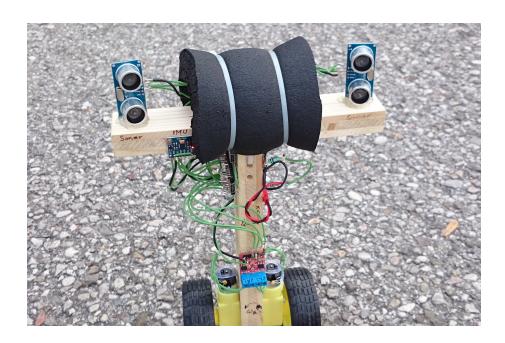


Lemming Robo Bauanleitung und Dokumentation

 $Karl\ Zeilhofer,\ zeilhofer@team 14.at$ 9. Juli 2019



 $team 14\hbox{-lemming-bauan leitung}$



Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort und Danksagung	4
2	Stückliste	5
3	Vorbereitungen 3.1 Holzteile	6 6 8 10 10
4	Erste Lötübung	10
5	5.1T-Stück5.2Spannungsregler und Stecker5.3Arduino, Lademodul und Lagesensor5.4Motortreiber	11 11 12 13 14
6	Der Stromlaufplan	14
7	Lötstützen	15
8	8.1 Steckerkabel . 8.2 Spannungsregler . 8.2.1 Pads verzinnzen . 8.2.2 Widerstände . 8.2.3 Buchsenkabel . 8.2.4 Masse-Brücke . 8.2.5 Batteriedrähte . 8.3 Lademodul . 8.4 Spannungsstabilisierung und -filterung .	16 16 17 17 18 18 19 20 21 22
9	Kabelbäume anfertigen	25
10	10.1 Ultraschallsensoren	29 29 29

Bauanleitung, Lemming Robo



Talentewoche, TIZ Kirchdorf 10. + 11. Juli 2019

11	11.1	bleibende Verbindungen Getriebemotoren	
12	Inbe	etriebnahme	32
	12.1	Überprüfen der Stromaufnahme	32
		Batterie	
		Testsoftware	
		Betriebssoftware	
		Schaumrohr	
		Reifen	
		Justierung	
13	Anh	aang	35
	13.1	Werkzeugliste	35
		Verbrauchsmaterialien	
		Stromlaufplan	
		Notizen zur Reglerstruktur	



1 Vorwort und Danksagung

Der Lemming Robo wird nun schon zum fünften mal hier im Technologiezentrum im Rahmen der Talentewoche gebaut.

Hierbei geht es um einen kleinen Roboter, der selbständig auf 2 Rädern balanciert, langsam nach vorne fährt und mit Ultraschallsensoren auf Lenkbefehle reagiert.

Das gesamte Projekt ist quelloffen, d.h. die Pläne, die Dokumentation und der Stromlaufplan können eingesehen, heruntergeladen, verändert und wiederverwendet werden. Das Werk unterliegt der Lizenz "Creative Commons, Attribution-Share Alike 4.0 international".

Online findet man das Projekt unter www.team14.at/lemming

Vielen Dank an all die Unterstützer, allen voran das Technologiezentrum Kirchdorf. Weiters ein Danke an die **Nordfels** GmbH, für die gesponserten Lithium-Zellen, ein Danke an die **Würth Elektronik** GmbH & Co. KG für die Unterstützung bei den Buchsenleisten, und ebenfalls ein großer Dank an die **TCG-UNITECH** GmbH, für die Maßanfertigung der gesponserten Lötkolbenständer.

Karl Zeilhofer, 3. Juli 2019



2 Stückliste

Auflistung in chronologischer Reihenfolge.

- 1. 2x Holz, 200x40x19mm, Steher und Querbalken
- 2. 2x Getriebemotor
- 3. Arduino Nano
- 4. Lagesensor, MPU6050
- 5. 2x Spannungsregler, 5V, 1A
- 6. Batteriekabel (Buchsen- und Steckerkabel), JST, 5A
- 7. Lademodul, 400mA, TP4056
- 8. Drähte, $0.25mm^2$, Radox 125 (lötbeständig)
 - (a) schwarz (sw), 168cm
 - (b) rot (rt), 128cm
 - (c) blau (bl), 109cm
 - (d) grün (anstatt bl -), 68cm
- 9. Motortreiber, L9110S
- 10. 2x Ultraschallsensor, HS-SR04
- 11. 2x Lötstütze (eine Philipsschraube)
- 12. 2x Widerstand 0.1Ω (Ohm), 2W (braun, schwarz, silber)
- 13. 6x Kerko (Keramikkondensator) 100 nF, 50V
- 14. Elko (Aluminium Elektrolytkondensator) 1000 uF, 10V
- 15. 3x Buchsenleiste 4-polig, Würth Elektronik, 661 004 151 922
- 16. 3x Buchsenleiste 8-polig, Würth Elektronik, 661 008 151 922
- 17. 2x Leuchtdiode
- 18. 2x Widerstand 220Ω, 250mW (rot, rot, braun)
- 19. 4x Widerstand $1k\Omega$, 250mW (braun, schwarz, rot)
- 20. 2x Kabelbinder, 3.6x200mm
- 21. 2x Kabelbinder, 3.6x350mm

 $team 14\hbox{-lemming-bauan leitung}$



- 22. Schaumrohr, L=85mm, Di=60mm, Da=80mm
- 23. 4x Motorschraube, M3x25, Linsenkopf, Philips Nr. 1
- 24. 2x Lithium-Batterie, 18650, 3.7V, ca. 2000mAh
- 25. 2x Reifen

3 Vorbereitungen

3.1 Holzteile

3.1.1 Beschriftung Steher

Auf der Unterseite des Stehers schreibt jeder seinen Namen drauf.

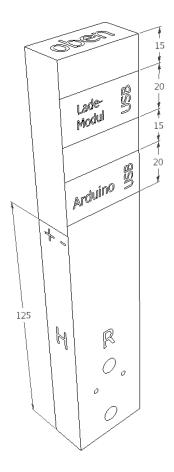
Die 4 großen Seiten des Stehers werden mit V für vorne, H für hinten, L für links und R für rechts beschriftet. Unbedingt beachten, dass L und R auf der richtigen Seite stehen. In Fahrtrichtung nach vorne ist links links und rechts rechts.

Auf der rechten Seite werden wie dargestellt von oben Linien mit den Abständen 15, 20, 15 und 20mm gezeichnet, und an der vorderen Seite werden die 20mm-Felder mit USB gekennzeichnet.

Auf der hinteren Seite wird die Höhe der Lötstützen durch eine Linie und die Polarität durch Plus und Minus eingezeichnet.



Abbildung 1: Rechte Steherseite für Lademodul (oben) und Arduino (unten), hinten kommen die Lötstützen

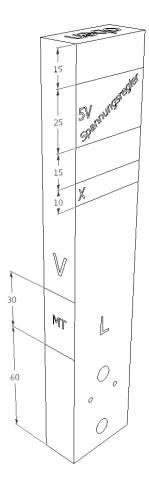


Auf der linken Seite machen wir Markierungen mit den Abständen von oben weg mit 15, 25, 15 und 10mm. Das 25mm-Feld beschriften wir an der vorderen Seite mit 5V für den Spannungregler und das 10mm-Feld bekommt vorne ein X für den Stecker.

Die Vorderseite markieren wir für den Motortreiber, der von unten 60mm weg ist und ca. 30mm hoch ist.



Abbildung 2: Linke Steherseite für Spannungsregler und Batteriestecker



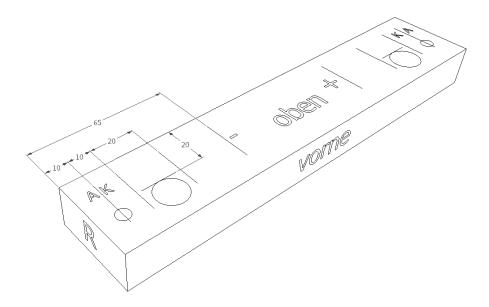
3.1.2 Beschriftung Querbalken

Eine der beiden großen Flächen wird mittig mit oben beschriftet, die andere mit unten. Eine schmale große Fläche des Querbalkens wird mittig mit vorne beschriftet, die andere mit hinten und die 2 kleinen Seiten mit L und R. Hier bitte wieder unbedingt auf die korrekte Seite von L und R achten!

Dann zeichnen wir oben verschiedene Hilfslinien ein, symmetrisch einmal von links und einmal von rechts weg: 10, 10 und 20mm. Vom Rand nochmals 65mm für die Batterie-Markierung. Hier werden zusätzlich noch Plus und Minus eingezeichnet. Die äußeren Hilfslinien sind für die LED, die wir durch einen kleinen Kreis symbolisieren. Die Außenseite wird mit Ä"gekennzeichnet, die Innenseite mit "K". Diese Buchstaben brauchen wir später, um die LED richtig anschließen zu können. Der Ultraschallsensor wird mit einem mittigen Querstrich und einem Kreis angedeutet.

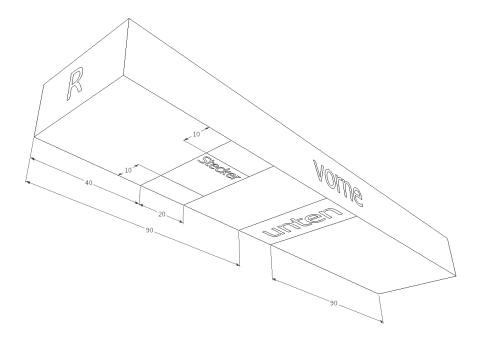


Abbildung 3: Querbalken mit Markierungen für LEDs, Ultraschall und Batterie



Auf der Unterseite markieren zwei Hilfslinien die Mitte, je 90mm vom Rand weg. Der Lagesensor wird auch noch eingezeichnet, beachte, dass der Stecker an der Vorderseite ist.

Abbildung 4: Querbalken mit Markierungen für LEDs, Ultraschall und Batterie



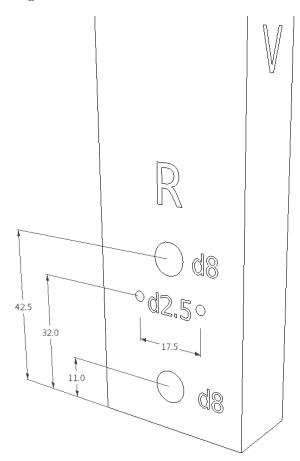
 $team 14\hbox{-lemming-bauan leitung}$



3.1.3 Bohrungen

Im Steher müssen im unteren Bereich Bohrungen für die Motoraufnahme gemacht werden. Diese werden laut Zeichnung mittels Bohrschablone durchgehend gebohrt, 2 Löcher mit 2.5mm und 2 Löcher mit 8mm Durchmesser.

Abbildung 5: Bohrlöcher im Steher für die Motoraufnahme



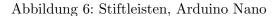
Getriebemotoren 3.2

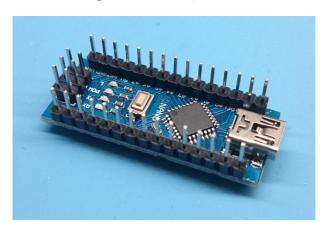
Der Motor muss aus dem Getriebe genommen, um 180° gedreht und wieder eingebaut werden. Somit schauen später die Lötanschlüsse nach außen zu den Reifen hin.

4 Erste Lötübung

Die Stiftleisten des Arduinos werden von oben durch die Platine gesteckt und dann verlötet.

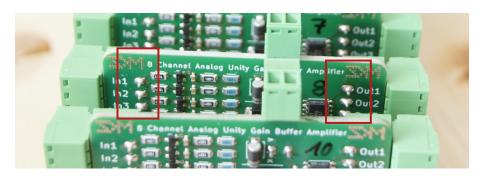






Die Lötstellen müssen sauber ausgeführt werden. Der Pin muss von Lötzinn umschlossen sein. Das Lötzinn sollte sich schön nach innen wölben, also keine nach außen gewölbte Kugel bilden. Kurzschlüsse dürfen auf keinen Fall gemacht werden.

Abbildung 7: Beispiel: saubere Lötstellen auf einer Industrieplatine



Ebenso wird der Lagesensor mit der geraden (nicht abgewinkelten) Stiftleiste bestückt.

5 Module aufkleben

5.1T-Stück

Zuerst werden die beiden Hölzer zu einem T verklebt. Dabei unbedingt auf vorne und hinten, bzw. links und rechts achten! Reichlich Heißkleber auf die Fläche, und die beiden Kanten werden mit Kehlnähten ausgefugt.

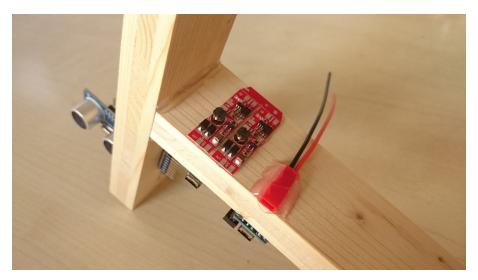
Spannungsregler und Stecker 5.2

Anschließend werden der Spannungsregler und der Batteriestecker aufgebracht. Bitte auf rot/schwarz beim Stecker achten. Der Stecker wird auf das X geklebt. Die 5V-Ausgänge



der Spannungsregler sind auf der Seite, wo wir vorhin 5V markiert haben.





5.3 Arduino, Lademodul und Lagesensor

Der Arduino, das Lademodul und der Lagesensor werden auf der rechten Seite angebracht. Der Arduino braucht hierzu reichlich Heißkleber direkt auf die beiden langen Stiftleisten.

Abbildung 9: Arduino und Lademodul auf der rechten Seite

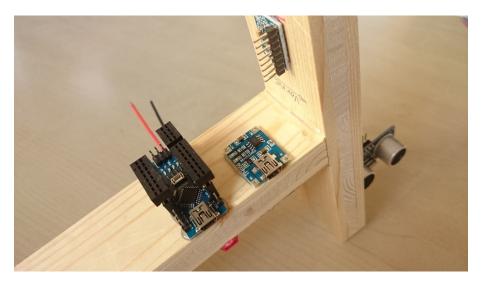
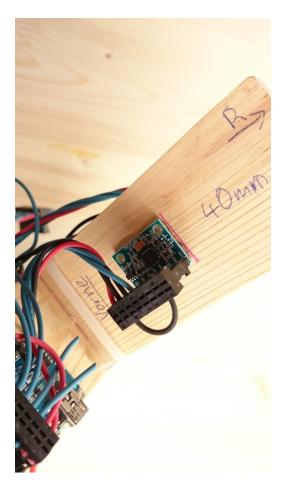




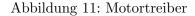
Abbildung 10: Lagesensor auf der rechten Seite, möglichst parallel zum Holz ausgerichtet. Die Stiftleiste ist an der Vorderseite

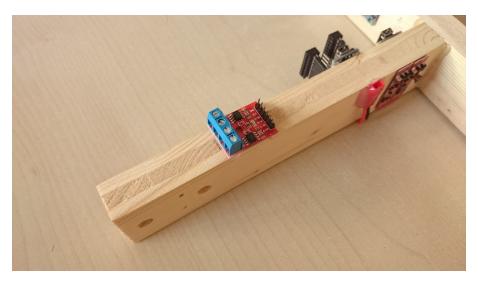


5.4 Motortreiber

Der Motortreiber wird an der Vorderseite mit den Schraubklemmen nach unten zeigend mit Heißkleber fixiert.







5.5 Ultraschallsensoren

Hier wird die Platine und das Aluminiumgehäuse mit reichlich Heißkleber fixiert, sodass der Sensor gerade nach vorne schaut, d.h. vertikal und parallel zu den Holzkanten. Die Stiftleisten schauen zur Mitte hin.





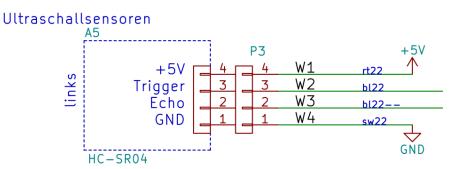
Der Stromlaufplan 6

Der Stromlaufplan beschreibt vollständig die elektrischen Verbindungen des ganzen Roboters und befindet sich im Anhang. Er beschreibt neben den Modulen und den Leitun-



gen dazwischen auch die Drahtfarben und Drahtlängen und weitere Details.

Abbildung 13: Beispiel aus dem Stromlaufplan



Im obigen Beispiel sehen wir folgendes:

1. Eine Beschreibung: Ultraschallsensoren

2. Ort: links

3. Betriebsmittelkennzeichnung: A5 und P3, W1 bis W4

4. Leitungstyp: rt22 (steht für rot, 22cm lang), bl22 (steht für blau, 22cm lang)

5. Modultyp: HC-SR04

6. Pinbezeichnungen: +5V, Trigger, Echo, GND

7. Pinnummern: 4,3,2,1

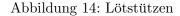
8. Versorgungssymbole: +5V (Pfeil nach oben, geht auf Lötstütze Plus), GND (geht auf Lötstütze Minus)

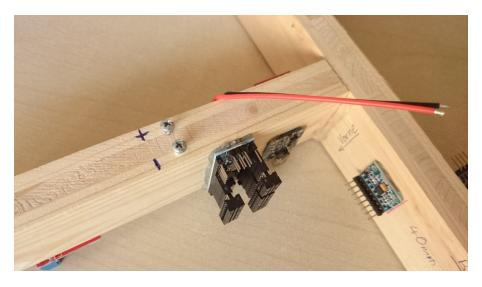
7 Lötstützen

Die Lötstützen werden mit einem Philips-Schraubendreher der Größe 1 auf der Markierlinie in das Holz eingeschraubt. Mit dem Schraubendreher kann man vorher kleine Körnungen in das Holz bohren, damit die Schrauben leichter anbeißen.

Die Polarität sollte gut sichtbar bleiben und die beiden Schraubenköpfe sollten einen Abstand von 3-5mm haben, damit ein Kurzschluss ausgeschlossen ist.







8 Löten

8.1 Steckerkabel

etwas kürzen, verdrillen und anlöten (rot ist plus, schwarz minus). Davor werden die Schrauben ordentlich verzinnt (Achtung: das dauert ein wenig, bis die Schrauben die Temperatur erreichen).



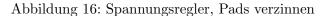
Abbildung 15: Steckerkabel

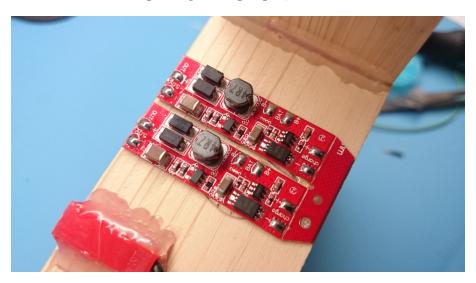


8.2 Spannungsregler

8.2.1 Pads verzinnzen

Die 6 Pads auf jedem Spannungsregler werden verzinnt. Die Lötstellen sollten gleichmäßig rund und glänzend sein.



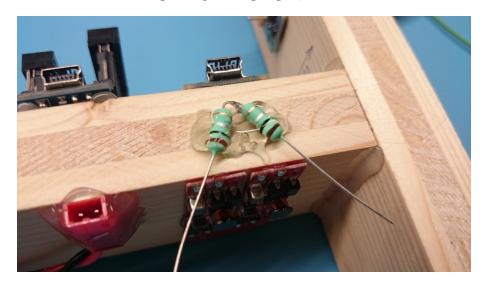


8.2.2 Widerstände

Damit sich der Strom zwischen den beiden Spannungsregler gut aufteilt, werden deren Pluspole über je einen 0.1Ω -Widerstand zusammengeführt. Sie werden verdrillt und dort verlötet. Dann werden sie am Steher fixiert, sodass die langen Drähte dann gut bei den +5V-Pads der Spannungregler angeschlossen werden können.



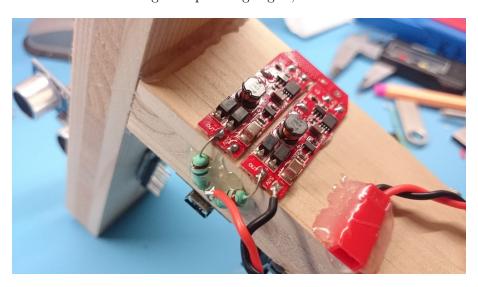




8.2.3 Buchsenkabel

Das Buchsenkabel wird am Minus-Pol des unteren Spannungsreglers und an der Mittelanzapfung der Widerstände angelötet.

Abbildung 18: Spannungsregler, Buchsenkabel

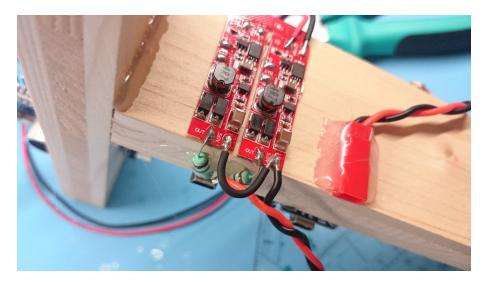


8.2.4 Masse-Brücke

Sie ist 30mm lang und verbindet die beiden Spannungsregler an den Minuspolen.

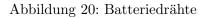


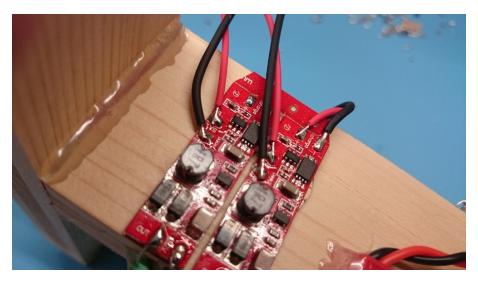




8.2.5 Batteriedrähte

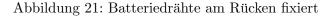
Zwei rote und zwei schwarze Drähte mit je 14cm werden an die Spannungsregler-Pads "B+" und "B-" gelötet. Drähte so kurz wie nötig abisolieren (3-4mm). Das jeweilige andere Ende bleibt vorerst isoliert.

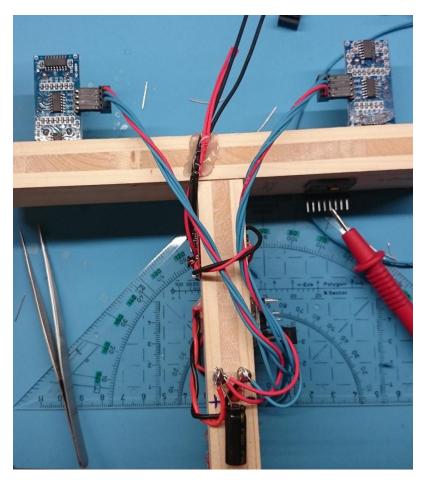




Anschließend werden die Batteriedrähte an der Rückseite mit Heißkleber fixiert.



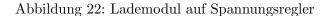




8.3 Lademodul

Es wird mit 7cm-langen Drähten mit einem der beiden Spannungsregler verbunden. Plus auf Plus, Minus auf Minus.





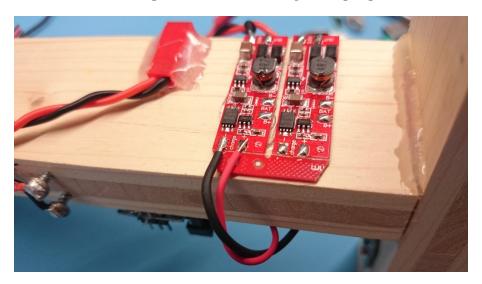
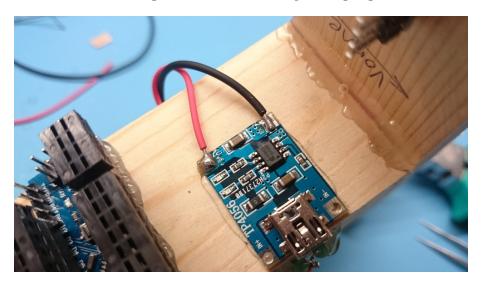


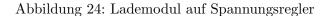
Abbildung 23: Lademodul auf Spannungsregler

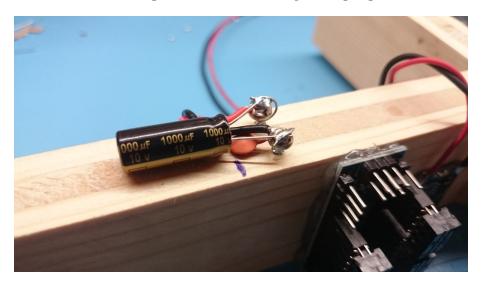


8.4 Spannungsstabilisierung und -filterung

Der Elektrolytkondensator ("Elko", schwarz und gold) und ein Keramikkondensator ("Kerko", orange) werden auf die Lötstützen gelötet. Beim Elko ist unbedingt auf die Polarität zu achten (Strich=Minus)! Die Beinchen des Keramikkondensators sollten eher kurz gehalten werden.







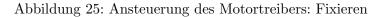
8.5 Ansteuerung des Motortreibers

In den Ansteuerleitungen zum Motortreiber sind $1k\Omega$ -Widerstände geschaltet, um Störungen Richtung Arduino zu unterdrücken. Der 100nF-Kerko hilft, die Spannung bei hohen Frequenzen zu filtern.

Widerstände und Kondensator zuerst zurechtbiegen, und diese dann in eine dicke Spur Heißkleber drücken, abkühlen lassen und anschließend mit reichlich Kleber fixieren. Die Pins am Motortreiber werden etwas auseinandergebogen, um mehr Platz für die Lötstellen zu bekommen.

 $team 14\hbox{-lemming-bauan leitung}$





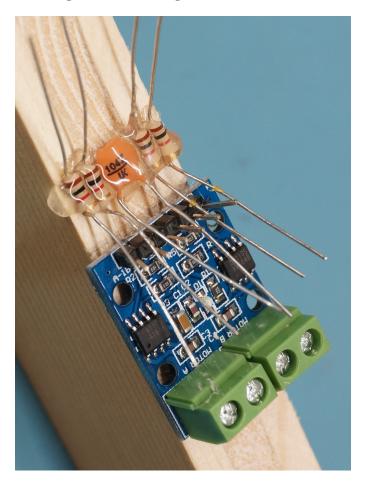




Abbildung 26: Ansteuerung des Motortreibers: Verlöten mit den auseinandergebogenen

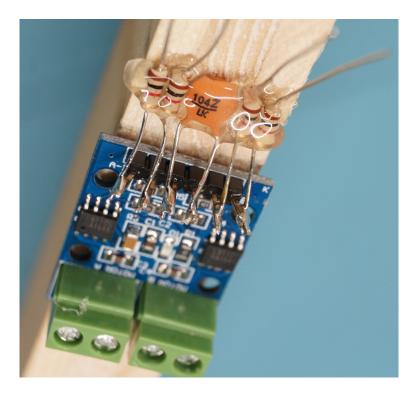
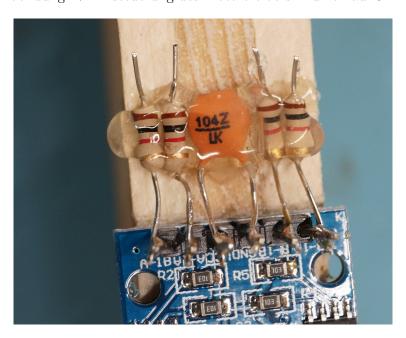


Abbildung 27: Ansteuerung des Motortreibers: Kürzen auf 5mm



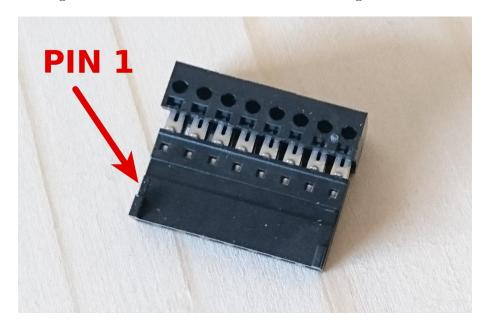
 $team 14\hbox{-lemming-bauan leitung}$



9 Kabelbäume anfertigen

Die Kabelbäume sind sehr sorgfältig auszuführen. Dabei hält man sich an die Angaben des Stromlaufplans und den Plan zu den Kabelbäumen. Wo möglich werden die Drähte immer verdrillt. Dies sieht nicht nur schöner aus, sondern es hilft auch die Schaltung robuster gegen Störungen zu machen.

Abbildung 28: Buchsenleiste: beachte die 1er-Markierung links-unten im Bild



Die hier verwendeten Buchsenleisten haben sogenannte Schneidklemmen - eine der sichersten Verbindungstechniken überhaupt. Dazu werden die einzelnen Drähte an der richtigen Stelle von der richtigen Seite in den Stecker eingeschoben, bis sie auf der Rückseite plan mit dem Gehäuse sind. Die erste Buchse ist mit einem 1er gekennzeichnet. Sind alle Drähte am richtigen Platz, wird die Buchsenleiste mit einem Schraubstock verpresst. Alternativ kann man auch eine Wasserpumpenzange verwenden.



Abbildung 29: Kabelbäume

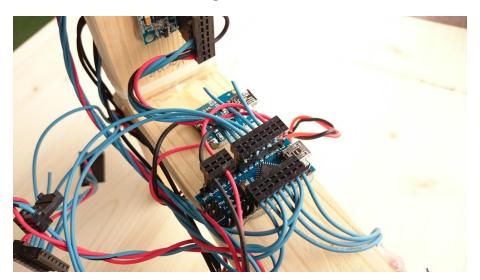
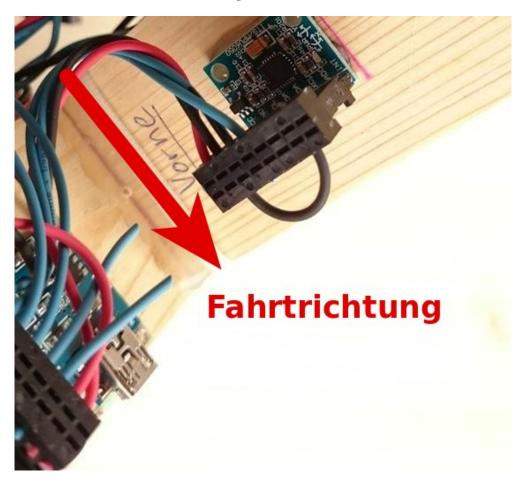
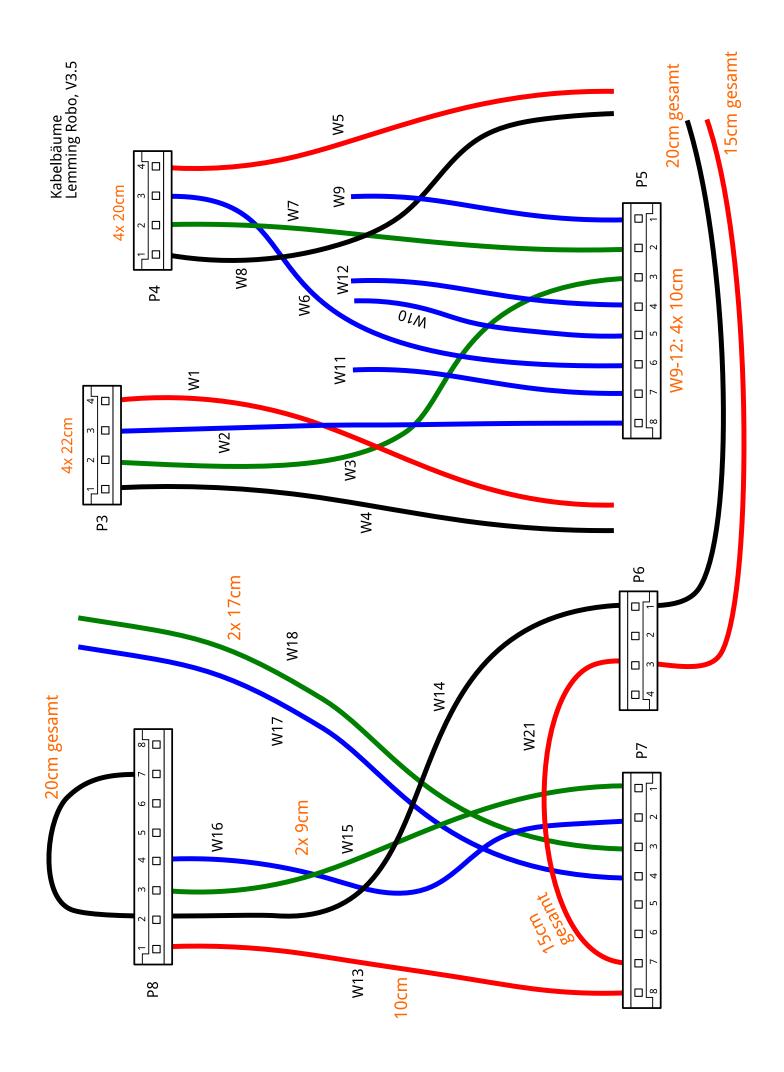




Abbildung 30: Kabelbäume



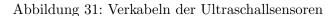


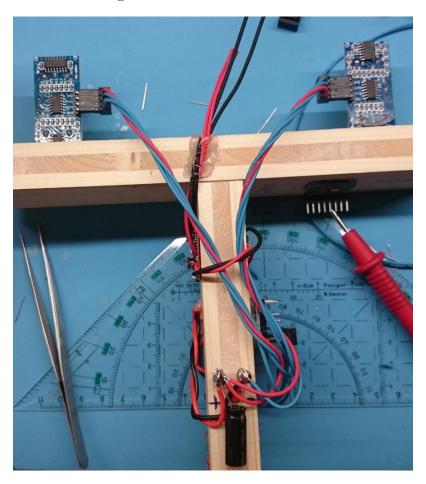


Verbauen der Kabelbäume 10

10.1 Ultraschallsensoren

Als erstes werden die beiden Kabelbäume für die Ultraschallsensoren verbaut. Hierbei ist auf links und rechts zu achten, da sich die Drahtlängen um 2cm unterscheiden.





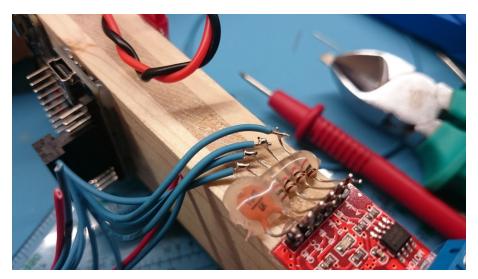
10.2 Motortreiber

Buchsenleiste P5 wird beim Arduino eingesteckt, und dann die 4 Ansteuerleitungen, die Richtung Motortreiber gehen, passend abgelängt, abisoliert (3-4mm), verzinnt und verlötet. Anschließend mit Heißkleber fixiert und somit gegen Kurzschluss geschützt.

 $team 14\hbox{-lemming-bauan leitung}$



Abbildung 32: Ansteuerleitungen des Motortreibers, Achtung: blaues Modul hat leicht abgeänderte Pinbelegung!



10.3 Leuchtdioden

Nun montieren wir noch die Leuchtdioden. In der Vorbereitung haben wir die Anschlüsse für die LEDs gekennzeichnet mit A und K. A steht hier für Außen, lAng oder Anode (Pluspol). K steht für Kurz oder Kathode (Minuspol).

Die LEDs haben eben zwei unterschiedlich lange Beinchen, das ist entscheidend. Zuerst werden dies LEDs aufgeklebt, mit korrekter Polarität.

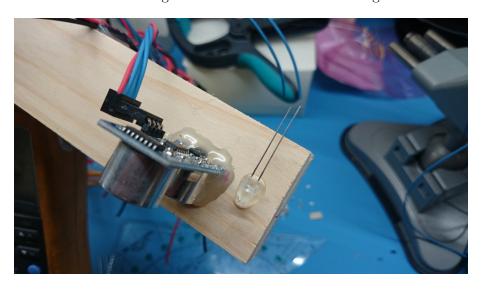
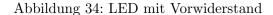


Abbildung 33: LED: beachte kurz und lang

Dann das kurze Beinchen abwinkeln, das lange bis auf 5mm abzwicken und den



Widerstand aufkleben.



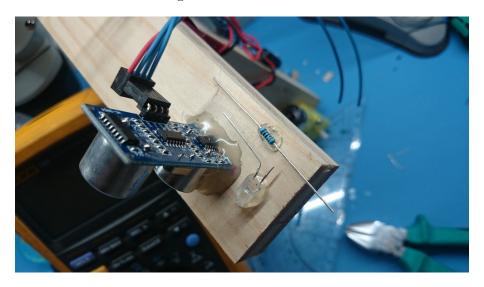


Abbildung 35: LED mit Vorwiderstand und verlötet



Die Lötstellen werden wieder mit Heißkleber fixiert und isoliert.

Verbleibende Verbindungen 11

Getriebemotoren 11.1

Die Motoren werden nun am Steher mit den Schrauben M3x25 fixiert und anschließend noch zusätzlich mit Heißkleber gesichert. Zu beachten ist, dass der gelbe Nupsi nach

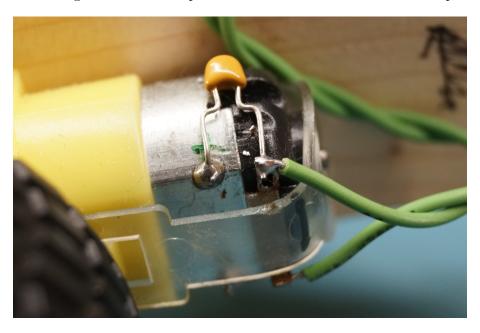


außen Richtung Reifen schaut, damit das Getriebegehäuse gut aufliegt.

Bevor die Motoren nun verdrahtet werden, muss noch deren Drehrichtung bzw. Polarität festgestellt werden. Dazu werden sie mit einem Labornetzgerät mit Spannung versorgt. Schaut man auf den Wellenstummel, muss sich dieser im Uhrzeigersinn drehen. Der Plus-Anschluss wird dann mit einem Permanentmarker gekennzeichnet.

Anschließend bekommen die Motoren noch je 2 Entstör-kondensatoren (C4 bis C7), die elektrische Störungen mit dem Motorgehäuse kurzschließen. Hierbei muss das Gehäuseblech ausreichend lange aufgeheizt werden, damit das Lötzinn gut verfließt und haftet. Damit die Lötstelle am Motor besser haftet, sollte das Blech mit einem Schraubendreher etwas angeritzt werden.





Dann werden sie verdrahtet, unbedingt die Polarität beachten!

11.2 Versorgung des Motortreibers

Der Motortreiber braucht noch die Versorgungsleitungen, die sauber verdrillt von den Lötstützen zum Motortreiber verlegt werden.

12 Inbetriebnahme

12.1 Überprüfen der Stromaufnahme

Nun sollte alles bis auf die Batterie verdrahtet sein. Ist dies der Fall, und der Roboter wird dann von einem Labornetzteil mit 5V am Batteriestecker versorgt, sollte er ca.



50mA aufnehmen. Bei erhötem Verbrauch sind alle Verbindungen und Lötstellen zu überprüfen.

12.2Batterie

Wurde der Stromaufnahmetest bestanden, kann die Batterie verbaut werden. Diese wird verklebt und zusätzlich mit Kabelbinder fixiert (2 Stück, 3.6x200mm). Dann werden die Drähte an den Batteriepolen angelötet.

ACHTUNG: nichts kurzschließen oder verpolen!

12.3 **Testsoftware**

Um alle Sensoren und Aktoren am Roboter testen zu können, wird eine spezielle Software aufgespielt.

Folgende Funktionen können dann selbständig geprüft werden:

- 1. Stehend oder liegend: Stillstand der Motoren
- 2. linker Ultraschallsensor blockiert (< 15cm): linke LED leuchtet
- 3. rechter Ultraschallsensor blockiert (< 15cm): rechte LED leuchtet
- 4. nach links geneigt: linker Motor dreht vorwärts
- 5. nach rechts geneigt: rechter Motor dreht vorwärts
- 6. nach vorne geneigt: beide Motoren drehen vorwärts
- 7. nach hinten geneigt: beide Motoren drehen rückwärts

12.4 Betriebssoftware

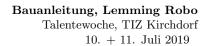
Wurde der vorherige Test bestanden, kann die endgültige Software aufgespielt werden. Herzlichen Glückwunsch!

12.5 Schaumrohr

Das geschlitzte Schaumrohr wird über die Batterie geklappt und mit den langen Kabelbindern links und rechts fixiert.

12.6 Reifen

Bevor der Roboter nun selber fahren kann, müssen nur noch die Reifen montiert werden. Diese werden mit Superkleber auf dem Wellenstummel fixiert. Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass der Kleber nicht das Getriebe selbst verklebt.





12.7 Justierung

Die Regler-Software muss dann evt. noch etwas justiert werden, damit der Robo gut das Gleichgewicht halten kann.

Weitere Infos hierzu findest du auf www.team14.at/lemming



13 Anhang

13.1 Werkzeugliste

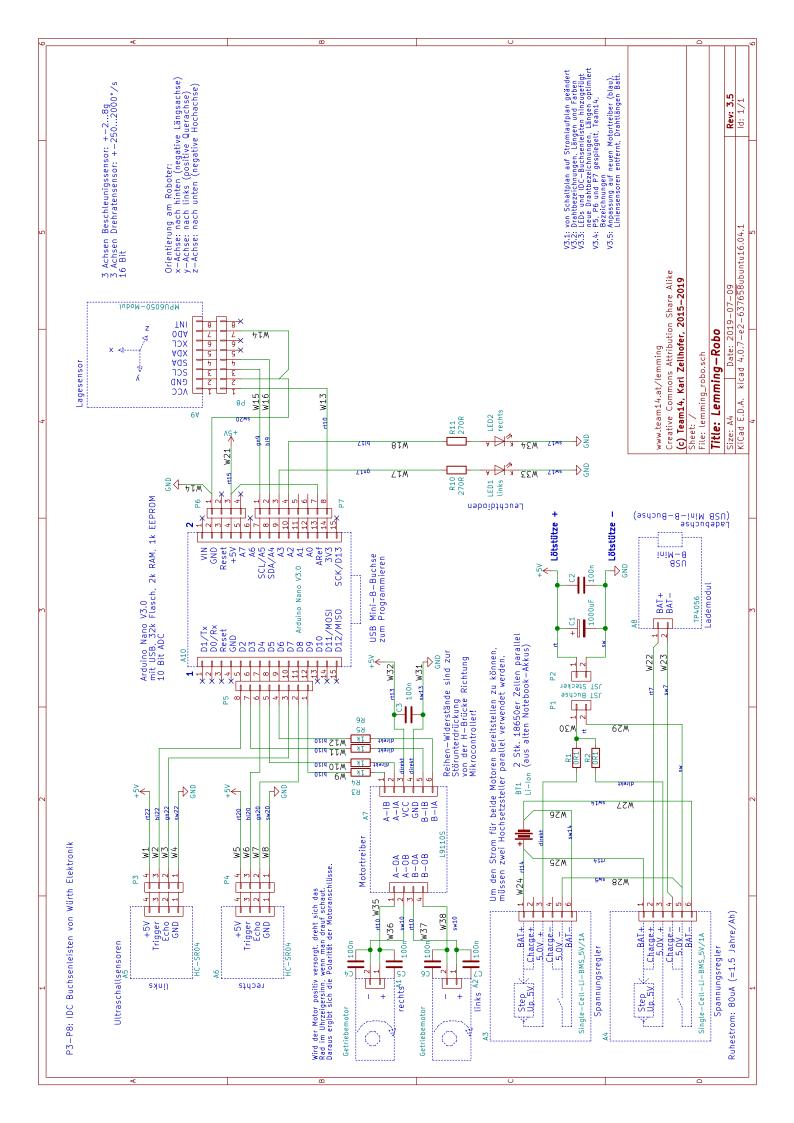
- 1. Seitenschneider: für Draht, Widerstände, Kondensatoren
- 2. Abisolierzange: es sind viele Drahtstücke zu verlöten
- 3. Kombizange: ist zusammen mit einem starken Gummiring eine dritte Hand
- 4. Lötkolben: temperaturgeregelt, 350°C, Hufeisenspitze (C-Form)
- 5. Lötkolbenständer: mit Lötschwamm (Vielen Dank an die TCG-Unitech)
- 6. Schraubendreher: PH1 zum fixieren der Motoren und der Lötstützen am Holz
- 7. Schraubendreher: flach 3mm für die Klemmen am Motortreiber
- 8. Heißklebepistole: zum fixieren der Module auf dem Holz
- 9. Feinbohrschleifer
- 10. Ständerbohrmaschine: für das vertikale Holzstück für die Motoraufnahmen
- 11. Bohrer: 2.5mm für M3-Schrauben und einen 8mm für Auslässe
- 12. Bohrschablone
- 13. Heißluft $200^{\circ}C$, für Ausbesserungen beim Heißkleber
- 14. Computer mit Arduino IDE für die Programmierung

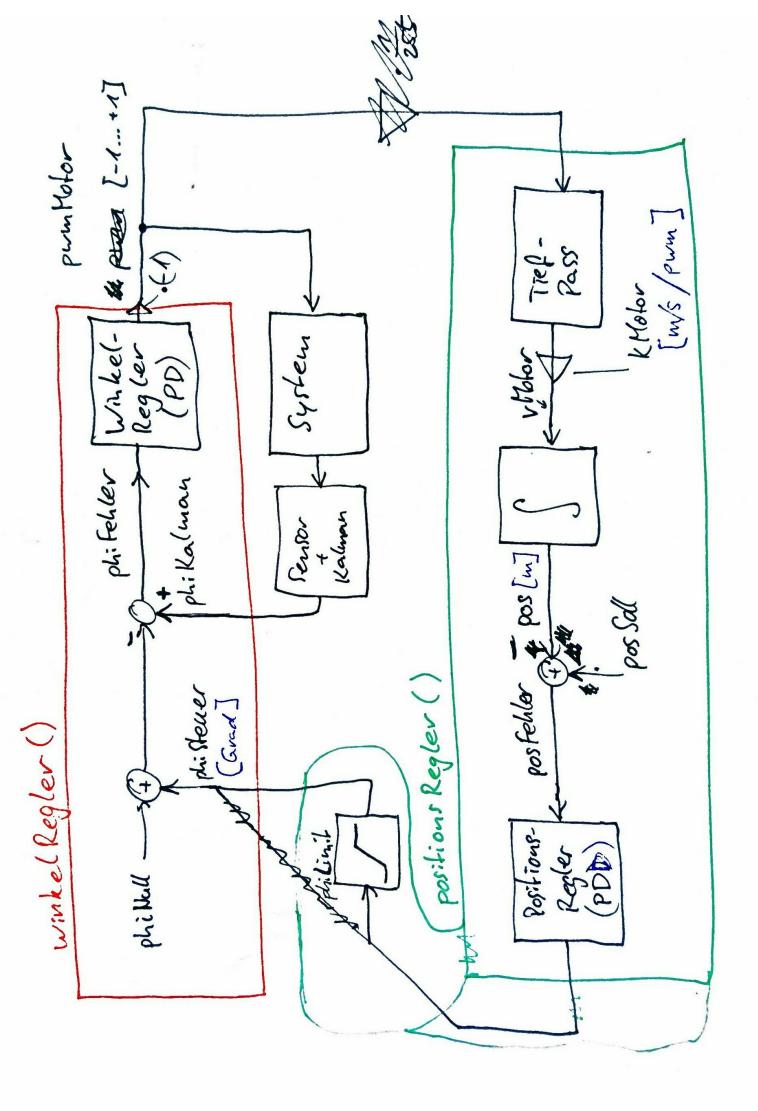
13.2 Verbrauchsmaterialien

- 1. Heißklebesticks 11mm, ca. eine halbe Stange
- 2. Lötzinn 1mm, ca. 1-2m
- 3. Superkleber für die Reifen
- 4. Wasser für die Lötschwämme

13.3 Stromlaufplan

13.4 Notizen zur Reglerstruktur





2 (d#h - 2(x-xx)) + d#h - d#h

