinne mit leichtem Druck **vorsichtig** zu verbiegen. Der Schalter sollte dann **nicht** bis zum Anschlag in die Platine gesteckt werden, sondern einfach direkt festgelötet werden:



Der **andere Typ** des Schalters kann bündig eingelötet werden:



2.3.17 Elektrolytkondensatoren



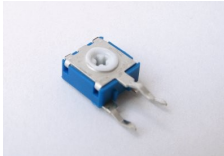
Bei der Bestückung der Platine mit dem 470 μ F (**C17**), dem 100 μ F (**C3**) und den beiden 4,7 μ F (**C5** und **C11**)

Elektrolytkondensatoren muss insbesondere auf deren **Polarität** geachtet werden:

Die **positiven** Anschlüsse sind auf der Platine durch ein „+“ gekennzeichnet; am Kondensator erkennt man sie an den **längeren** Beinchen. Die negativen Anschlüsse sind auf der Platine als Thermalkontakte ausgeprägt, am Kondensator sind es die kürzeren Beinchen. Außerdem befindet sich auf dem Gehäuse eine „-“ Markierung.

Wert	Bauteil
470 μ F	C17
100 μ F	C3
4,7 μ F	C5 C11

2.3.18 Potentiometer



Beim Einbau des Potentiometers **R29** muss auf die richtige **Orientierung** geachtet werden. Der Einbau ist nur in einer Richtung möglich. Das Potentiometer dient zum Einstellen der Empfindlichkeit der Odometriesensoren.

Typ	Bauteil
Potentiometer	R29

2.3.19 USB-Buchse



Beim Einbau der USB-Buchse **X6** sollte darauf geachtet werden, dass die kleineren Pinne nicht verbogen sind. Das Bauteil ist verpolungssicher.

Typ	Bauteil
USB-Buchse	X6

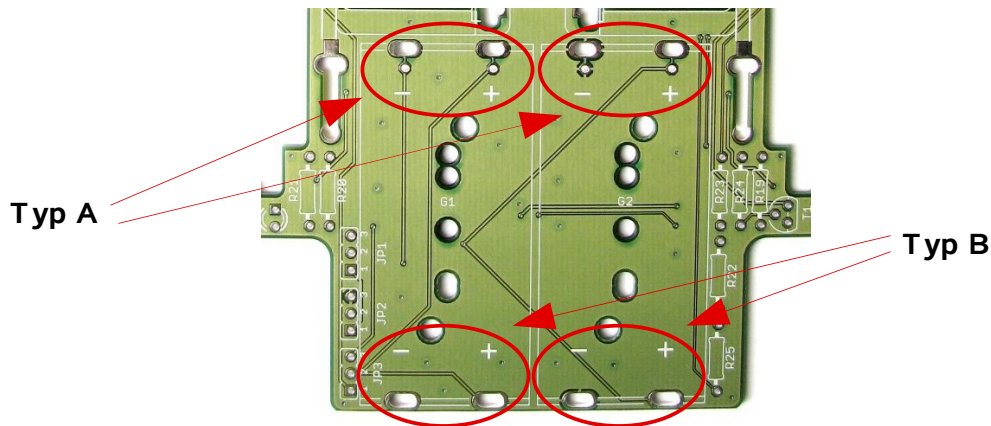
2.3.20 Batteriehalter

Nun werden die beiden Batteriehalter an der Hauptplatine befestigt. Dazu werden sie zunächst jeweils mit einem kleinen Kabelbinder festgebunden.

Je nach Lieferant fallen die Batteriehalter unterschiedlich aus und müssen **unterschiedlich eingebaut** werden:



Beim Einbau orientiert man sich an den +/- Beschriftungen auf der Hauptplatine und an den +/- Beschriftungen in den jeweiligen Batteriehaltern auf der **Seite der Lötkontakte** (äußere Anschlußlaschen):

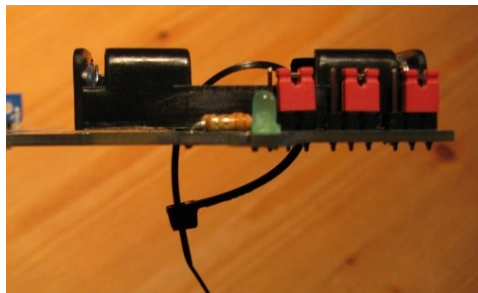


Die + bzw. - Markierung muß **nur an der Seite mit den Lötkontakten** mit den Markierungen auf der Platine übereinstimmen.
Die Batteriehalter vom **Typ B** werden dementsprechend so auf die Platine gelegt, dass die Anschlußlaschen (äußere Kontakte) zum **Platinenrand** zeigen:

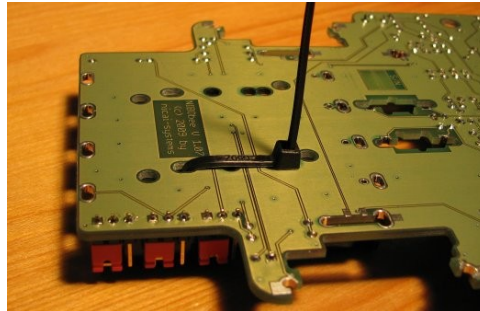


Bei den Batteriehaltern vom **Typ A** zeigen die Anschlußlaschen zur **Platinenmitte** hin.

Vor dem Einlöten werden die Batteriehalter mittels der kleinen Kabelbinder an der Platine befestigt:
Durch die zwei Bohrlöcher wird der Kabelbinder wie folgt gezogen:



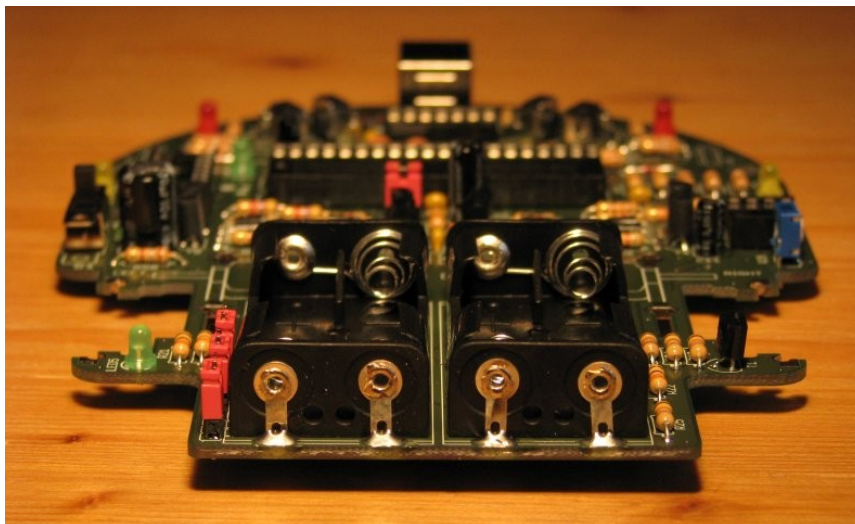
Dann wird der Kabelbinder festgezogen:



Nun wird der Kabelbinder bündig mit einem Seitenschneider abgeschnitten. Der andere Batteriehalter wird analog befestigt.

Abschließend werden beide Batteriehalter (jeweils an 2 Kontakten) an der Platine fest gelötet.

Bei den Batteriehaltern vom **Typ B** sieht das Ergebnis wie folgt aus:



2.4 Optische Überprüfung der Platine

Bevor die Platine erstmalig an eine Stromversorgung angeschlossen wird, müssen sämtliche Bauteile auf die richtige Bestückung überprüft werden. Dazu müssen zunächst sämtliche Bauteilwerte überprüft werden.

Anschließend müssen der korrekte Einbau und insbesondere die richtige Orientierung, beziehungsweise Polung, überprüft werden.

Danach sollte man alle Lötstellen auf Kurzschlüsse prüfen und sich vergewissern, dass weder auf der Ober- noch auf der Unterseite der Platine Lötzinn- oder Drahtreste vorhanden sind.

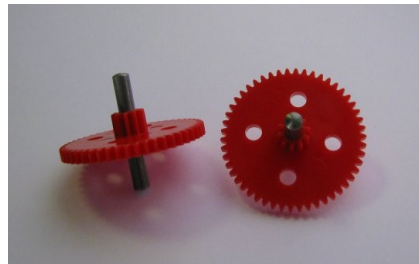
!! Wichtig !!

Der Roboter darf auf keinen Fall **ohne bestückten IC3 (74HC139) eingeschaltet** werden, da sonst die Transistoren der Motorbrücke durchbrennen!

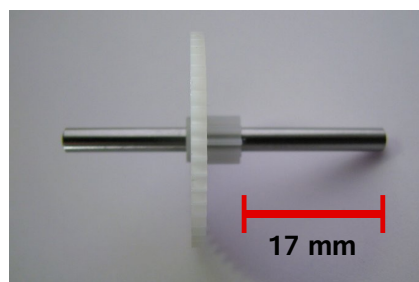
2.5 Montage

2.5.1 Vorbereitende Arbeiten

Als vorbereitende Arbeiten müssen die beiden roten Doppelzahnräder auf die kurzen Stahlachsen (3x20 mm) aufgespresst werden. Das geht am einfachsten indem man die Achse in die Seite mit dem kleinen Ritzel steckt, und sie danach vorsichtig mit einem kleinen Hammer durch die Bohrung treibt. Das Zahnrad sollte sich anschließend in der Mitte der Achse befinden:



Nun werden die beiden weißen Zahnräder auf die beiden langen Stahlachsen (3x37 mm) aufgespresst. Der Abstand vom kleinen Zahnrad bis zum Achsende muss dabei 17 mm betragen:

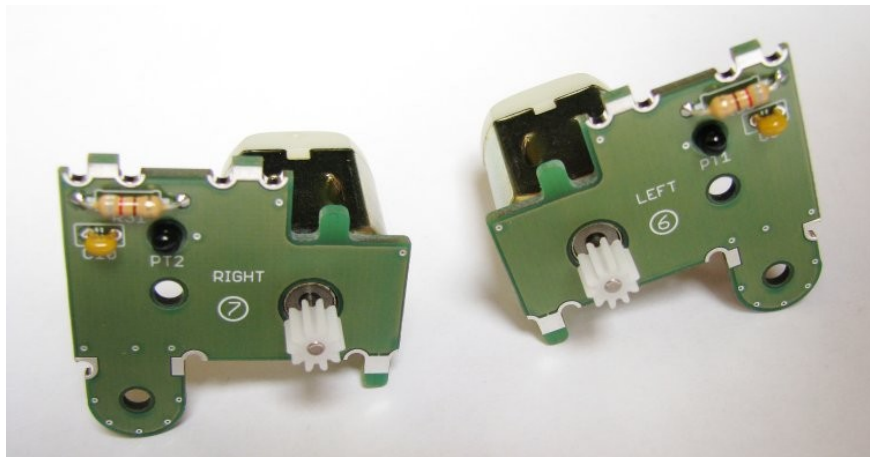


2.5.2 Einbau der Motoren / Getriebeeinheit

Jetzt werden die beiden **Motoren** und die Platinen **Platine ⑥** und **Platine ⑦** an der Hauptplatine befestigt.

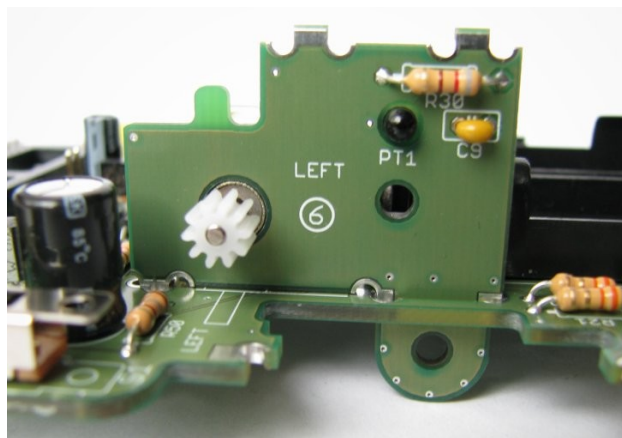
Stecken Sie zunächst die beiden Motoren so in die Platinen, wie in der Abbildung zu sehen ist. Die Anschlusslaschen der Motoren zeigen dabei nach unten.

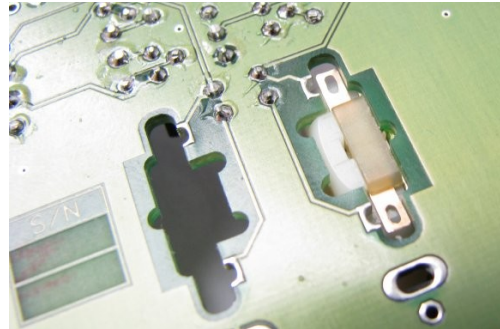
Sollte ein Motor sich nicht bis zum Anschlag in die Bohrung der Platine stecken lassen, kann die Bohrung vorsichtig mit einem 6mm Bohrer aufgeweitet werden.



Wir beginnen mit der **linken Seite** (in Fahrtrichtung):

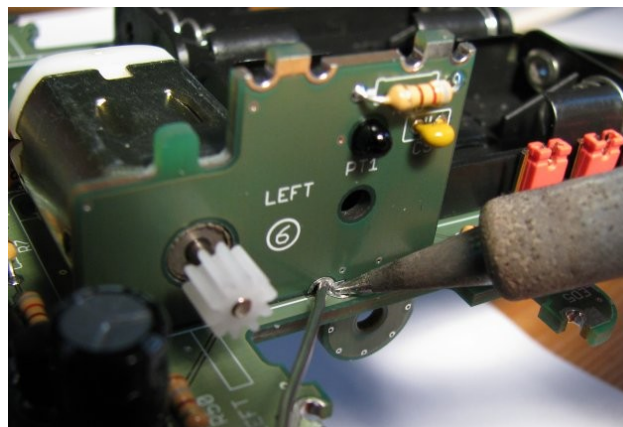
Stecken Sie die Platine ⑥ nun so durch die passenden Schlitz der Hauptplatine, daß der Motor planar auf dem Bereich „MOTOR LEFT“ zu liegen kommt. Dabei ist zu beachten, dass der Anschlussbereich des Motors genau in die Aussparung der Hauptplatine passt.



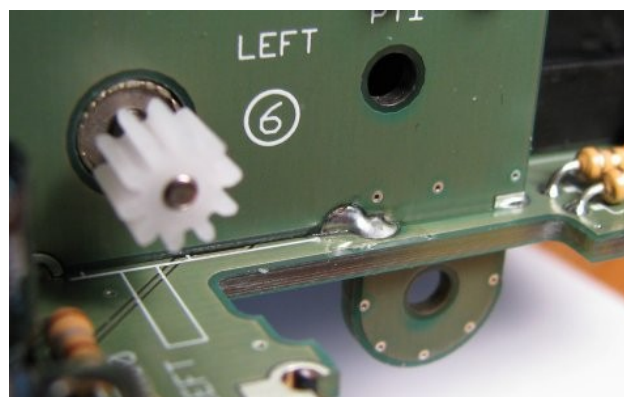


Nachdem der Motor richtig sitzt, wird die Platine ⑥ zunächst an der mittleren Lötstelle an der Hauptplatine fest gelötet (siehe Fotos).

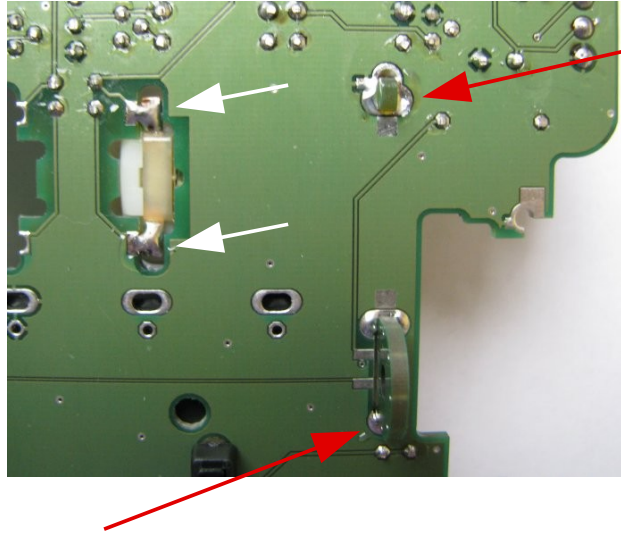
Die mechanischen Verlotungen funktionieren durch Kapilarwirkung: man verzinnt die jeweilige Stelle mit **relativ wenig Lötzinn**, erhitzt die Stelle danach jedoch noch ca. **10 Sekunden** mit dem LötKolben, damit das Lötzinn durch die Kapilarwirkung nach innen gezogen wird und die Platinteile fest miteinander verbunden werden.



Das Ergebnis sollte in etwa so aussehen:

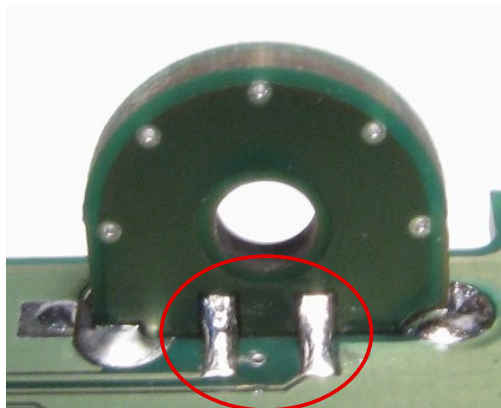


Nun werden die übrigen mechanischen Verbindungen (rote Pfeile) von der **Unterseite** her gelötet. Verwenden Sie auch dabei **nicht zu viel** Lötzinn!



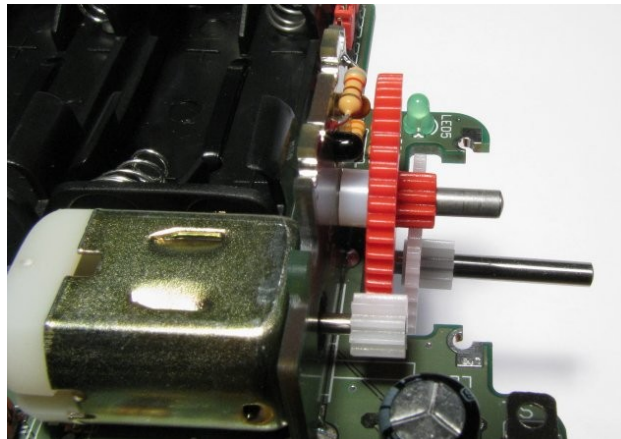
Weiterhin werden die Motorkontakte an der Platine fest gelötet (weiße Pfeile).

Nun müssen noch die beiden elektrischen Kontakte zwischen der Hauptplatine und Platine ⑥ hergestellt werden:

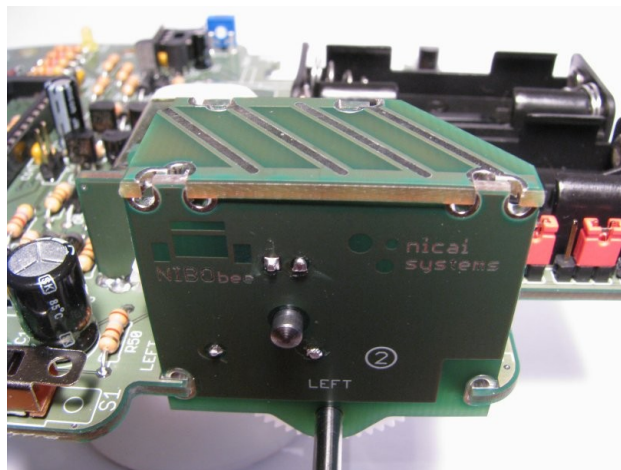


Jetzt wird das **linke Getriebe** montiert:

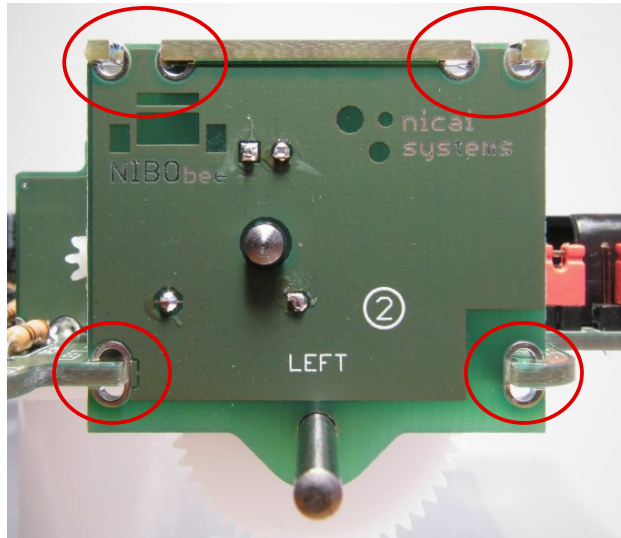
Stecken Sie den weißen Kunststoffdistanzring auf die kurze Achse mit dem roten Zahnrad (auf die dem kleinen Zahnrad gegenüberliegende Seite). Dann wird diese Achse mit dem Distanzring voran in die Bohrung unterhalb des Phototransistors PT1 gesteckt. Anschließend stecken Sie die lange Achse mit dem weißen Zahnrad (mit dem kleinen Zahnrad nach außen) in die untere Bohrung:



Das Getriebe wird mit der Platine ② fixiert (die Bauteile der Platine ② zeigen dabei nach innen). Anschließend wird die Abdeckplatte (siehe Foto) auf die Platinen ⑥ und ② mit leichtem Druck aufgepresst.

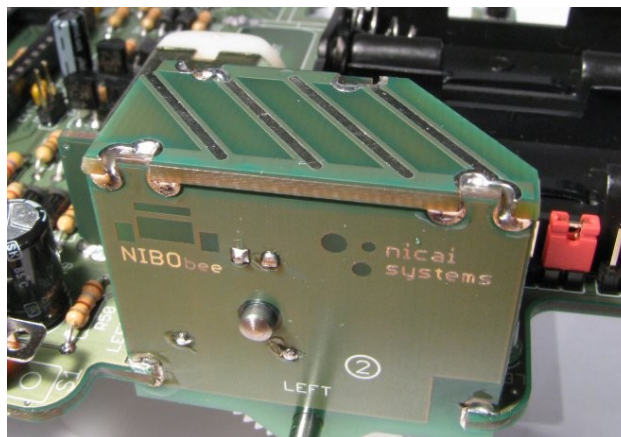


Von Außen wird die Platine an vier Stellen fest gelötet:

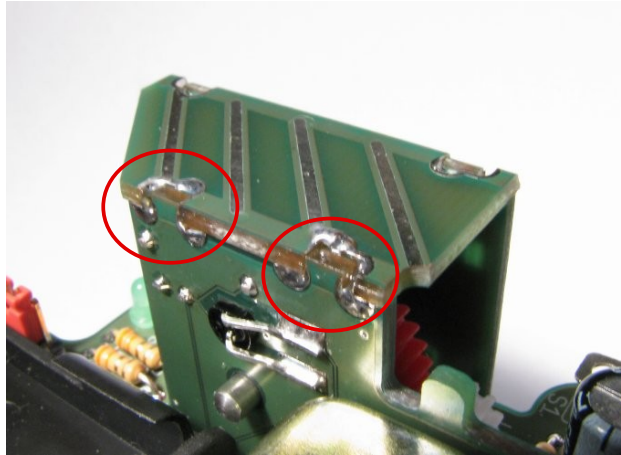


Auch hierbei wird wieder **relativ wenig Lötzinn** verwendet, und jede Lötstelle wird noch ca. 10 Sekunden zusätzlich erhitzt.

Das Ergebnis sollte in etwa so aussehen:



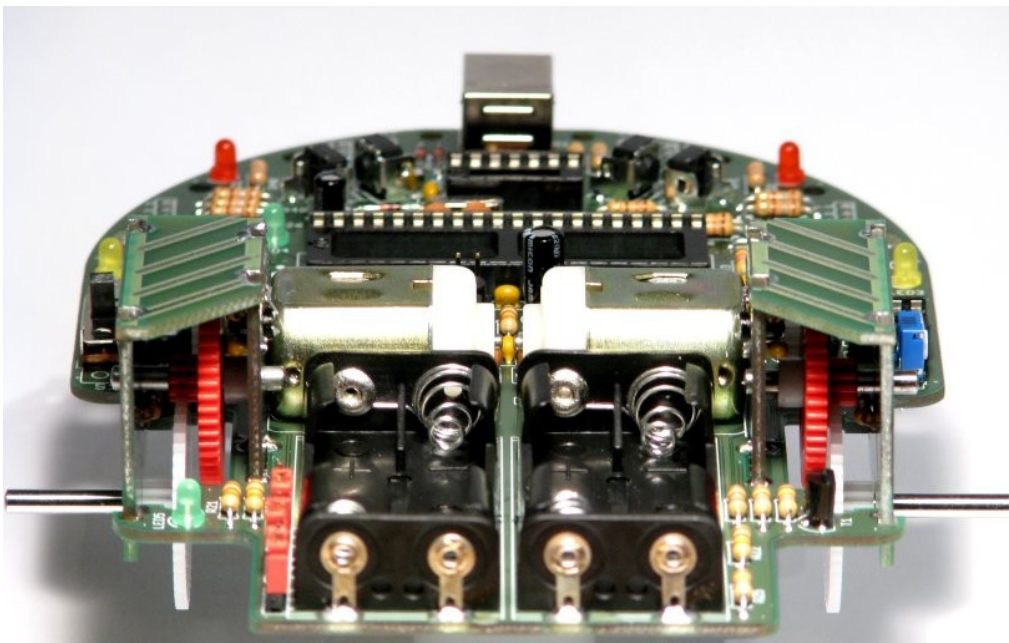
Von der Innenseite müssen zwei Stellen verlötet werden:



Damit ist die linke Getriebeeinheit komplett fertig.

Die **rechte Getriebeeinheit** wird nach dem selben Schema gebaut.

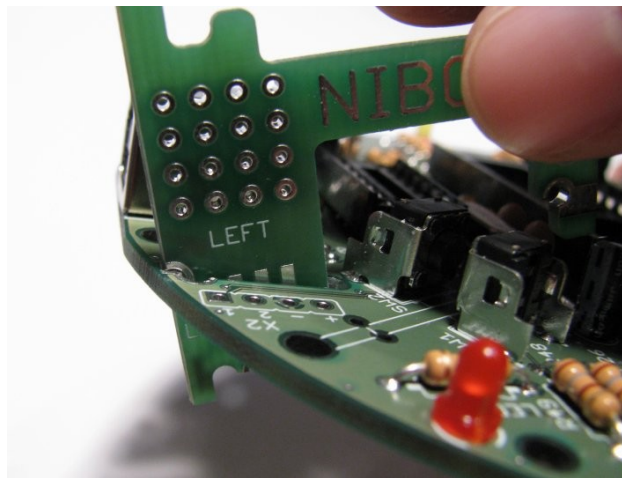
Tip: Durch leichtes Einfetten des Getriebes lassen sich leise Laufgeräusche erreichen.



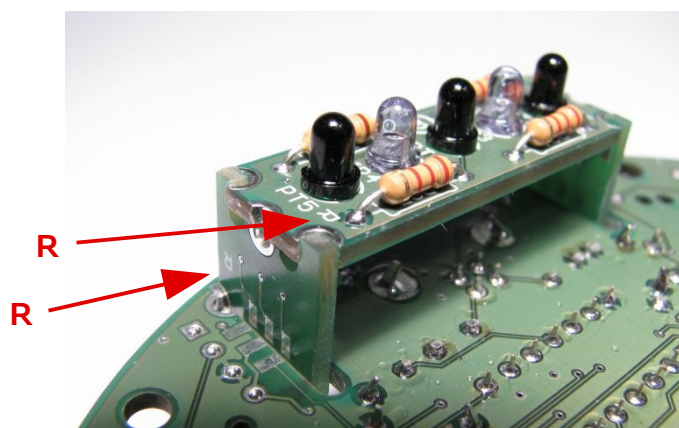
2.5.3 Montage des Sensorträgers

Platinen ④ und ⑤ werden nun durch die Hauptplatine gesteckt. Damit das gut klappt, hält man die Platine leicht schräg und steckt den vorderen Teil als erstes fest. **Löten** Sie die Platinen noch **nicht** fest!!

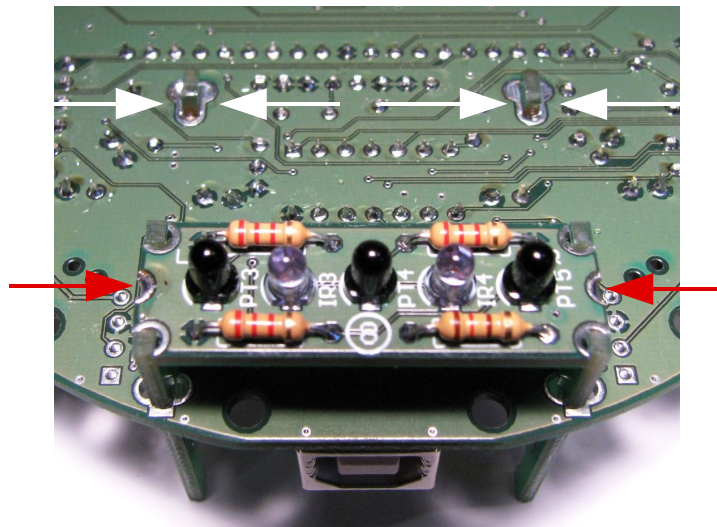
Platine ④ ist mit LEFT markiert und muss in den Schlitz LEFT, Platine ⑤ ist für die rechte Seite.



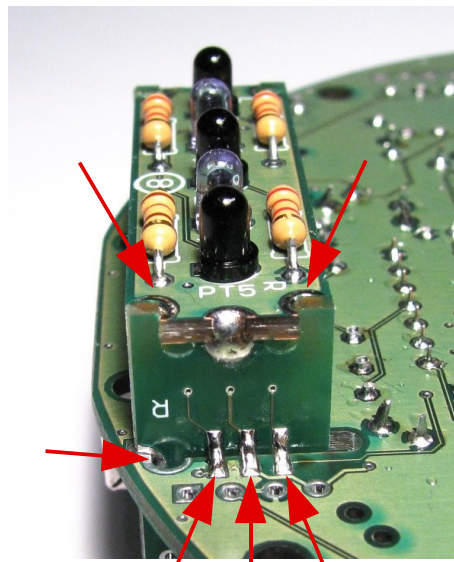
Von der Unterseite soll nun Platine ⑥ aufgesteckt werden. Dazu hält man die Platinen ④ und ⑤ fest, dreht die Hauptplatine um und steckt Platine ⑥ so auf, dass man die Bauteile sehen kann. Dabei muss jedoch die **Orientierung** beachtet werden: die Platinen sind jeweils mit **R** und **L** gekennzeichnet.



Wenn alles **gut ausgerichtet** ist, werden die Platinen nun mechanisch mit einander verlötet. Von den 6 Lötstellen der Platine ⑥ werden zunächst nur die **mittleren** beiden Stellen fest gelötet (rote Pfeile). Dann lötet man die Platinen ④ und ⑤ an der Hauptplatine fest (weiße Pfeile):



Jetzt sollte der mechanische Aufbau fest sitzen. Zum Abschluss werden noch die übrigen Kontakte auf **beiden Seiten** (insgesamt 12 Stück) hergestellt:

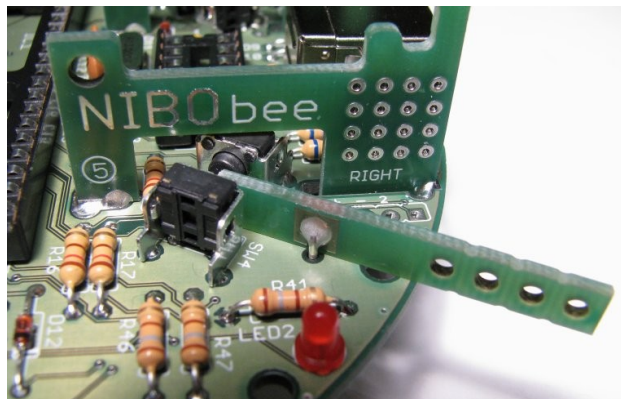


2.5.4 Montage der Fühler

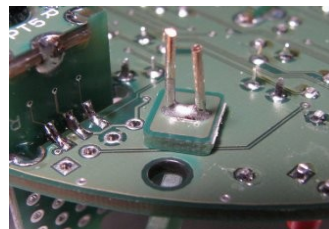
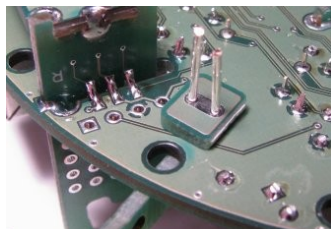
Als Vorbereitung wird durch die beiden länglichen Hilfsplatinen jeweils die Hälfte des mitgelieferten Stücks Silberdraht gesteckt und an beiden Seiten umgebogen:



Der Draht wird von beiden Seiten an den Lötspots der Hilfsplatinen angelötet und anschließend durch die Bohrlocher der Hauptplatine gesteckt:



Von der Unterseite wird das Ganze mit den kleinen viereckigen Hilfsplatinen fixiert, die zunächst aufgesteckt und dann fest gelötet werden:

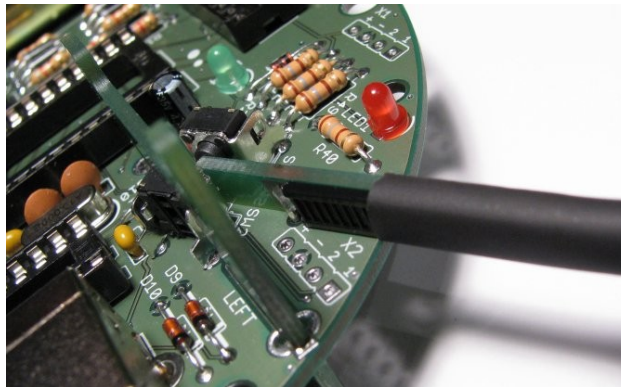


Dann werden die überstehenden Drahtstücke abgetrennt.

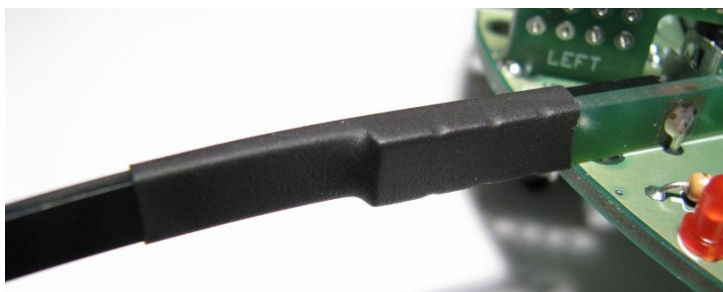
Jetzt werden die beiden langen Kabelbinder jeweils auf 10 cm gekürzt (an der richtigen Seite abschneiden!) und leicht zurecht gebogen. Der mitgelieferte Schrumpfschlauch wird halbiert:



Nun wird der Kabelbinder mit dem Schrumpfschlauch auf die Hilfsplatine geschoben und mit dem LötKolben fest geschrumpft. Der **linke** Fühler sollte dabei leicht nach **links** und der rechte Fühler nach rechts gebogen sein.



Beim Schrumpfen sollte darauf geachtet werden, daß der LötKolben mindestens 3 mm vom Schrumpfschlauch entfernt bleibt.

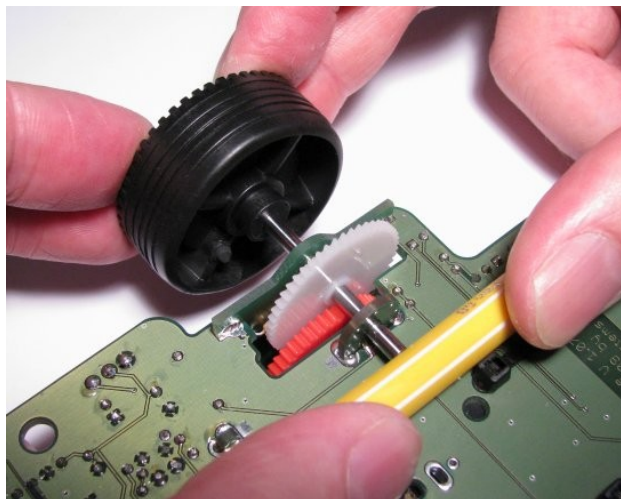


Das Ergebnis sollte in etwa so aussehen:



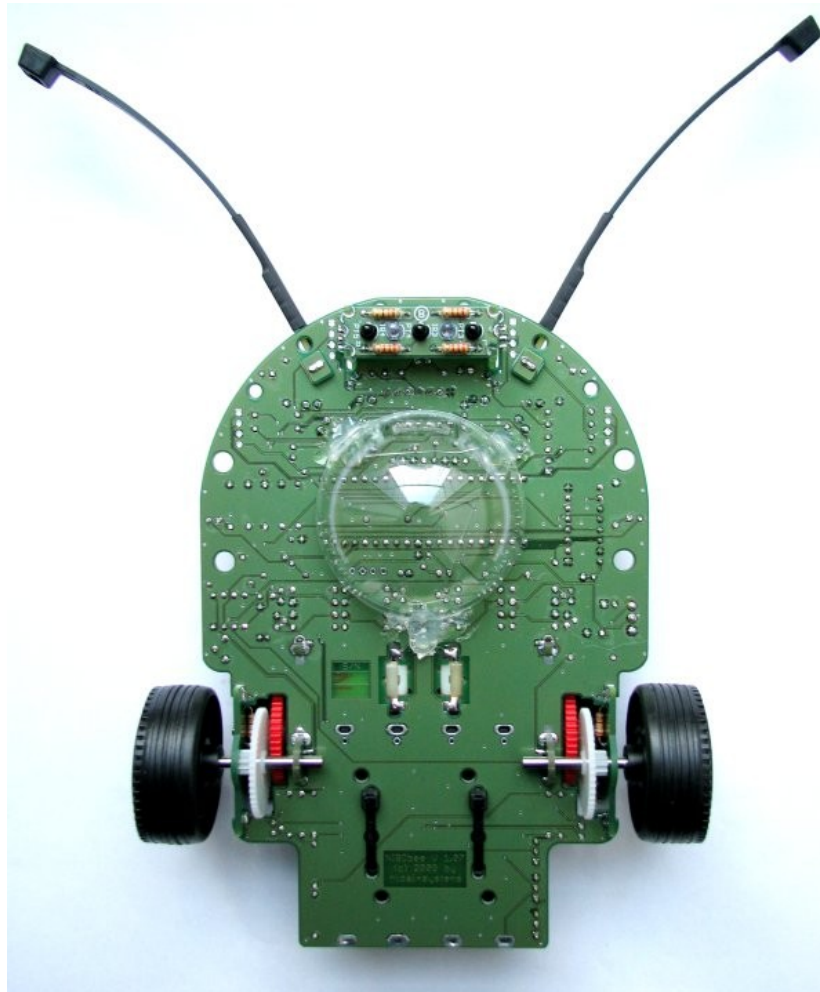
2.5.5 Aufstecken der Räder

Die beiden Räder werden soweit auf die Antriebsachsen aufgesteckt, dass sie sich noch gut drehen lassen. Um das Getriebe nicht zu beschädigen, drückt man dabei am besten (z.B. mit einem Stift) gegen das andere Achsende:



2.5.6 Aufkleben der Halbsphäre

Die kleinere Halbsphäre wird mit z.B. mit Klebstoff oder Heißkleber, auf der Unterseite des NIBObee an der Hauptplatine fest geklebt:



2.5.7 Einsetzen der ICs

!! Wichtig !!

Der Roboter darf auf keinen Fall **ohne bestückten IC3 (74HC139)** **eingeschaltet** werden, da sonst die Transistoren der Motorbrücke durchbrennen!

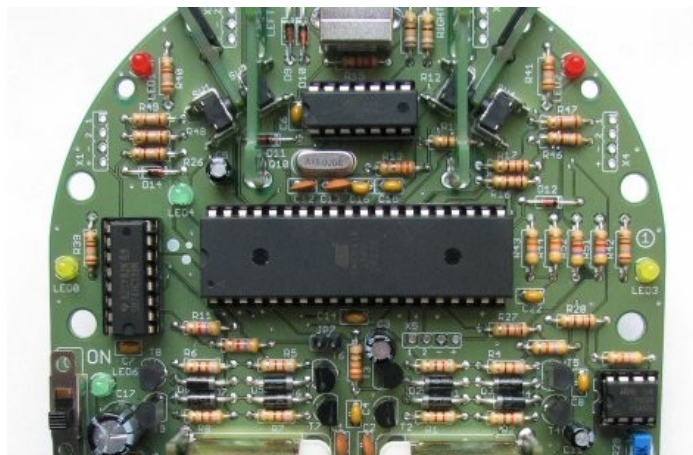
Die vier ICs müssen nun vorsichtig mit leichtem Druck in der **richtigen Orientierung!** (die Einkerbungen auf den ICs sind auf der Platine gekennzeichnet) in den jeweils passenden Sockel gesteckt werden.

IC1: ATmega16

IC2: ATtiny44

IC3: 74HC139

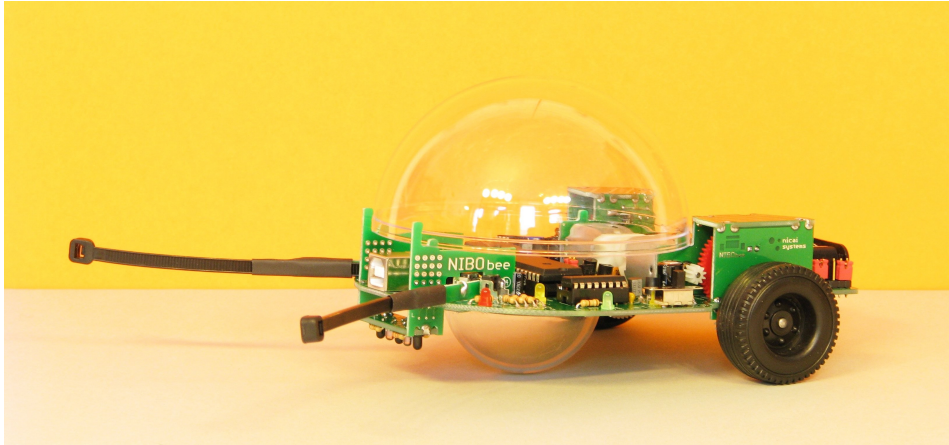
IC4: LM358



Die ICs sind elektrostatisch empfindliche Bauteile!

Elektrostatisch empfindlich bedeutet, dass diese Bauteile durch bloßes Anfassen einer elektrisch geladenen Person zerstört werden können. Die elektrische Aufladung kann sehr schnell, beispielsweise durch das Tragen von Kleidung aus Fleece-Stoff, oder durch das Laufen über einen Teppich erfolgen. Durch das Berühren von geerdetem Metall kann man sich einfach wieder entladen.

Abschließend wird noch die große Halbsphäre aufgesetzt – jetzt ist der NIBObee startklar!



3 Inbetriebnahme

Nach Abschluss der vorbereitenden Arbeiten kann der NIBObee nun erstmalig Schritt für Schritt in Betrieb genommen werden.

!! Wichtig !!

Der Roboter darf auf keinen Fall **ohne bestückten IC3** (74HC139) **eingeschaltet** werden, da sonst die Transistoren der Motorbrücke durchbrennen!

1. Der NIBObee wird **ausgeschaltet**
2. Jumper **JP7** wird **entfernt**
3. Es werden 4 x Micro AAA 1,2V Akkus eingelegt

Jetzt wird der NIBObee eingeschaltet, daraufhin **muss** die grüne LED6 neben dem Einschalter leuchten.

Eventuell leuchten jetzt auch schon gelbe und rote LEDs, die wir für die weiteren Tests verwenden werden:

3.1 Testen der Bodensensoren

Der NIBObee wird nun auf ein weißes Blatt gestellt. Daraufhin sollten beide roten LEDs (LED1 und LED2) aufleuchten. Hält man den NIBObee hingegen in die Luft, sollten diese beiden LEDs nicht leuchten.

3.2 Testen und Justieren der Odometriesensoren

Nun wollen wir die Funktionalität der Odometriesensoren testen. Es soll sich zeigen, ob die Phototransistoren die Drehung der Räder detektieren können. Hierfür muss die Empfindlichkeit mit dem Potentiometer R29 eingestellt werden. Das Bauteil lässt sich mit einem kleinen Kreuzschraubendreher einstellen. Die korrekte Einstellung ist dann erreicht, wenn beim Drehen des rechten Rades die gelbe LED3 blinkt und beim Drehen des linken Rades die gelbe LED0 blinkt.

3.3 Testen der Tastsensoren / Fühler

Betätigen Sie den **linken** Fühler leicht nach **vorne** (in Fahrtrichtung) – von den LEDs 0 bis 4 darf jetzt nur die **LED1** leuchten.

Betätigen Sie den **linken** Fühler leicht nach **hinten** – von den LEDs 0 bis 4 darf jetzt nur die **LED0** leuchten.

Betätigen Sie den **rechten** Fühler leicht nach **vorne** – von den LEDs 0 bis 4 darf jetzt nur die **LED2** leuchten.

Betätigen Sie den **rechten** Fühler leicht nach **hinten** – von den LEDs 0 bis 4 darf jetzt nur die **LED3** leuchten.

3.4 Testen der Motoren

Zunächst muss nun der Jumper **JP7 gesteckt** werden.

Vorsicht, der NIBObee kann sich ab jetzt bewegen!

Bei Betätigung des linken Fühlers nach vorne sollte sich das linke Rad vorwärts, bei Betätigung nach hinten sollte es sich rückwärts drehen.

Entsprechendes probiert man bei der rechten Seite.

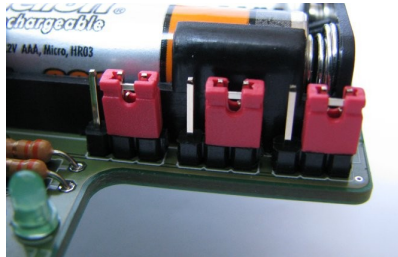
Wenn soweit alles funktioniert hat, kann man jetzt mit dem Tutorial (Einrichten der Programmierumgebung und Ausprobieren der Beispielprogramme) weitermachen, **viel Spaß!**

Weitere Informationen sind unter <http://www.nibo-roboter.de> zu finden.

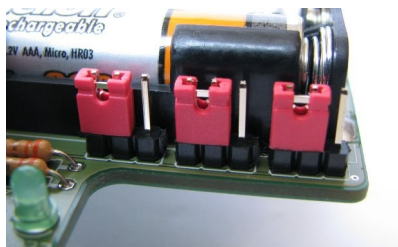
3.5 Ladefunktion der Akkus über USB

Die Akkus des NIBObee können aufgeladen werden, indem der NIBObee **eingeschaltet** über USB mit einem Rechner verbunden wird und die Jumper JP1, JP2 und JP3 in die „vordere Stellung“ (siehe Fotos) umgesteckt werden:

Normaler Betrieb:



Ladebetrieb:



Die auf den Fotos zu sehende **grüne LED5** zeigt den **Ladezustand** an:

<i>LED5</i>	<i>Bedeutung</i>
aus	Kein Ladevorgang
an, mit kurzen Unterbrechungen	Ladevorgang aktiv
blitzt alle 2 Sekunden	Ladevorgang abgeschlossen
blitzt doppelt jede Sekunde	Fehler
1/2 Sekunde an 1/2 Sekunde aus	Keine Akkus / Jumper nicht korrekt

Der Ladevorgang ist zeitgesteuert und wird automatisch nach 7 Stunden beendet.

4 Anhang

4.1 Widerstandsfarbcode

Die Werte von Kohleschichtwiderständen werden mit 4 Farbringen anhand nachfolgender Tabelle codiert:

Farbe	Ring 1	Ring 2	Ring 3 (Faktor)	Ring 4 (Toleranz)
 <i>silber</i>	—	—	$1 \cdot 10^{-2} = 10 \text{ m}\Omega$	$\pm 10 \%$
 <i>gold</i>	—	—	$1 \cdot 10^{-1} = 100 \text{ m}\Omega$	$\pm 5 \%$
 <i>schwarz</i>	—	0	$1 \cdot 10^0 = 1 \Omega$	—
 <i>braun</i>	1	1	$1 \cdot 10^1 = 10 \Omega$	$\pm 1 \%$
 <i>rot</i>	2	2	$1 \cdot 10^2 = 100 \Omega$	$\pm 2 \%$
 <i>orange</i>	3	3	$1 \cdot 10^3 = 1 \text{ k}\Omega$	—
 <i>gelb</i>	4	4	$1 \cdot 10^4 = 10 \text{ k}\Omega$	—
 <i>grün</i>	5	5	$1 \cdot 10^5 = 100 \text{ k}\Omega$	$\pm 0,5 \%$
 <i>blau</i>	6	6	$1 \cdot 10^6 = 1 \text{ M}\Omega$	$\pm 0,25 \%$
 <i>violett</i>	7	7	$1 \cdot 10^7 = 10 \text{ M}\Omega$	$\pm 0,1 \%$
 <i>grau</i>	8	8	$1 \cdot 10^8 = 100 \text{ M}\Omega$	—
 <i>weiß</i>	9	9	$1 \cdot 10^9 = 1 \text{ G}\Omega$	—

4.2 THT - Bauteilliste

Bezeichnung	Typ	Wert	Gehäuse
C1, C2, C12, C13	Scheibenkondensator	22pF	C-EU025-025X050
C17	Elektrolytkondensator	470µF	CPOL-EUE3.5-8
C3	Elektrolytkondensator	100µF	CPOL-EUE2-5
C4, C6, C7, C8, C14, C15, C16, C22	Kondensator	100nF	C-EU025-025X050
C5, C11	Elektrolytkondensator	4µ7	CPOL-EUE1.8-4
C9, C10	Kondensator	10nF	C-EU025-025X050
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8	Diode	SB140	
D11, D12, D14	Schottky-Diode	BAT85	
D9, D10	Zener-Diode	BZX83V003.6	BZX55
G1, G2	Batteriehalter		
IC1	Mikrocontroller	ATMEGA16-P	DIL-64
IC2	Mikrocontroller	ATTINY44-P	DIL-14
IC3	Logik-IC	74HC139N	DIL-16
IC4	Operationsverstärker	LM358N	DIL-8
IR1, IR2, IR3, IR4	IR-LED		LED3MM
JP1, JP2, JP3	Pfostenleiste	3pol.	JP2E
JP7	Pfostenleiste	2pol.	JP1Q
LED0, LED3	LED	yellow	LED3MM
LED1, LED2	LED	red	LED3MM
LED4, LED5, LED6	LED	green	LED3MM
PT1, PT2, PT3, PT4, PT5	IR-Phototransistor		LED3MM
Q10	Quarz	15MHz	CRYSTALHC49S
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R24, R30, R31, R53	Widerstand	820	R-EU_0207/10
R10, R11, R51, R52	Widerstand	4k7	R-EU_0207/10
R12, R14	Widerstand	68	R-EU_0207/10
R15, R34, R37, R38	Widerstand	2k2	R-EU_0207/10
R16, R17, R18, R27, R28, R36	Widerstand	120	R-EU_0207/10

Bezeichnung	Typ	Wert	Gehäuse
R19, R25, R35, R43, R44, R45	Widerstand	47k	R-EU_0207/10
R23, R26, R32, R33, R39, R40, R41, R42, R46, R47, R48, R49, R50	Widerstand	180	R-EU_0207/10
R29	Widerstand	100k	TRIM_EU-CA6H
R9, R13, R20, R21, R22	Widerstand	3R3	R-EU_0207/10
S1	Schalter		
SW1, SW2, SW3, SW4	Taster		
T1, T2, T3, T6, T7	PNP-Transistor	BC327-40	TO92
T4, T5, T8, T9	NPN-Transistor	BC337-40	TO92
X6	USB-B Buchse		

5 Links zu weiterführenden Internetseiten

In diesem Unterkapitel ist eine ausgewählte Linksammlung zu themenähnlichen Internetseiten aufgeführt.

Entwicklungsumgebungen:

- Atmel: <http://www.atmel.com> Webseite vom Hersteller der Mikrocontroller. Dort gibt es Datenblätter, Applikationsbeispiele und die Entwicklungsumgebung AVRStudio.
- WinAVR: <http://winavr.sourceforge.net/> AVR-GCC Compiler für Windows mit vielen Extras und „Add-on“ für das AVRStudio.
- AVRDude: <http://savannah.nongnu.org/projects/avrdude/> Freie Programmiersoftware (für den NIBObee geeignet).

Weitere Informationen:

- NIBObee Hauptseite: <http://nibobee.nicai-systems.de> Die Homepage des NIBObee Herstellers. Liefert technische Informationen, die Bauanleitung und weitere Links.
- NIBObee und Nibo2 Wiki: <http://www.nibo-roboter.de> Liefert alle Informationen rund um den NIBObee und den Nibo2.
- Shop: <http://shop.nicai-systems.de> Online-Shop für die Nibo Roboter und Erweiterungssets.
- Mikrocontroller: <http://www.mikrocontroller.net> Alles über Mikrocontroller und deren Programmierung.
- AVRFreaks: <http://www.avrfreaks.net> Informationen rund um den AVR.