

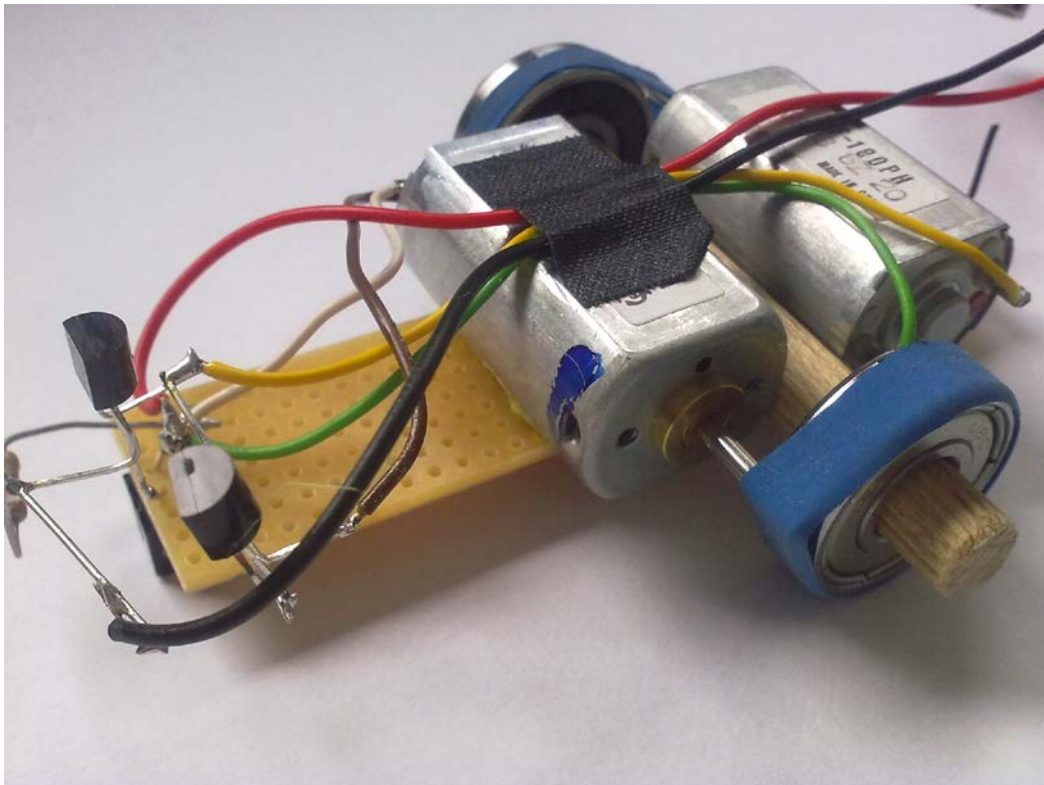
## Schüler - Projekte um Roboter - Technik

### Bauanleitung

für einen einfachen Roboter der einer Linie folgt

### SPURT – Robbi 3

Ein Projekt des VDI – Club Lausitz  
und der BTU Cottbus - Senftenberg, Fakultät 5



Diese Anleitung basiert auf der Bauanleitung von Mitarbeitern der Universität Rostock  
<http://spurt.uni-rostock.de/>

Aufgabe dieses SPURT – Modells soll es sein, möglichst schnell dem Rand einer schwarzen Linie zu folgen. Die Linie ist 10 cm breit und der gesamte Kurs ist etwa 4,6 m lang.

Hier wollen wir schrittweise ein ganz einfaches Spurtmobil so nachbausicher wie möglich beschreiben. Das hier vorgestellte Spurtmobil ist einfach und funktioniert. Es hat aber natürlich noch Reserven um Funktion, Aufbau und Tempo zu verbessern.

Dieses Fahrzeug ist sehr ähnlich unserem SPURT-Robbi1. Wir verwenden hier allerdings andere Motoren und zwei gleiche Transistoren. Dadurch wird der Aufbau etwas einfacher.

## 1. Das Fahrwerk

Das Fahrwerk besteht aus 8 Teilen:

- Rumpf  
Als Rumpf genügt ein (sauberer!) Holzstiel von einem Stieleis oder etwas Ähnlichem aus Holz oder Kunststoff. Die Länge des Rumpfes beträgt etwa 9 cm oder etwas mehr. Die Breite kann zwischen 2 – 3 Zentimetern betragen. Wichtig ist, dass man den Rumpf kleben kann und er darf nicht elektrisch leitend sein!
- Achse  
Als Achse verwenden wir Dübelholz von 8 mm Durchmesser und ungefähr 8 cm Länge. Im Baumarkt heißt es etwa: "Riffelstab Buche, Durchmesser 8 mm". Ein Rundstab mit glatter Oberfläche ist nicht geeignet! Auf die Enden der Achse werden wir später die Kugellager als Räder stecken. Da die Staboberfläche rundum geriffelt ist, sitzen die Kugellager mit 8 mm Innendurchmesser schön stramm. Allerdings trocknet mit der Zeit der Stab aus und der Durchmesser wird kleiner. Dann sind die Räder natürlich nicht mehr fest. Hier hilft etwas Kleber zwischen Räder und Achse.
- Zwei Motoren  
Die Motoren müssen schon bei möglichst kleiner Spannung anfangen zu drehen. Motoren die die Schublade an alten CD-ROM-Laufwerken öffnen sind sehr gut geeignet. Die von uns verwendeten Motoren kauften wir bei der Fa. Lüdeke (siehe Bauteilliste) Für andere Motoren als den von uns verwendeten muss eventuell die Elektronik angepasst werden.
- Zwei Räder  
Als Räder dienen hier zwei Kugellager, wie sie oft in Inlineskates verwendet werden (Außendurchmesser 22 mm, Innendurchmesser 8 mm, Breite 7 mm). Die passen mit ihrem Innendurchmesser von 8 mm stramm auf die Dübelholz-Steckachse. Neue Kugellager drehen sich für unseren Roboter manchmal noch zu schwer. Dann hilft etwas dünnflüssiges Öl. Einfacher ist es, alte eingelaufene Kugellager zu nutzen. Wichtig ist nur, dass sie sich möglichst leicht drehen.
- Zwei Reifen  
Als Reifen nutzen wir zwei vom „Luftballonhals“ mit einer Schere abgeschnittene Gummiringe mit ca. 8 mm Breite. Von einem Fahrradschlauch abgeschnittene Gummiringe oder ähnliches funktionieren auch. Damit die Reifen nicht so leicht vom Rad rutschen, kann man an die Räder seitlich kleine Scheiben ankleben oder auf dem Außenring eine Rille hineinfeilen. Hier gibt es noch viel Optimierungspotential!



## 2. Die Elektronik

Damit sind wir am Ende des mechanischen Teils angelangt. Kommen wir nun zum „Hirn“ des Roboters – der Elektronik. Zunächst zu deren Funktion: Wir benötigen

- 2 Widerstände  
Verbindet man Plus- und Minuspol einer Batterie mit einem elektrischen Leiter, dann fließt ein elektrischer Strom. Mit diesem Strom kann man z.B. eine Glühlampe zum Leuchten bringen. Damit dieser Strom nicht zu groß wird und z.B. die Glühlampe zerstört, kann man ihn mit einem Widerstand begrenzen. Wir nutzen die Widerstände,

um zu verhindern, dass der Strom den Reflexkoppler oder einen Transistor zerstört. Die Maßeinheit des Widerstands ist Ohm bzw. KiloOhm (KOhm) für 1000 Ohm.

- 2 Transistoren  
Transistoren haben 3 Anschlüsse: Basis, Emitter, Kollektor. Fließt in die Basis des Transistors ein kleiner Strom, kann man einen viel größeren Strom am Emitter oder Kollektor ein- oder ausschalten. Wir werden mit dem kleinen Strom den der Reflexkoppler liefert, mit Hilfe der Transistoren die Motoren ein- und ausschalten.
- 1 Reflexkoppler  
Ein Reflexkoppler ist so etwas Ähnliches wie ein Lichtschranke: Er sendet Licht mit einer Leuchtdiode (LED) aus und überprüft mit einem lichtempfindlichen Bauelement wie viel Licht zurück kommt. Je näher ein Gegenstand dem Reflexkoppler ist, umso mehr Licht wird reflektiert (Außer er ist so nah, dass er die Leuchtdiode verdeckt). Dunkle Flächen reflektieren natürlich weniger Licht als helle Flächen. Der Reflexkoppler ist das „Auge“ unseres Roboters. Er erkennt damit, ob er gerade über eine weiße Fläche oder über eine schwarze Fläche fährt. Der Reflexkoppler sendet Infrarotlicht aus welches für den Menschen normalerweise unsichtbar ist. Schaut man aber mit einem digitalen Fotoapparat oder einem Fotohandy auf den Reflexkoppler unseres fertigen Roboters, erkennt man vielleicht einen hellen Punkt. Das ist das ausgesendete Licht (siehe Foto). Man sieht damit z.B. auch das von einer Fernbedienung ausgesendete Licht wenn man auf eine Taste drückt.



Nun also zur Funktion:

Der Widerstand 330 Ohm sorgt dafür, dass die LED im Reflexkoppler immer konstant von etwa 15 mA Strom durchflossen wird, damit sie ständig auf die Bahnoberfläche leuchtet. Erhöht man die Batteriespannung damit der Robbi schneller fährt, erhöht sich aber auch der Strom durch die LED und kann diese zerstören! Das kann man durch Erhöhen des 300 Ohm – Widerstandes verhindern.

Wird zum Empfänger genügend Licht reflektiert (zum Beispiel von der weißen Bahnoberfläche), wird er leitend. Die schwarze Bahnoberfläche reflektiert wenig LED-Licht, dadurch wird der Empfänger nichtleitend, man sagt auch „Er sperrt“.

Wenn der Fototransistor (im Reflexkoppler) bei weißer Bahnoberfläche leitend ist, versorgt er den ersten Transistor mit so viel Basisstrom, dass er auch leitend wird und so durch seinen Kollektorstrom den "Motor rechts" antreibt.

Gleichzeitig wird durch seinen leitenden Zustand die Spannung an seinem Kollektor sehr klein, so dass der zweite Transistor über den Widerstand 5,6 kOhm praktisch keinen Basisstrom erhält, damit also sperrt, und so der "Motor links" stehen bleibt.

Damit fährt unser Robbi also eine Linkskurve. Das ist auch gut so, denn da der Fototransistor (im Optokoppler) eine weiße Oberfläche sieht, heißt das, die Trennlinie zur schwarzen Bahn ist weiter links - deshalb also die Linkskurve.

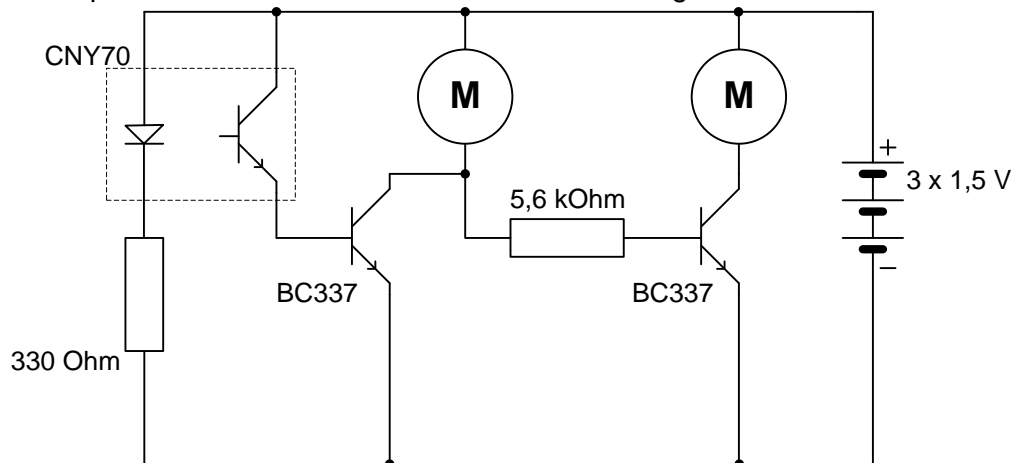
Wenn der Robbi dann so weit nach links gekurvt ist, dass der Fototransistor wieder über der schwarzen Bahnseite ist, dann sperrt der Fototransistor (im Optokoppler), weil er nicht mehr genug reflektiertes Licht zum Durchschalten bekommt.

Damit bekommt auch der erste Transistor nicht mehr genug Basisstrom, so dass er nun auch sperrt (also keinen Kollektorstrom führt), und so der "Motor rechts" nicht mehr mit Strom versorgt wird, also stehen bleibt.

Dadurch, dass der erste Transistor nun sperrt, liegt sein Kollektor über den (stehenden) "Motor rechts" der einen ziemlich kleinen Widerstand hat fast auf der vollen Versorgungsspannung. Das bewirkt einen Stromfluss in die Basis des zweiten Transistors. Damit schaltet nun dieser Transistor durch und versorgt den "Motor links" über seinen Kollektorstrom mit Energie, so dass dieser Motor nun läuft.

Da nun der linke Motor läuft und der rechte steht, fährt das Mobil eine Rechtskurve, bis

der Optokoppler wieder über dem weißen Teil der Bahn angelangt ist, und dann fängt das ganze Spiel wieder von vorn an. Die Gesamtschaltung sieht so aus:



### 3. Der Zusammenbau

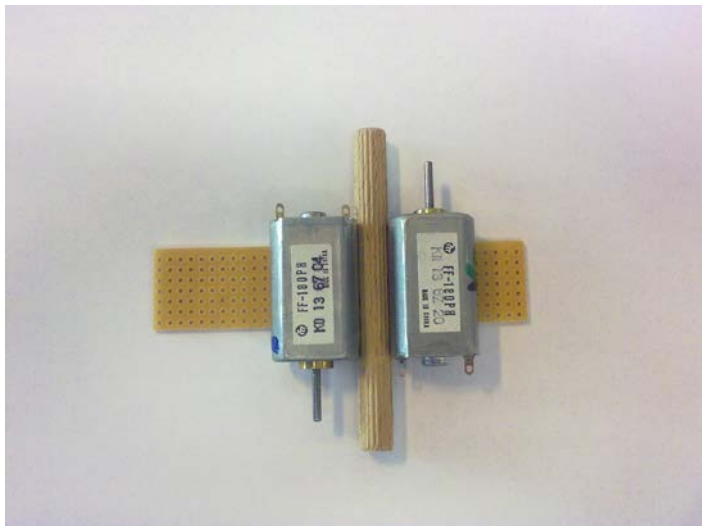
Als Erstes verkleben wir die Motoren mit Rumpf und Steckachse mit Alleskleber (z.B. „Uhu hart“ oder Kontaktkleber). Die Klebestelle muss wirklich richtig fest verklebt sein bevor wir weiterbauen können!

Wichtig ist, dass Motoren und Steckachse absolut parallel liegen sonst wird später der Reifen immer wieder vom Rad springen.

Außerdem sollten die Enden von Motorwelle und Steckachse bündig liegen, also möglichst gleich weit nach außen ragen. Dann können wir später die Kugellager so aufstecken, dass die Transmission nach beiden Seiten etwas Luft hat.

Je einer der beiden Anschlüsse am Motor ist mit einem roten Farbpunkt gekennzeichnet. Wir haben die Motoren so angeordnet, dass die Anschlüsse mit den roten Punkten von der Achse wegzeigen. Achtet man nicht darauf, ist es nicht schlimm. Man kann das auch später noch durch ein Tauschen der Anschlüsse korrigieren.

Vor der Klebe-Aktion markieren wir an den beiden Motoren durch Ritzen mit einer Nadel oder Ähnlichem, wo die Klebestellen sein werden. Dazu halten wir den Motor fest an die vorgesehene Stelle auf dem Rumpf. Vor dem Kleben sollte das Motorgehäuse an den zu klebenden Stellen kräftig sauber gemacht und mit Sandpapier leicht angeraut werden. Nun werden die markierten Stellen beider Motoren mit etwas Kleber bestrichen und auf den Rumpf geklebt. Je nach dem welchen Kleber ihr benutzt, muss der Kleber eventuell vor dem Zusammensetzen etwas antrocknen. Da der Kleber meist nicht sofort fest ist, können wir alles noch einmal genau ausrichten.



**Unbedingt darauf achten, dass die Motoren genau parallel zur Steckachse ausgerichtet sind!**

Wer Sekundenkleber verwendet, sollte sich natürlich mit dem Ausrichten der Motoren und Steckachse beeilen.

## 4. Verdrahtung

Nachdem der Kleber gut ausgehärtet ist, geht es weiter mit der Verdrahtung.

**Ihr solltet euch dabei von jemandem der schon löten kann helfen lassen! Denn man kann dabei auch die Bauteile zerstören oder sich auch die Hände verbrennen! Aber auf jeden Fall nicht ohne Aufsicht der Eltern oder Lehrer weiterarbeiten!**

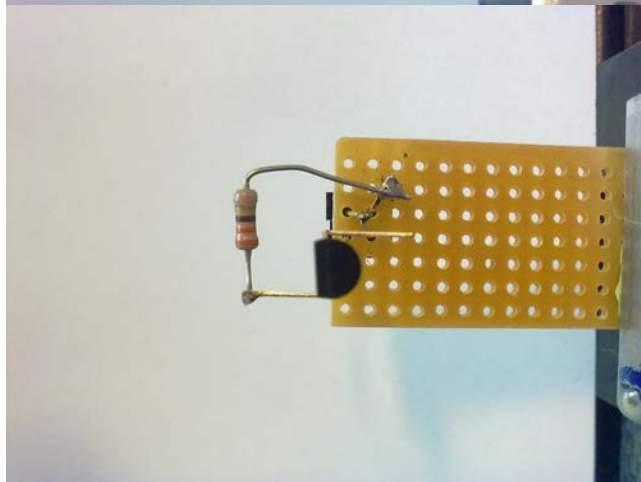
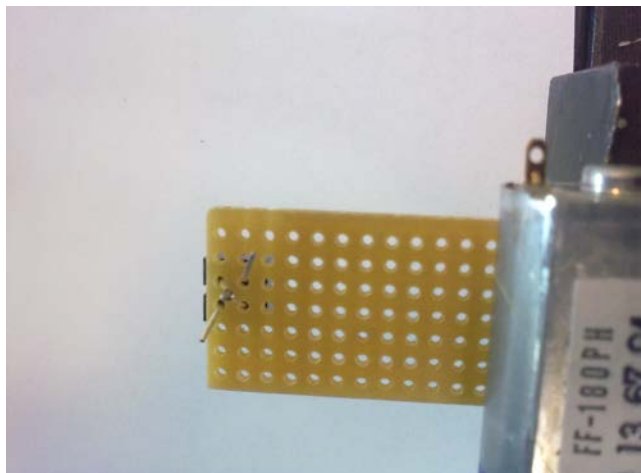
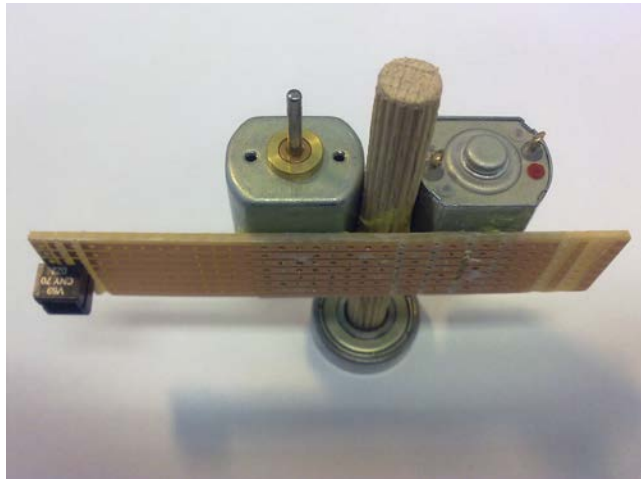
Als Erstes bohren wir 4 Löcher zur Befestigung des Reflexkopplers in den Rumpf. Die Löcher bilden ein Quadrat und haben jeweils 2,5 mm Abstand voneinander. Der Lochdurchmesser sollte 1 mm betragen. Hier hilft sicher jemand mit einer Ständerbohrmaschine und einem passenden Bohrer. Beim Bohren „ausgefranste“ Holzfasern können wir danach mit einem größeren Bohrer den wir mit der Hand drehen entfernen. Man kann natürlich auch so wie wir ein Stück vorgebohrte Leiterplatte nutzen.

Nun stecken wir den Sensor von unten (die Seite mit den angeklebten Motoren ist oben) durch die vier Löcher. Damit wir hier für die Beschreibung einen durchgehenden Bezug haben, bitte so, dass die Beschriftung des Sensors zur linken Seite zeigt.

Wenn wir von oben auf den Robbi mit dem Reflexkoppler nach vorn sehen, biegen wir das vordere rechte Bein und das hintere linke Bein (also die Anode der Leuchtdiode und den Kollektor des Fototransistors) so zueinander, dass sie sich berühren. Die beiden liegen sich diagonal gegenüber und müssen später mit dem Pluspol der Batterie verbunden werden, an dem auch beide Motoren liegen. Das Umbiegen der Sensorbeinchen sorgt gleichzeitig für den mechanischen Halt des Sensors am Rumpf.

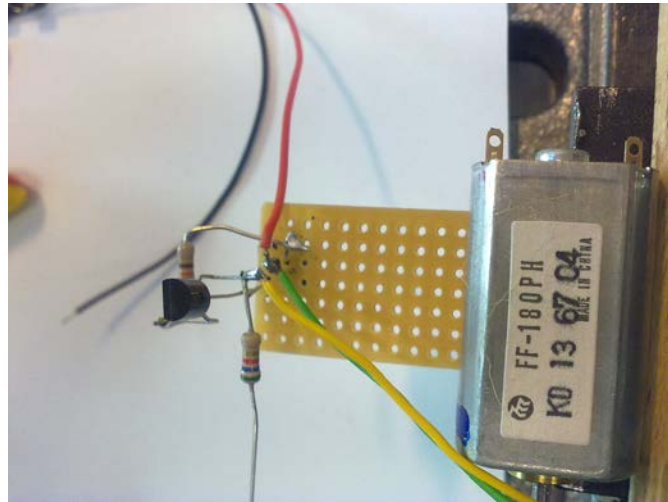
Als nächstes löten wir den Widerstand von 330 Ohm an die Katode des Reflexkopplers (rechts hinten). Vorher vergewissern wir uns, dass wir wirklich den Widerstand mit dem richtigen Wert gegriffen haben. Eine Farbring-Kennzeichnung hieße Orange – Orange - Braun; mit einem Digitalmultimeter ist der Wert auch schnell nachgemessen.

Einen Anschlussdraht verkürzen wir mit dem Seitenschneider auf etwa 2 cm, die andere Seite auf etwa 1 cm. Nun biegen wir das längere Ende etwa 2 mm vom Widerstand rechtwinklig ab. Wenn wir den Widerstand waagrecht vor uns halten so dass das abgebogene Ende zu uns zeigt, biegen wir das andere Drahtende senkrecht nach oben.



Der Knick sollte wieder ca. 2 mm vom Widerstand entfernt sein.  
Das lange Drahtende löten wir nun an den rechten freien Anschluss des Reflexkopplers.

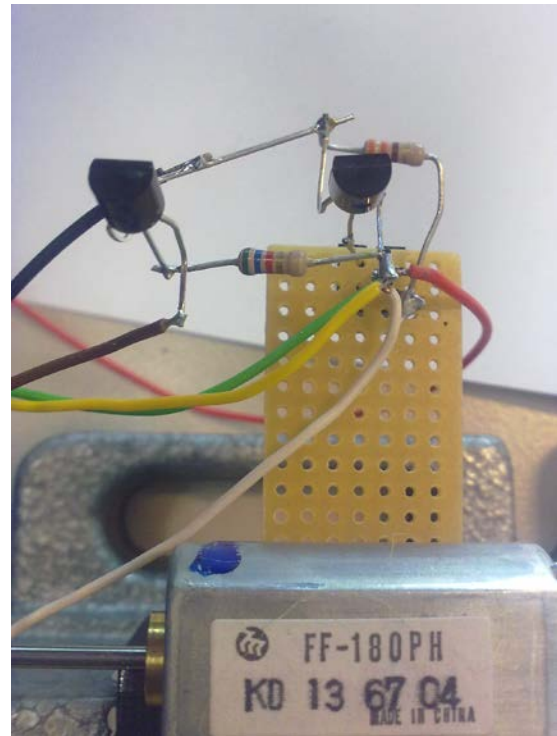
Als Nächstes schneiden wir für jeden Motor einen Anschlussdraht (hier Grün und Weiß) zurecht. Der Draht muss von den beiden zusammen gebogenen Anschlüssen des Reflexkopplers zu je einem Anschluss des Motors reichen. Dann Entfernen wir mit einer Zange oder Messer 1 - 2 mm der Isolation der Drahtenden und verzinnen die Enden mit dem LötKolben. Nun löten wir die beiden Drähte und die Plusleitung (bei uns Rot) des Batterieanschlusses an die beiden zusammen gebogenen Anschlüsse des Reflexkopplers. Die anderen Enden der Drähte löten wir an je einen Anschluss des Motors. An welchen sieht man im Foto weiter unten.



Vor dem Anlöten der Transistoren werden wir deren Beinchen etwas verbiegen:

Wenn wir auf den Transistor schauen mit den Beinchen von uns weg, biegen wir den rechten Anschluss rechtwinklig zu uns und den linken rechtwinklig von uns weg. Die Knicke sollten etwa 5 mm vom Gehäuse entfernt sein. Der mittlere Anschluss bleibt gerade. Den mittleren Anschluss des ersten Transistors löten wir an den linken freien Anschluss des Reflexkopplers. Der linke Anschluss wird an den nach oben zeigenden Anschluss des Widerstandes angelötet. Zur Kontrolle: die flache Seite des Transistors sollte nach vorn (also von uns weg) zeigen.

Jetzt verkürzen wir die beiden Anschlüsse des anderen Widerstandes (5,6 kOhm, Farbringe Grün – Blau - Rot) auf etwa 5 mm. Außerdem schneiden wir einen Draht passend vom noch freien Anschluss des Transistors zum noch freien Anschluss des Motors der das rechte Rad antreiben soll und verzinnen dessen Enden (hier Gelb).



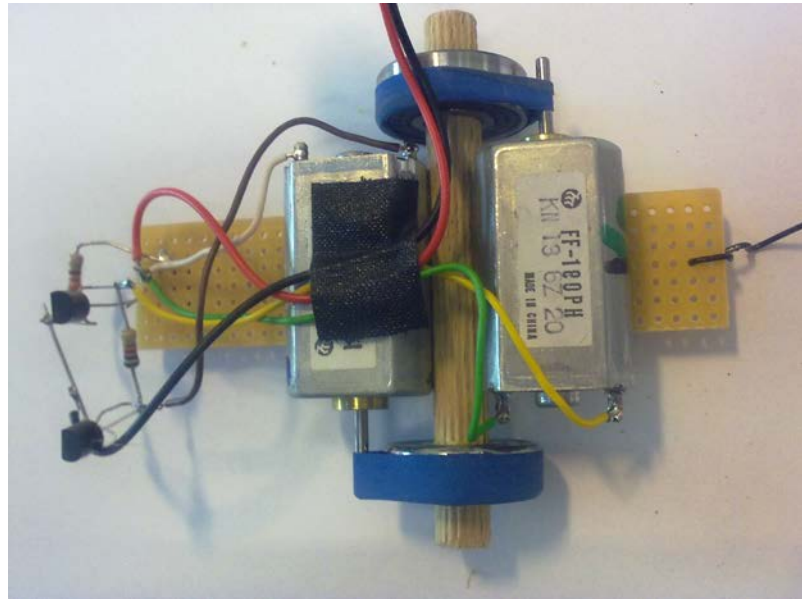
Nun werden der Widerstand und ein Ende des Drahtes an den noch freien Anschluss des Transistors angelötet. Der Widerstand soll waagrecht sein und nach links zeigen.

An das andere Ende des Widerstandes wird der mittlere Anschluss des zweiten Transistors angelötet. Der linke Anschluss des zweiten Transistors wird mit einem kurzen Stück Draht mit dem linken Anschluss des anderen Transistors verlötet. Außerdem wird an diese Verbindung die Minus-Leitung (bei uns schwarz) angelötet.

Der noch freie dritte Anschluss des zweiten Transistors wird über einen Draht mit dem noch freien anderen Anschluss des Motors verbunden der das linke Rad antreibt (hier Braun).

**Noch mal zu Kontrolle: Die flachen Seiten der beiden Transistoren müssen nach vorn zeigen und die rechten und linken Anschlüsse müssen jeweils in dieselbe Richtung zeigen. An allen Anschlüssen und Drähten muss etwas angelötet sein!**

Damit ist die Lötarbeit beendet!



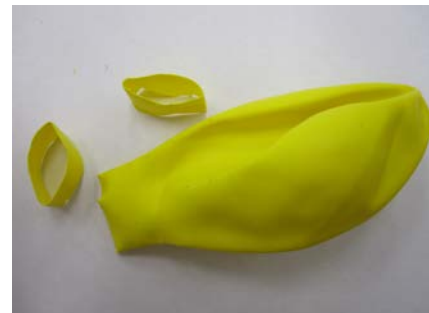
## 5. Räder, Bereifung und Batteriebefestigung

Nun können wir die Räder, also die Kugellager, montieren. Dazu drücken wir die Kugellager vorsichtig mit etwas Kraft auf die Achse bis die Räder den Motorachsen mittig gegenüberstehen. Die Räder dürfen beim Aufdrücken nicht verkanten sonst können die Reifen später vom Rad springen.

Nun brauchen einen Luftballon. Vom Luftballonhals schneiden wir zwei Ringe von je etwa 8 mm Breite ab. Diese Ringe dehnen wir ordentlich vor; wir benutzen sie als "Treibriemen" über Kugellager und Motorwelle.

Über beide Motoren kleben wir ein Stück Klettband und die andere Seite des Klettbandes auf den Batteriehalter. Darauf können wir den Batteriehalter setzen so dass das Fahrzeug etwas Übergewicht nach hinten hat. Doppelseitiges Klebeband (z.B. Teppichklebeband) oder einfach ein Gummi sind genauso geeignet.

Wir setzen das Spurtmobil mit den in den Halter eingesetzten Batterien - aber noch ohne aufgesetzten Batterie-Clip - auf die Tischfläche und schauen uns die Sache von der Seite an.



Erst mal muss es hinten wirklich ein Übergewicht haben, d.h. die Sache darf nicht vor und zurück kippen, sondern das Heck soll durch das Eigengewicht immer satt aufliegen.

Als Zweites stellen wir fest, wie hoch denn der Sensor über der Tischfläche schwebt. Optimal sind 2 – 3 mm. Wir können das zum Beispiel durch Ankleben von einem Stück Plastik an das Heck korrigieren.

Nun setzen wir den Clip auf den Batteriehalter und es müsste sich nun sofort ein Rad drehen.

So, und jetzt müssen wir das Ding natürlich testen. Wenn wir den Sensor dicht genug über weißes Papier halten, muss sich das rechte Rad (d.h. der rechte Motor) vorwärts drehen,

und wenn wir den Sensor über eine möglichst dunkle Fläche halten, muss sich das linke Rad (d.h. der linke Motor) vorwärts drehen.

Wir setzen das Spurtmobil mitten auf ein weißes Blatt A4-Papier, mit dem linken Rad etwa in der Mitte des Blattes, und jetzt müsste das Mobil eigentlich auf der Stelle um das linke Rad kreisen. Wenn wir es auf eine dunkle Fläche setzen, muss es genau so um das rechte Rad kreisen. Wenn wir eine schöne große dunkle Fläche (Tisch?) haben, können wir mitten darauf das weiße Blatt Papier legen, und das Mobil wird es ständig umkreisen.



## 6 Probleme?

- Wenn ein Rad (d.h. ein Kugellager) zu weit innen sitzt, kann es geschehen, dass der Gummiring versucht, in das Lager der Welle hineinzulaufen und so die Motorwelle stoppt. Abhilfe: Rad etwas nach außen rücken bzw. Gummi etwas schmaler schneiden.
- Frisch abgeschnittene Gummiringe von manchen Ballonsorten neigen dazu, von der Motorwelle 'runter zu laufen. Abhilfe: Den Gummiring mehrmals ordentlich bis zur Elastizitätsgrenze vordehnen, so dass sich dabei auch eventuelle Talkumreste verlieren und so der Gummi elastischer und griffiger wird.
- Wenn das Spurtmobil mehrere Tage Laufzeit hinter sich hat, beginnen die Gummiringe zu zerfallen. Die sind Verschleißteile und müssen ab und zu durch neue ersetzt werden.
- Wenn beim Anlöten des Batterieclips rot und schwarz verwechselt wurden, funktioniert gar nichts. Die schwarze Leitung (= Minus) gehört an die Emitter der Transistoren und die rote Leitung (= Plus) gehört dahin, wo die beiden Motoren miteinander (und mit dem Reflexkoppler) verbunden sind.
- Andere Motoren: Wenn der eigentlich vorgesehene Motor nicht beschaffbar ist, ergeben sich bei der Verwendung anderer Motoren zunächst mal evtl. mechanische Änderungen je nach Gehäuseform, Länge der Motorwelle, Lage der Anschlüsse usw. Sollte der neue Motor darüber hinaus mehr Strom brauchen, um anzulaufen, muss der zugehörige Transistor eine entsprechend höhere Stromverstärkung haben.
- Wenn sich gar nichts dreht und die Spannung richtig angeschlossen ist überprüfen wir zunächst den Reflexkoppler mit einer Digitalkamera wie vorn beschrieben. Das Infrarotlicht müsste als kleiner runder blauer oder lila Fleck leuchten.



- Dreht sich einer oder beide Motoren in die falsche Richtung oder das Modell fährt falsch herum um den Kurs dann muss einer oder beide Motoren umgepolt werden oder die Anschlüsse für beide Motoren sind falsch. Dann einfach die die Anschlüsse ablöten und tauschen.
- Wenn man die Batteriespannung zum Beispiel auf 6 Volt erhöht, wird der Robbi zwar schneller aber der Sensor auch empfindlicher! Dann muss man eventuell den Bodenabstand des Sensors anpassen! Außerdem steigt die Gefahr, dass der Sensor kaputt geht!

## 7. Stückliste

Hier eine Stückliste für das beschriebene Modell:

- Rumpf (Stiel vom Eis, dünnes Sperrholz, Plastik oder Ähnliches) Maße ca. 9 cm x ca. 2-3 cm
- Steckachse (8 cm Dübelholz, "Riffelstab" 8 mm Durchmesser), Quelle: Baumarkt
- 2 Kugellager "608" (als Räder) Quelle: z.B. Conrad: Bestellnr. 198515
- 2 Motoren Quelle: z.B. [www.luedeke-elektronik.de](http://www.luedeke-elektronik.de): Minimotor FF-180PH Kemo P055, Art.Nr.: 544
- 1 Reflexkoppler CNY 70 Quelle: z.B. Conrad Bestellnr. 184241
- 2 Transistoren BC 337-40 Quelle: z.B. Conrad Bestellnr. 155918
- 1 Widerstand etwa 330 Ohm Quelle: z.B. Conrad Bestellnr. 403199
- 1 Widerstand etwa 5,6 kOhm Quelle: z.B. Conrad Bestellnr. 403342
- 1 Batteriehalter für 3 x AA Batterien Quelle: z.B. Conrad: Bestellnr. 651044
- 1 Anschlußclip für den Batteriehalter Quelle: z.B. Conrad: Bestellnr. 490660
- doppelseitiges Klebeband oder Klettband oder Gummi zum Befestigen des Batteriehalters, Schaltdraht, Lötzeug

Die meisten Bauteile bekommt man auch in anderen Elektronikgeschäften z.B. Dresden oder Berlin oder in Onlineshops.

**Leider passieren auch uns manchmal Fehler, deshalb unbedingt vor der Bestellung prüfen ob die zu bestellenden Bauteile die Daten entsprechend der Stückliste haben!**

Da wir keinen Einfluss auf den richtigen und sachgemäßen Aufbau haben, können wir aus verständlichen Gründen bei Bausätzen nur die Gewähr der Vollständigkeit und einwandfreien Beschaffenheit der Bauteile übernehmen.

Garantiert wird eine den Kennwerten entsprechende Funktion der Bauelemente im uneingebautem Zustand und die Einhaltung der technischen Daten der Schaltung bei entsprechender Lötvorschrift, fachgerechter Verarbeitung und vorgeschriebener Inbetriebnahme und Betriebsweise.

Weitergehende Ansprüche sind ausgeschlossen.

Wir übernehmen weder eine Gewähr noch irgendwelche Haftung für Schäden oder Folgeschäden im Zusammenhang mit diesem Produkt.

Wir behalten uns eine Reparatur, Nachbesserung, Ersatzteillieferung oder Rückerstattung des Kaufpreises vor.

Für Rückfragen, Hinweise bitte wenden an  
[Andreas.Buerger@hs-lausitz.de](mailto:Andreas.Buerger@hs-lausitz.de)