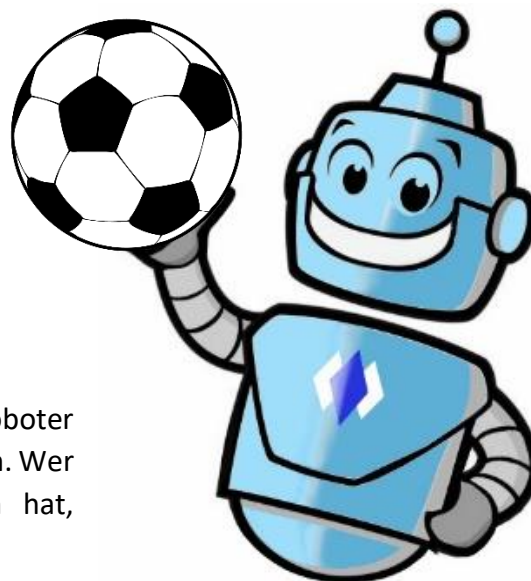


# Roboter-Fußball

## Regelwerk, Grundlagen und Anleitung



## Teil 1 – Regelwerk

### 1. Wettkampfbeschreibung

Ein Roboter spielt gegen einen anderen Roboter Fußball. Beide Roboter versuchen, Tore zu erzielen. Wer am Ende eines Spiels mehr Tore geschossen hat, gewinnt das Spiel.

### 2. Material

#### 2.1 Spieltisch

Der Spieltisch besteht aus einer Holzplatte und einem festen Holzrahmen (= Bande). Die Innenmaße des Spielfelds betragen 237 cm x 115 cm. Die Bande hat eine Höhe von 8 cm über dem Spielfeld. Spieltische der FIRST LEGO League Challenge oder der World Robot Olympiad RoboMission sind auch verwendbar.

#### 2.2 Tore

Die Tore sind innen 450 mm breit, 140 mm hoch und 80 mm tief. Von außen sind die Tore mattschwarz, innen himmelblau lackiert. Die Tore sind mittig an den kurzen Seiten des Spielfelds fest mit der Bande verbunden. (Bauanleitung siehe Anhang 2)

#### 2.3 Spielfeld

Das Spielfeld besteht aus einem grünen Filzteppich. Er kann unter [fussball@robotik-bayern.de](mailto:fussball@robotik-bayern.de) gegen Übernahme der Versandkosten (ca. 10€) bestellt werden. Vor der Verwendung muss der Filzteppich auf die Maße des Spielfelds (237 cm x 115 cm) zugeschnitten werden. Außerdem sind folgende Markierungen aufzusprühen:

- Anstoßpunkt (weiß, 50 mm Durchmesser, genau am Mittelpunkt des Spielfelds)
- Strafraumbegrenzung und Torlinie (weiß, 25 mm breit, Innenfläche 450 mm x 450 mm, direkt vor beiden Toren)

## 3. Roboter

### 3.1 Zugelassenes Material

Jedes Team tritt am Wettbewerbstag mit genau einem Roboter in der Kategorie Roboter-Fußball an. Für die Konstruktion des Roboters sind maximal folgende Materialien erlaubt:

- 1x LEGO Mindstorms EV3- oder NXT-Baustein
- 1x HiTechnic Kompass-Sensor

- 1x HiTechnic IR-Seeker-Sensor V2
- 1x LEGO Mindstorms EV3- oder NXT-Ultraschall-Sensor oder EV3-IR-Abstandssensor
- 1x LEGO Mindstorms EV3- oder NXT-Licht-/Farb-Sensor
- 4x LEGO Mindstorms Motoren in beliebiger Kombination (LEGO EV3-Motor mittel, LEGO EV3-Motor groß, LEGO NXT-Motor)

Zur Stromversorgung sind nur die LEGO-Akkus 45501 (EV3) bzw. 0798 oder 0693 (NXT) zugelassen.

Ansonsten darf der Roboter nur aus Klemmbausteinen von LEGO oder eines anderen kompatiblen Herstellers bestehen. Zur Fixierung von Kabeln sind Kabelbinder und Klebebänder zulässig.

Sollten während des Wettbewerbs Defekte am Roboter auftreten, dürfen diese durch Austausch von Komponenten behoben werden. Deshalb ist es sinnvoll, wenn das Team Ersatzteile zum Wettbewerb mitbringt. Ein vollständiger Ersatzroboter ist jedoch nicht zulässig.

Zur Programmierung des Roboters ist jede für das jeweilige System verfügbare Software erlaubt.

### **3.2 Vorgaben zur Konstruktion des Roboters**

Der Roboter muss zu jeder Zeit in einen Würfel von 22 cm Kantenlänge passen. Das Gewicht des Roboters darf 1 kg nicht überschreiten.

Als Antrieb können zwei Antriebsmotoren mit normalen Rädern verwendet werden. Alternativ ist ein Antrieb mit maximal drei „Omniwheels“ möglich, wenn diese nur aus Klemmbausteinen selbstgebaut sind. Die Verwendung von vorgefertigten Omniwheels von Drittherstellern ist nicht zulässig.

Wird ein Ultraschall-Sensor oder IR-Abstandssensor verwendet, so muss dieser auf der rechten Seite angebracht sein (bei Ausrichtung des Roboters zum gegnerischen Tor).

Die Verwendung einer Vorrichtung, die durch eine rotierende Walze den Ball an den Roboter bindet (= Dribbler) ist nicht zulässig.

Die Verwendung einer Vorrichtung, die den Ball schießt (= Kicker), ist zulässig, wenn der Roboter auch bei ausgefahrenem Kicker in den 22 cm-Würfel passt.

Der Roboter muss einen Griff haben, an dem der Schiedsrichter den Roboter einfach anheben kann. Der Griff zählt bei der Bestimmung der Größe und des Gewichts des Roboters mit.

### **3.3 Autonomie des Roboters**

Der Roboter muss manuell durch Druck einer Taste am EV3/NXT gestartet werden. Während eines Spiels arbeitet der Roboter autonom. Die Fernbedienung des Roboters ist nicht zulässig.

Die Bluetooth-Kommunikation ist für die Dauer des Spiels zu deaktivieren, wenn es der Schiedsrichter verlangt.

### 3.4 Kontrolle über den Ball

Der Ball darf an keiner Stelle mehr als 3 cm in den Roboter eindringen. Beim Wettbewerb wird dies mithilfe eines Balls mit Markierung überprüft.

Der Roboter darf den Ball schieben oder schießen. Zu keiner Zeit darf der Roboter den Ball festhalten, umschließen oder aufladen.

## 4. Ball

Für Spiele in der Kategorie Roboter-Fußball wird der HiTechnic Infrared Electronic Ball (IRB 1005) im Modus „D“ verwendet.

## 5. Wettbewerbsablauf

### 5.1 Fertiger Roboter

Jedes Team bringt seinen Roboter fertig gebaut und programmiert zum Wettbewerb mit.

### 5.2 Testzeit und Auslosung

Zu Beginn des Wettbewerbs haben alle Teams 60 Minuten Zeit zum Testen und Optimieren bzw. zum Anpassen an die lokalen Gegebenheiten. Nach dem ersten Spiel dürfen alle Teams beliebig testen.

Während der Testzeit losen die Schiedsrichter den Teams Nummern zu. Diese entscheiden über die Reihenfolge der Spiele.

### 5.3 Roboter-Parkplätze und Vermessung der Roboter

Nach der Testzeit zu Beginn des Wettbewerbs müssen alle Roboter auf den Roboter-Parkplätzen stehen. Hier werden sie vor dem ersten Spiel vermessen und gewogen. Nach dem ersten Spiel dürfen alle Teams ihre Roboter von den Roboter-Parkplätzen holen.

Wird bei der Vermessung festgestellt, dass ein Roboter nicht den Regeln entspricht, hat das Team fünf Minuten Zeit, um den Mangel zu beheben. Ist der Mangel nach dieser Zeit nicht behoben, gilt der Roboter als beschädigt.

Die Teilnehmer sind selbst dafür verantwortlich, dass ihr Roboter zu allen Zeiten die Vorgaben einhalten. Wird nach einem Spiel festgestellt, dass ein Roboter während des Spiels nicht den Regeln entsprochen hat, so wird das Spiel mit 0:5 für das gegnerische Team gewertet.

## 6. Das Spiel

### 6.1 Spieldauer

Ein Spiel besteht aus zwei Halbzeiten zu je 5 Minuten. Die Uhr wird während einer Halbzeit nie angehalten. Zwischen den Halbzeiten liegt eine Pause von höchstens 5 Minuten. In dieser Pause sind Umbauten an den Robotern und Änderungen in der Programmierung erlaubt. Signalisieren beide Teams, dass sie nicht die volle Zeit der Halbzeitpause benötigen, kann die Pause verkürzt werden.

## 6.2 Auslosen des Anstoßes

Vor dem Spiel wirft der Schiedsrichter eine Münze. Das Team, das den Münzwurf gewinnt, darf entscheiden, ob es den Anstoß in der ersten oder zweiten Halbzeit haben möchte.

## 6.3 Anstoß

Der Schiedsrichter legt den Ball auf den Anstoßpunkt. Das Team, das Anstoß hat, platziert den Roboter etwa eine Handbreit vom Ball entfernt in der eigenen Spielhälfte. Das andere Team platziert den Roboter so, dass mindestens ein Teil des Roboters den Filzteppich innerhalb des eigenen Strafraums berührt. Die weiße Linie zählt zum Strafraum.

Das Spiel startet mit dem Startsignal (z. B. Pfiff) des Schiedsrichters. Danach müssen alle Roboter sofort gestartet werden.

Roboter, die nicht sofort starten, werden als beschädigt klassifiziert und für 30 Sekunden vom Spielfeld entfernt. Ebenso werden Roboter, die vor dem Startsignal starten, als beschädigt klassifiziert.

## 6.4 Tor

Ein Tor wurde erzielt, wenn der Ball an der Rückwand eines Tores anschlägt. Eigentore zählen als Tor für das gegnerische Team.

Das Team, das kein Tor erzielt hat, hat Anstoß. Es gelten die gleichen Anstoßregeln wie zu Beginn des Spiels

## 6.5 Ball im Toraus

Schlägt der Ball an der Bande neben einem Tor an, legt der Schiedsrichter den Ball auf den Anstoßpunkt. Das Spiel läuft ohne Unterbrechung weiter.

## 6.6 Roboter verhakt

Haben sich die Roboter miteinander verhakt, kann der Schiedsrichter sie mit minimalem Aufwand voneinander trennen.

## 6.7 Reset

„Reset“ wird vom Schiedsrichter gerufen, wenn der Spielball zwischen den Robotern bzw. zwischen Robotern und der Spielfeldbande festhängt und sich die Situation nicht von selbst und auch nicht durch minimalem Eingriff des Schiedsrichters auflöst.

Hängt ein Roboter alleine an der Bande oder einem Tor fest, so gibt es keinen Reset. Wenn aus anderen Gründen ein Reset ausgerufen wird, darf dieser Roboter aber wieder versetzt werden.

Beim Reset werden alle Roboter in den eigenen Strafraum versetzt. Mindestens ein Teil des Roboters muss den Filzteppich innerhalb des eigenen Strafraums berühren.

Die Roboter müssen nicht ausgeschaltet werden. Das Programm muss nicht beendet werden. Roboter können am Griff festgehalten werden.

Der Schiedsrichter rollt den Ball von der Seitenbande Richtung Mittelpunkt ein und pfeift das Spiel wieder an. Mit dem Pfiff dürfen die Roboter gestartet/losgelassen werden. Roboter die zu früh oder nicht starten, gelten als beschädigt.

### **6.8 Foul**

Beschädigt ein Roboter den gegnerischen Roboter z. B. durch einen sich dauernd bewegenden Kicker, so ruft der Schiedsrichter „Foul“. Der foulende Roboter wird als beschädigt klassifiziert. Der gefoulte Roboter darf repariert werden, ohne als beschädigt zu gelten.

Fällt ein Roboter durch den Kontakt mit dem gegnerischen Roboter um, wird er vom Schiedsrichter aufgerichtet. Fällt ein Roboter aus eigenem Verschulden oder durch Kontakt mit der Bande oder einem Tor um, so wird er als beschädigt klassifiziert.

### **6.9 Beschädigter Roboter**

Roboter gelten als beschädigt, wenn sie in ihrer Funktionsweise eingeschränkt sind oder nicht auf den Ball reagieren.

Nur auf Anordnung des Schiedsrichters werden beschädigte Roboter vom Spielfeld entfernt. Berührt ein Teammitglied den eigenen Roboter ohne Anordnung des Schiedsrichters, so wird der Roboter als beschädigt klassifiziert.

Beschädigte Roboter bleiben für mindestens 30 Sekunden außerhalb des Spielfelds oder so lange, bis ein Tor fällt.

Beschädigte Roboter müssen repariert werden. Dabei darf auch die Programmierung verändert werden. Wenn ein Roboter nicht repariert werden kann, so wird er für den Rest der Halbzeit ausgeschlossen.

Ein reparierter Roboter darf nur mit der Erlaubnis des Schiedsrichters auf das Spielfeld gesetzt werden. Der Roboter muss dabei so eingesetzt werden, dass mindestens ein Teil den Filzteppich innerhalb des eigenen Strafraums berührt.

### **6.10 Schiedsrichter**

Entscheidungen des Schiedsrichters sind endgültig.

Wenn Teammitglieder eine Regelklarstellung wünschen, müssen sie unmittelbar nach der strittigen Situation „Auszeit“ rufen. Die Zeit wird dann angehalten. Wenn der Schiedsrichter nach Anhörung beider Teams die Situation neu bewertet hat, wird keine weitere Diskussion akzeptiert.

Team-Coaches dürfen sich in die Regeldiskussion nicht einmischen.

Videobeweise werden nicht akzeptiert.

Verstößt ein Team oder Team-Coach gegen das Fair Play, so kann das Team vom Wettbewerb ausgeschlossen werden.

## **7. Wettbewerbsmodus**

### **7.1 Tabelle**

Die Teams treten in einer Tabelle gegeneinander an. Jeder spielt gegen jeden.

### **7.2 Punkte**

Für ein gewonnenes Spiel gibt es 3 Punkte, für ein verlorenes Spiel 0 Punkte. Bei einem Unentschieden erhalten beide Teams 1 Punkt.

### **7.3 Tordifferenz**

Bei Punktgleichstand zwischen Team zählt die bessere Tordifferenz. Ist auch diese gleich zählt die höhere Anzahl der erzielten Tore. Herrscht auch hier Gleichstand, so zählt der direkte Vergleich der beiden Teams.

### **7.4 Entscheidungsspiel**

Herrscht nach Punkten, Toren und dem direkten Vergleich noch immer Gleichstand zwischen zwei Teams, so kann ein Entscheidungsspiel angesetzt werden.

Dieses Regelwerk entstand in Anlehnung an die Football-Kategorie der World Robot Olympiad. Wir danken Technik begeistert e. V. für die Erlaubnis!

## Teil 2 – Grundlagen

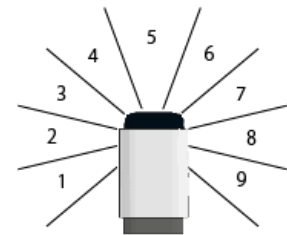
### 1. Sensoren

#### 1.1 Erkennen des Balls

Der HiTechnic Infrared Electronic Ball (IRB 1005) sendet durch seine 20 Infrarot-LEDs ein gleichmäßiges IR-Licht in alle Richtungen aus. Für den Betrieb sind vier Batterien vom Typ AAA nötig. Der Ball verfügt über einen Ein/Aus-Schalter und eine Status-LED, die bei eingeschaltetem Ball grün leuchtet. Wenn die LED rot leuchtet, ist die Batteriespannung schwach.



Der HiTechnic IR-Seeker-Sensor kann durch die eingebauten IR-Detektoren erkennen, aus welcher Richtung das IR-Licht kommt. Der Sensor gibt entsprechend eine Zahl zwischen 1 und 9 aus. Ist der Ball nicht zu erkennen, z. B. weil der Ball hinter dem Roboter liegt, ist die ausgegebene Zahl 0.



Außerdem kann der Sensor die Signalstärke erkennen. Die ausgegebenen Zahlen liegen zwischen 0 (= kein IR-Signal) und 255 (= maximales IR-Signal).

#### 1.2 Die richtige Richtung

Damit der Roboter in die richtige Richtung spielt, muss er diese zuverlässig erkennen. Hierfür bietet sich der Kompass-Sensor von HiTechnic an. Dieser Sensor misst das Erdmagnetfeld und teilt es in 360 Gradschritte ein. Die 0 entspricht Norden, 180 liegt dem entsprechend im Süden. Für die Verwendung in einem Fußball-Roboter ist praktisch, dass man jede beliebige Richtung als Bezugswert einstellen kann. Richtet man den Roboter beim Spielstart auf das gegnerische Tor aus, so erkennt er während des Spiel automatisch Abweichungen von der Norm und kann diese korrigieren.

### 2. Bewegung mit Omniwheels

Omiwheels oder Allseitenräder sind spezielle Räder, die sich auf ihrer Achse wie normale Räder verhalten. Durch die in den Laufflächen angebrachten Rädchen, die senkrecht zur Laufrichtung des ganzen Rades eingebaut sind, lassen sich die Omniwheels jedoch ohne großen Widerstand quer zur Laufrichtung schieben, ohne zu blockieren. Roboter, die mit mindestens drei Omniwheels ausgestattet sind, haben so eine uneingeschränkte Beweglichkeit in alle Richtungen.

Ein sehr einfaches Konzept für die Bewegung eines Roboters mit Omniwheels basiert auf der Bewegung entlang der drei Achsen (1,2,3):

Entlang der Achse 1 kann der Roboter vorwärts oder rückwärts fahren, wenn sich die Motoren A und B bewegen. Der Motor C ist dabei in Ruhe oder korrigiert nur, falls der Roboter von der richtigen Richtung abweicht.

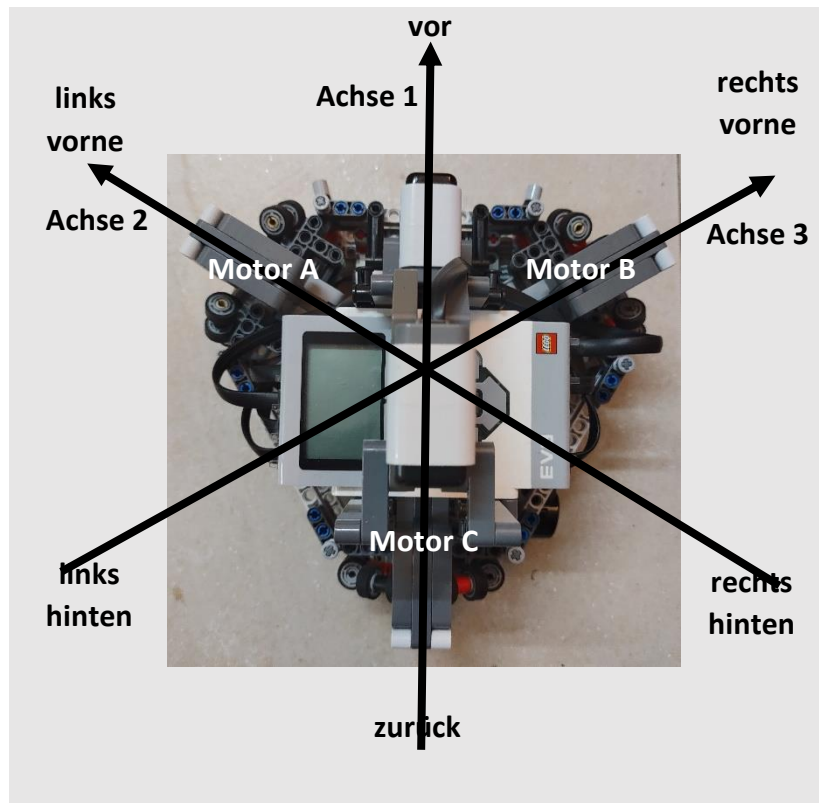
Entlang der Achse 2 kann der Roboter schräg nach links vorne oder rechts hinten fahren, wenn sich die Motoren B und C bewegen. Der Motor A ist in Ruhe oder korrigiert.

Entlang der Achse 3 kann der Roboter schräg nach rechts vorne oder links hinten fahren, wenn sich die Motoren C und A bewegen. Der Motor B ist in Ruhe oder korrigiert.

Es gibt also sechs Richtungen, in die der Roboter fahren kann: vor, zurück, links vorne, rechts vorne, links hinten und rechts hinten.

Jetzt gilt es, dem Roboter beizubringen, dahin zu fahren, wo der Ball ist. Dazu benötigt man den Wert des IR-Seeker-Sensors.

- 0 Der Ball liegt wahrscheinlich hinter dem Roboter. => rückwärts
- 1,2 Der Ball liegt links hinter dem Roboter. => rückwärts
- 3 Der Ball liegt links neben dem Roboter. => links hinten
- 4 Der Ball liegt links vor dem Roboter. => links vorne
- 5 Der Ball liegt vor dem Roboter. => vorwärts
- 6 Der Ball liegt rechts vor dem Roboter. => rechts vorne
- 7 Der Ball liegt rechts neben dem Roboter. => rechts hinten
- 8,9 Der Ball liegt rechts hinter dem Roboter. => rückwärts



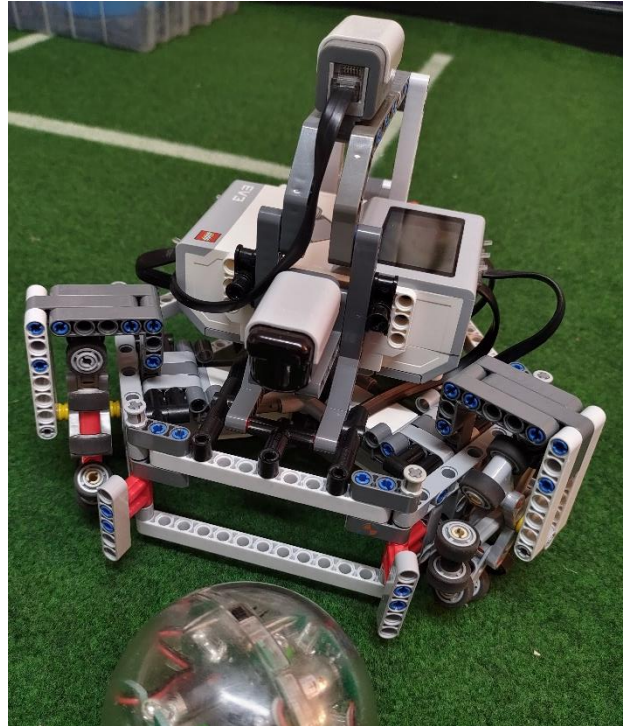


## Teil 3 – Anleitung

### 1. Der Roboter

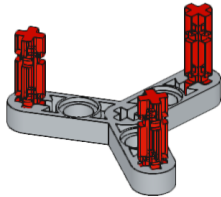
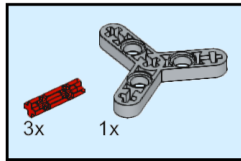
Der Roboter wird aus LEGO-Teilen gebaut. Teile, die nicht in ausreichender Zahl vorhanden sind, können leicht über Internetmarktplätze, wie z. B. [www.bricklink.com](http://www.bricklink.com) bezogen werden. (Teileliste siehe Anhang 1)

Die beiden HiTechnic-Sensoren für die Orientierung am Erdmagnetfeld und das Erkennen des IR-Balls werden zusätzlich benötigt.

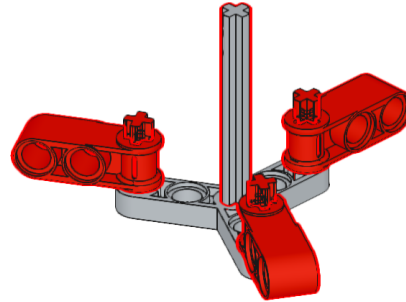
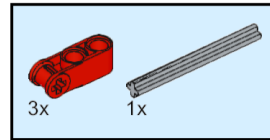


Bauanleitung Omniwheel (3x)

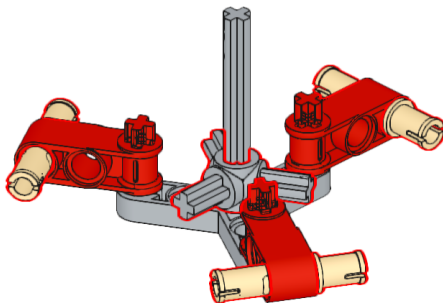
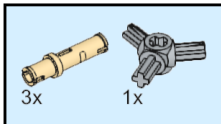
1



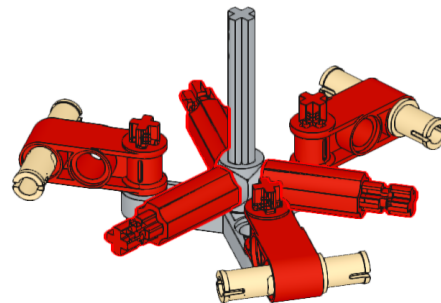
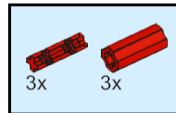
2



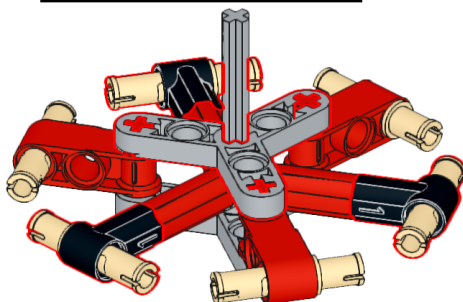
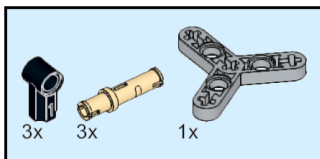
3



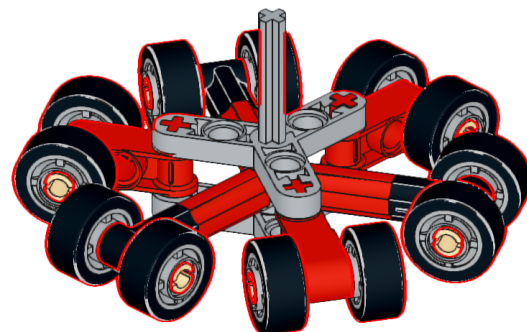
4



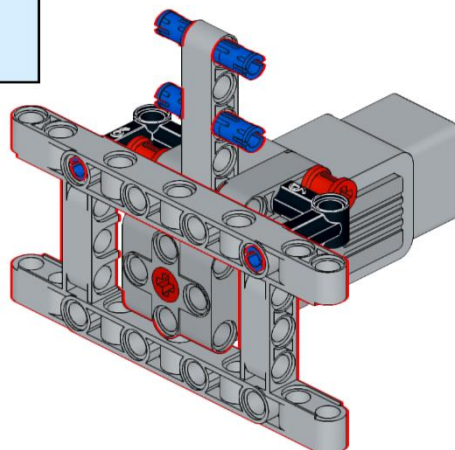
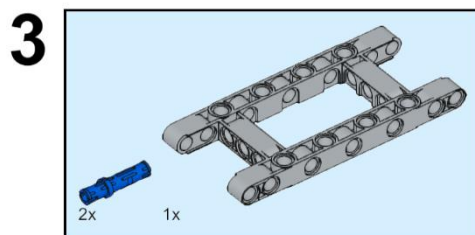
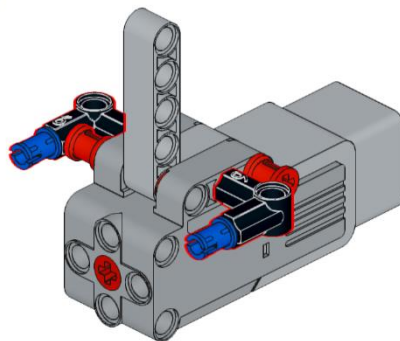
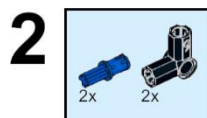
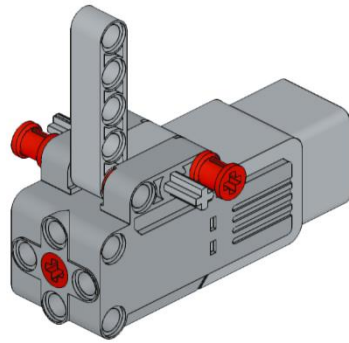
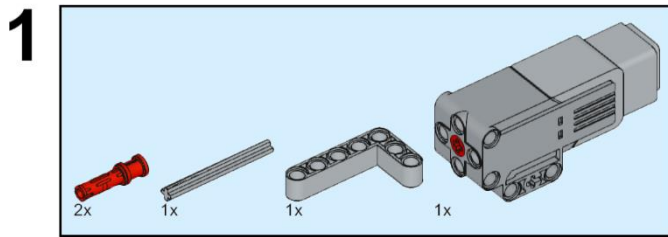
5



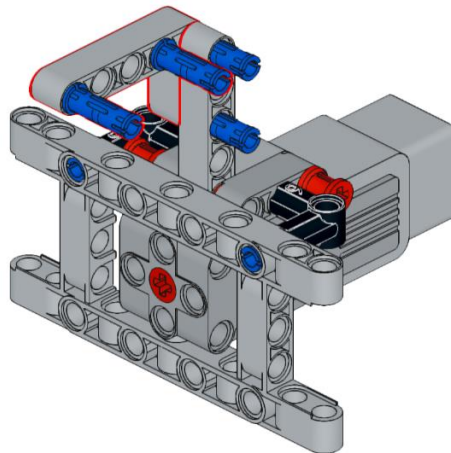
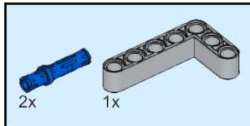
6



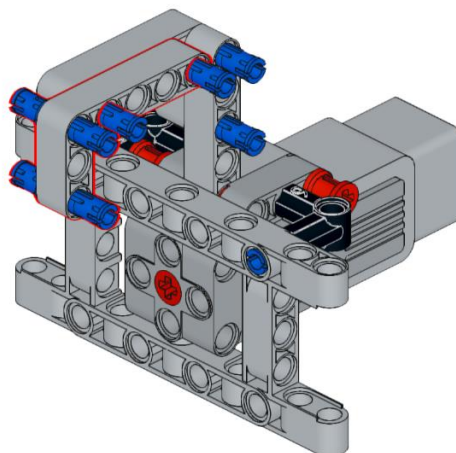
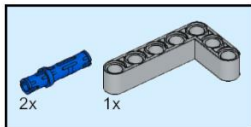
Bauanleitung Motormodul (3x)



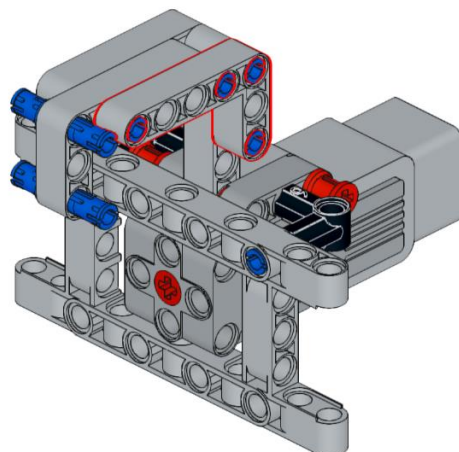
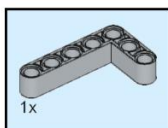
4



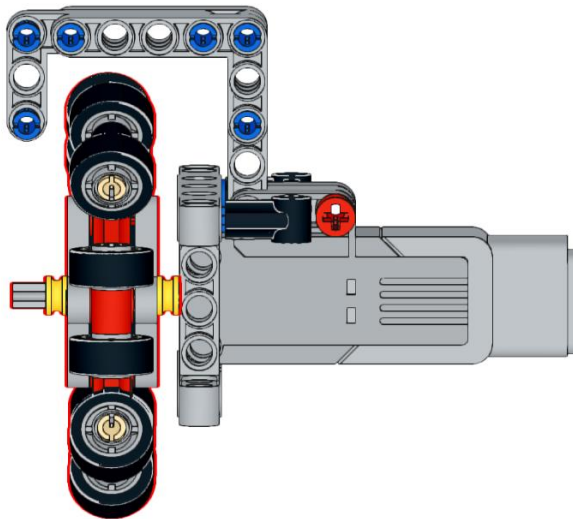
5



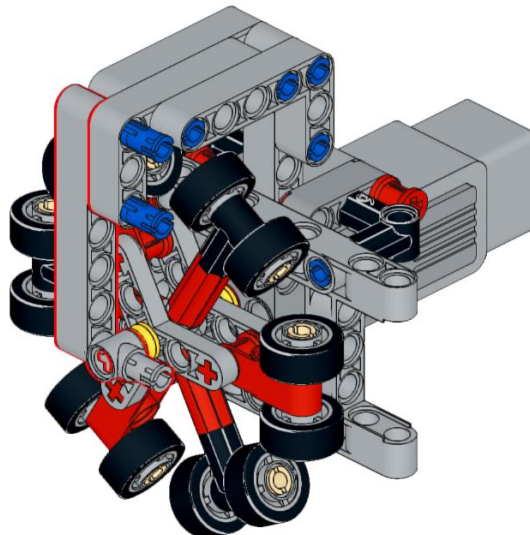
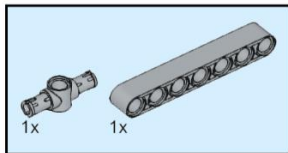
6



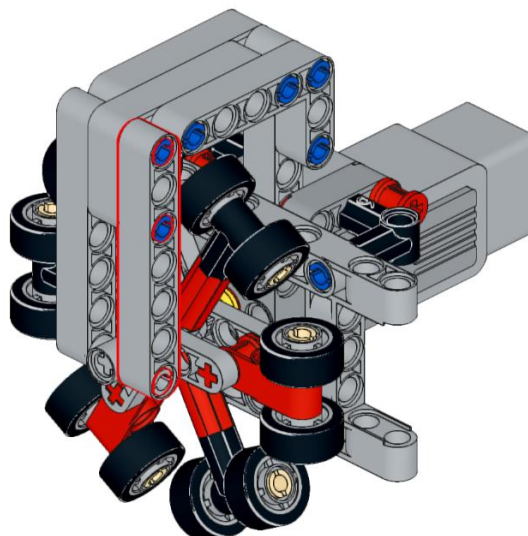
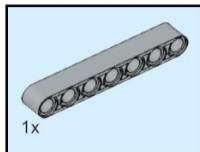
7



8



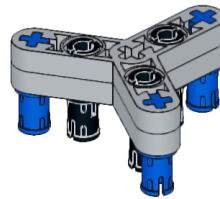
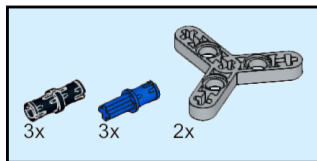
9



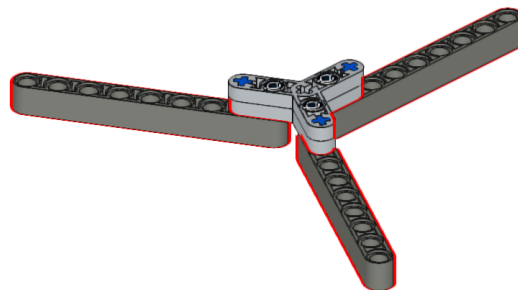
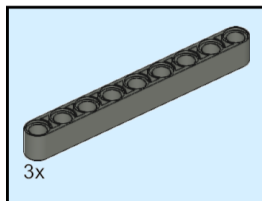


Bauanleitung Untere Streben:

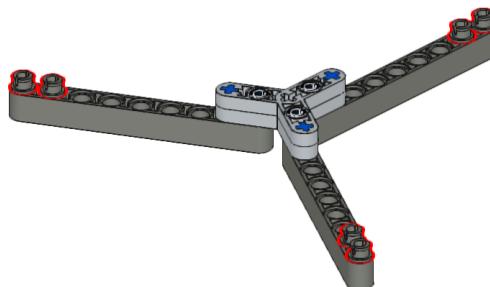
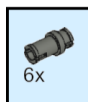
1



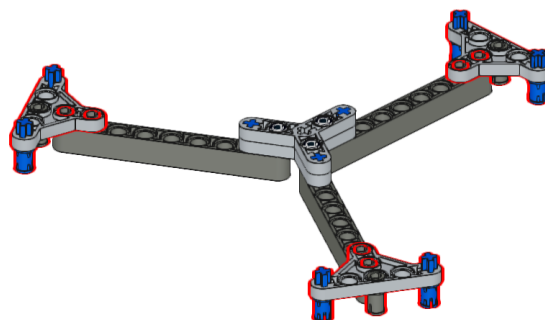
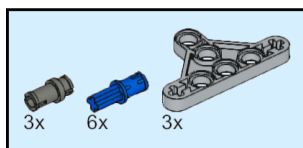
2



3

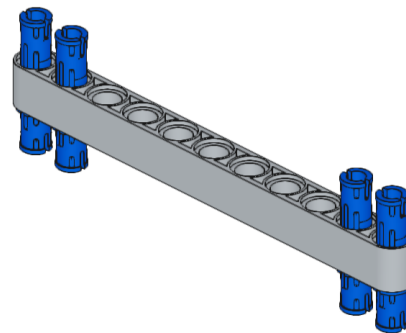
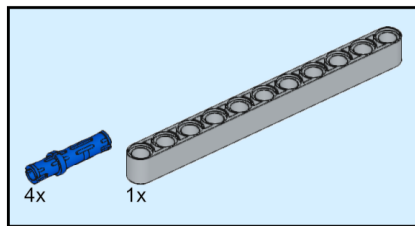


4

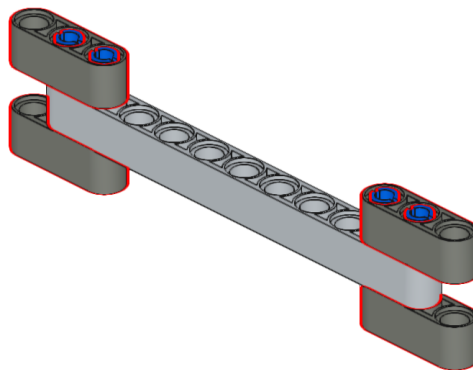
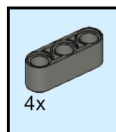


# Bauanleitung Seitenverbinder (3x)

1

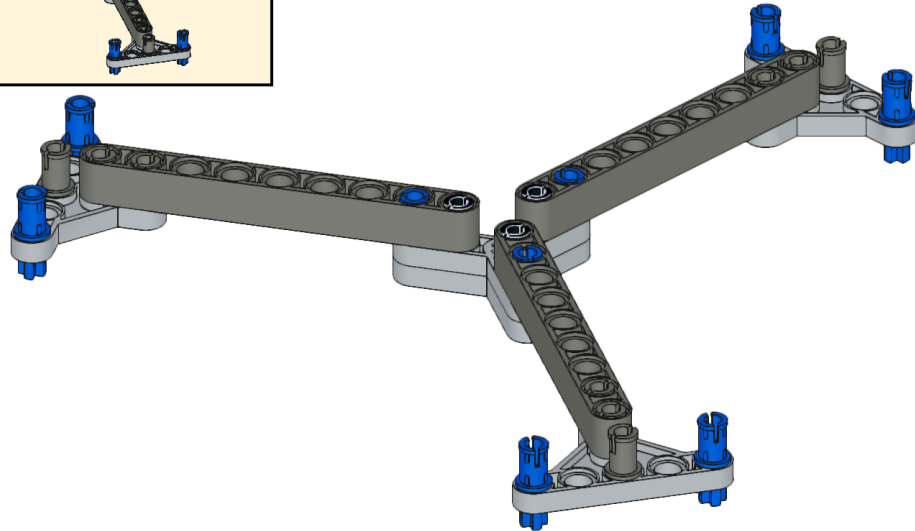
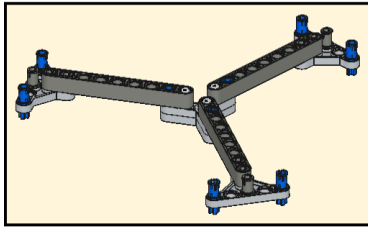


2

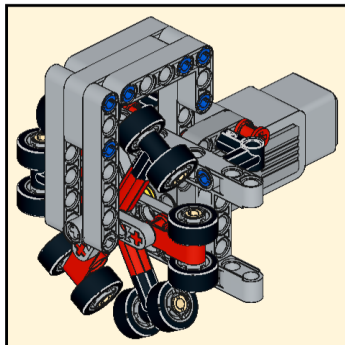


## Bauanleitung Fahrgestell

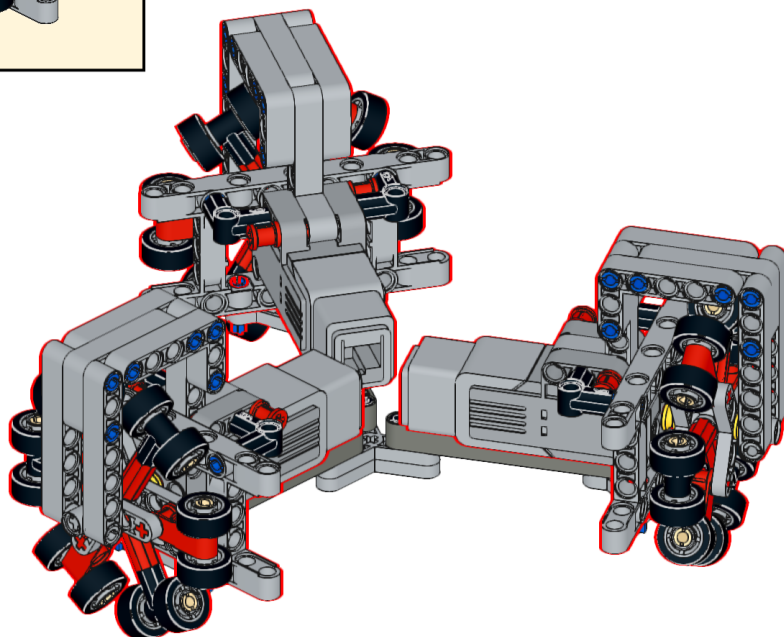
1



2

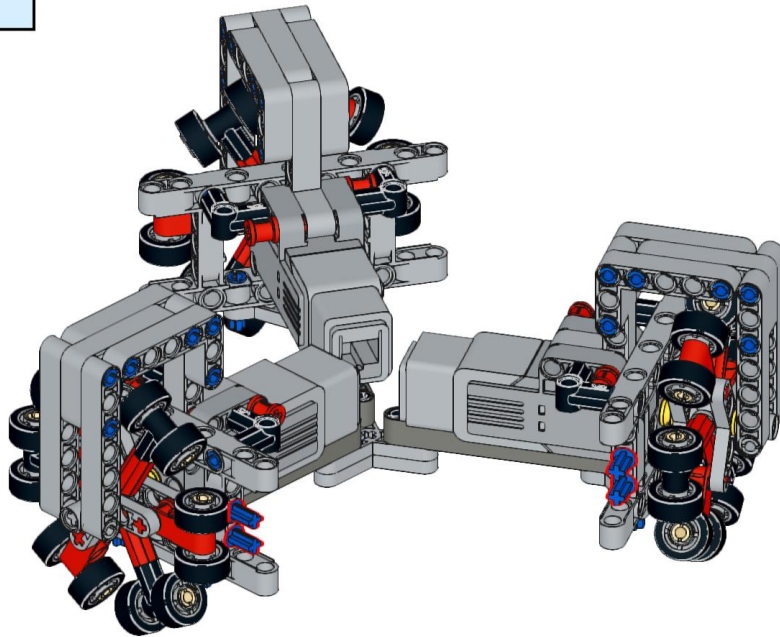
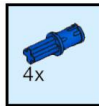


3x

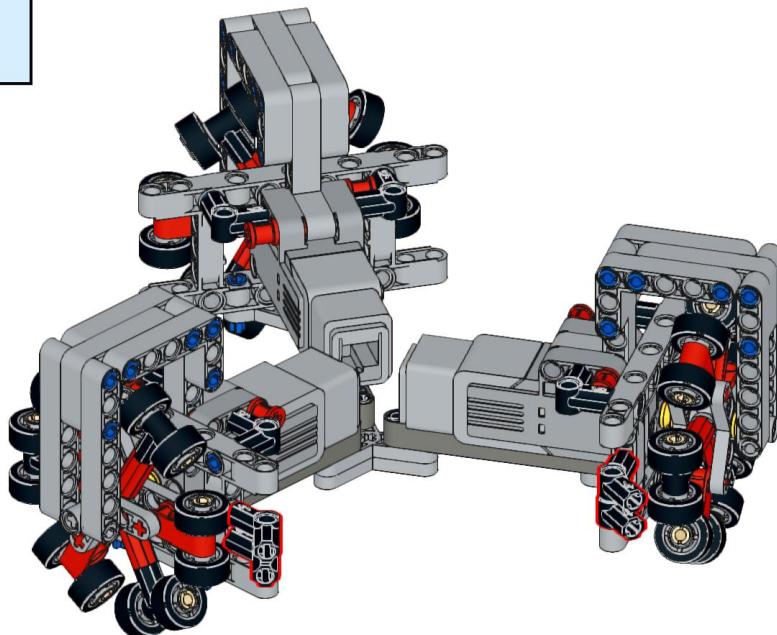




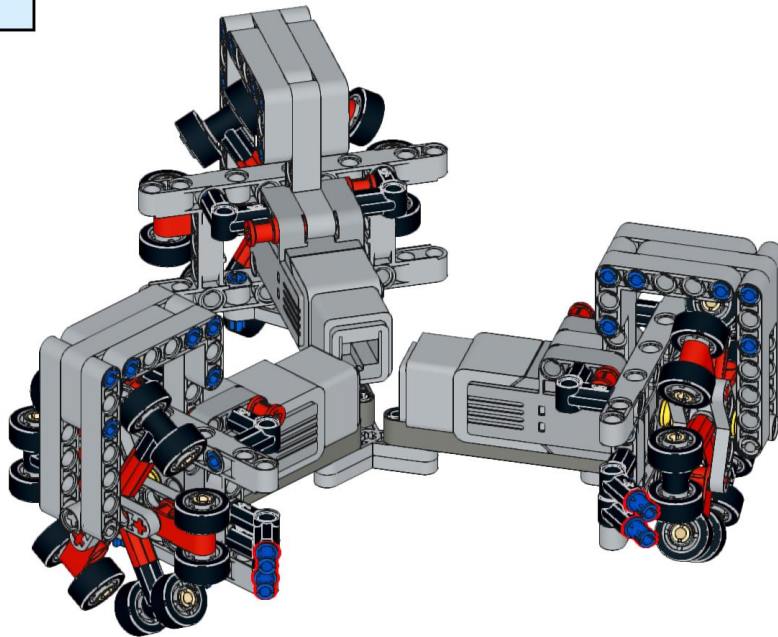
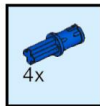
3



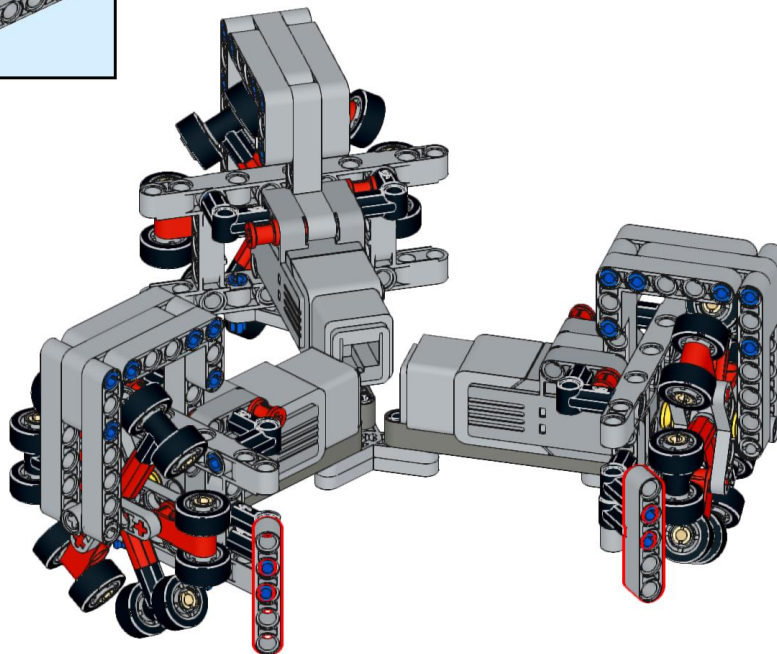
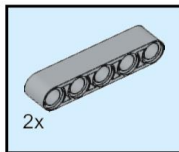
4



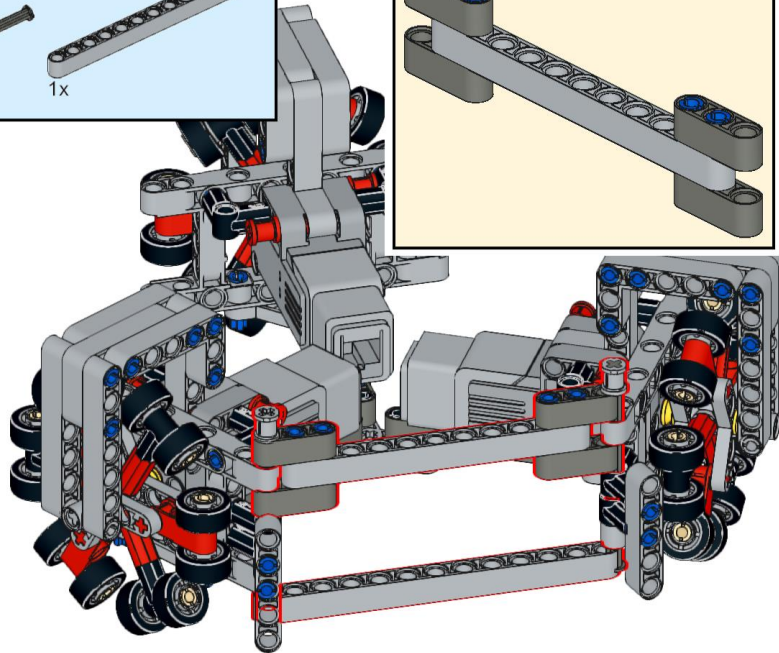
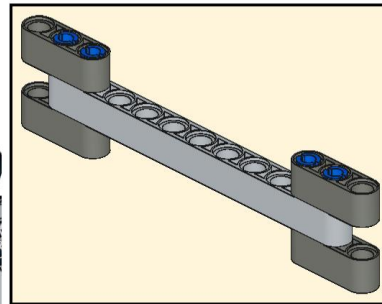
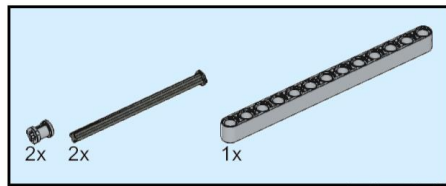
5



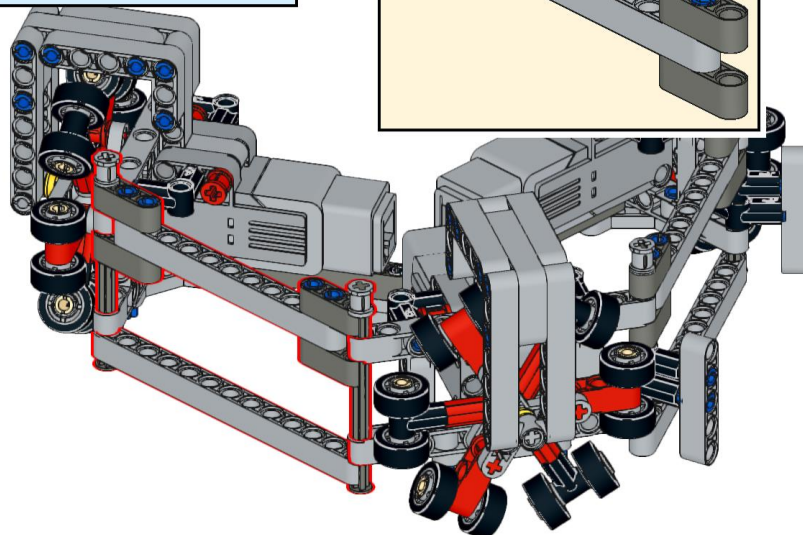
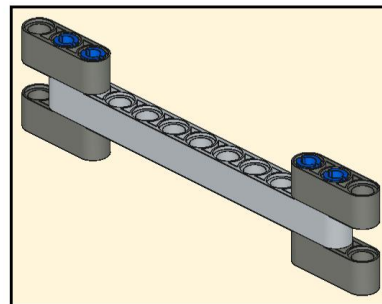
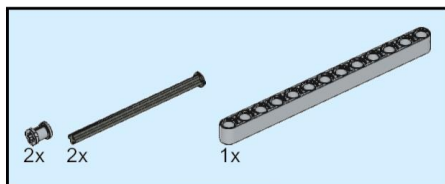
6



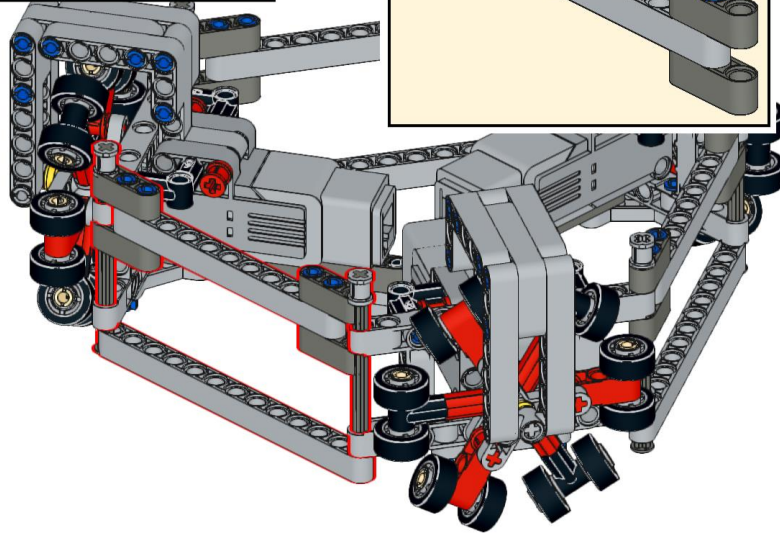
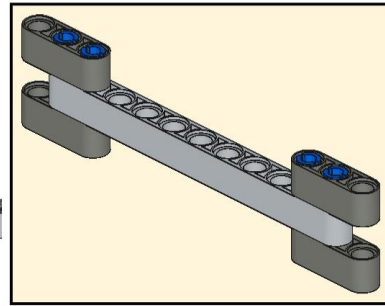
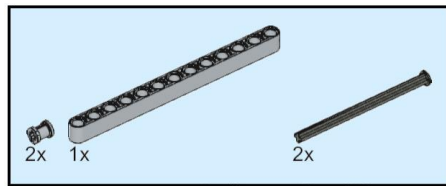
7



8

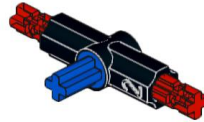
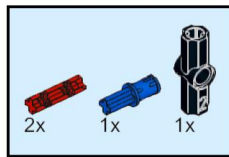


9

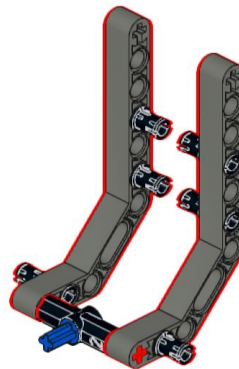
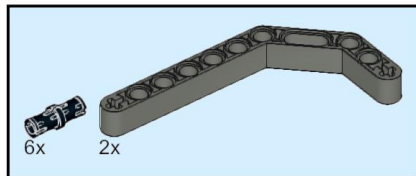


## Bauanleitung Sensormodul

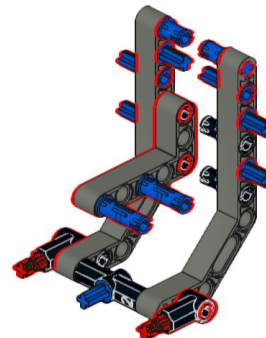
1



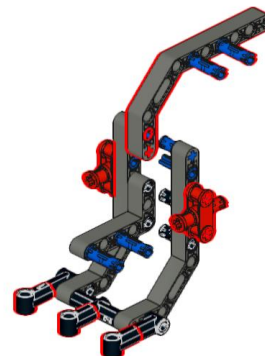
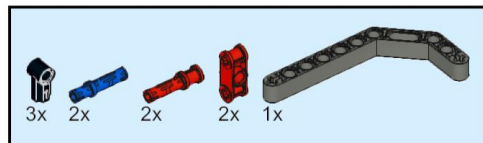
2



3

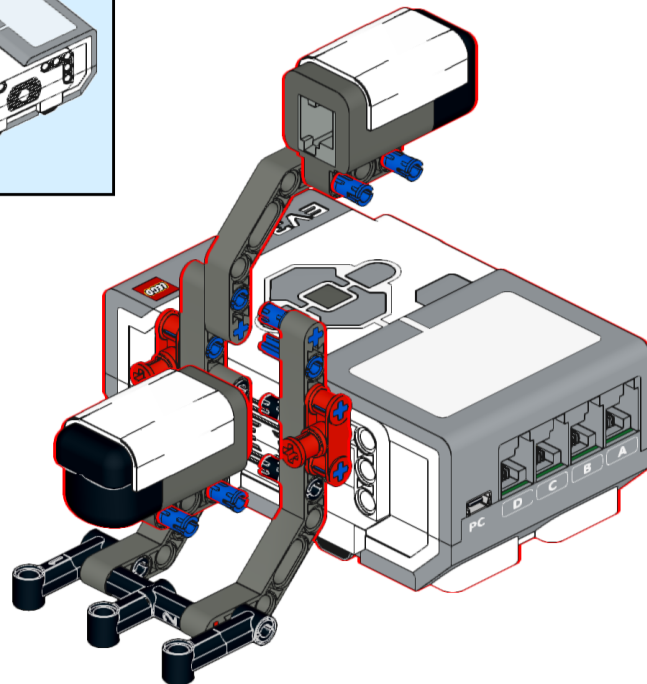
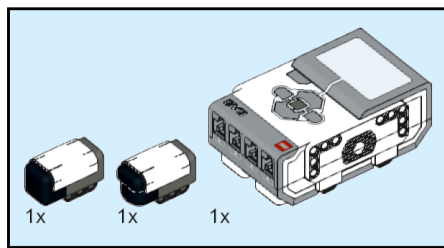


4

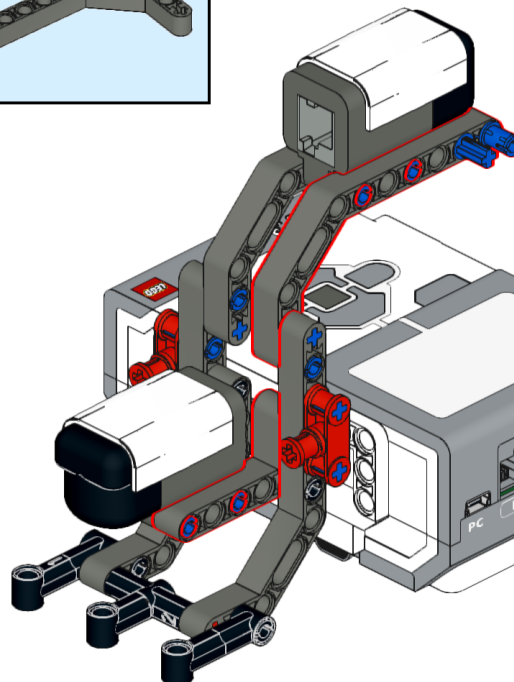
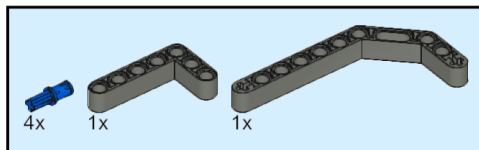




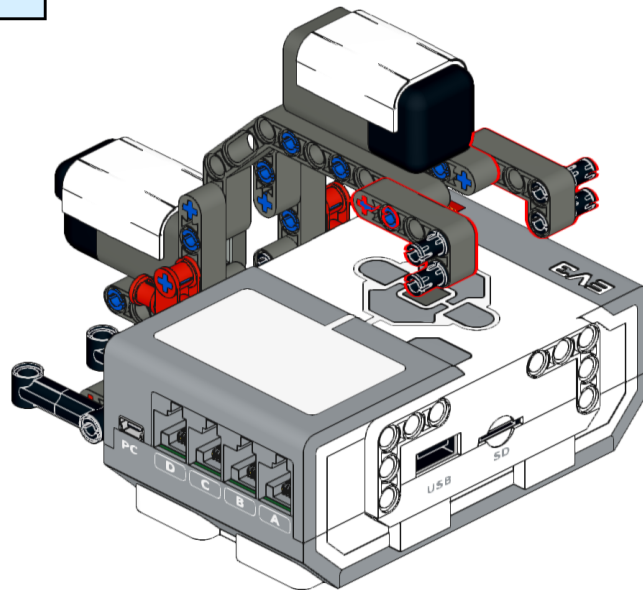
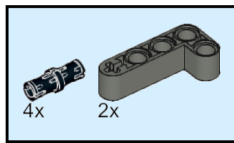
5



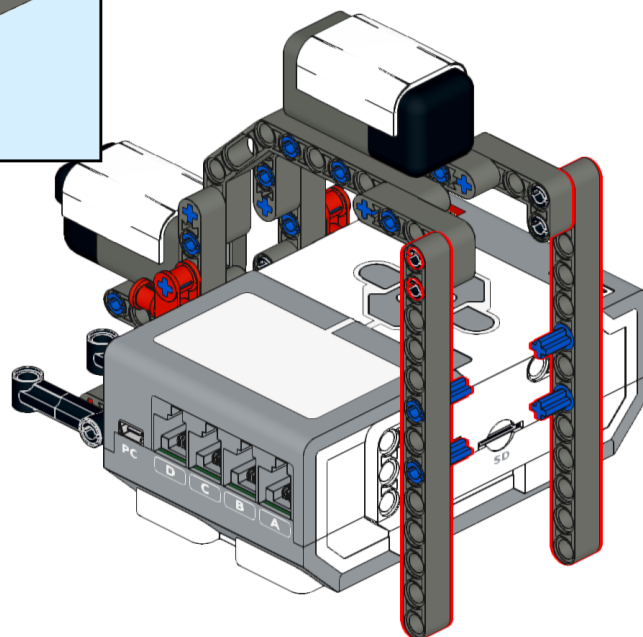
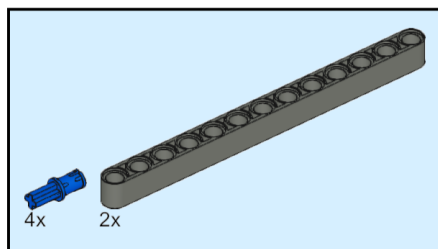
6



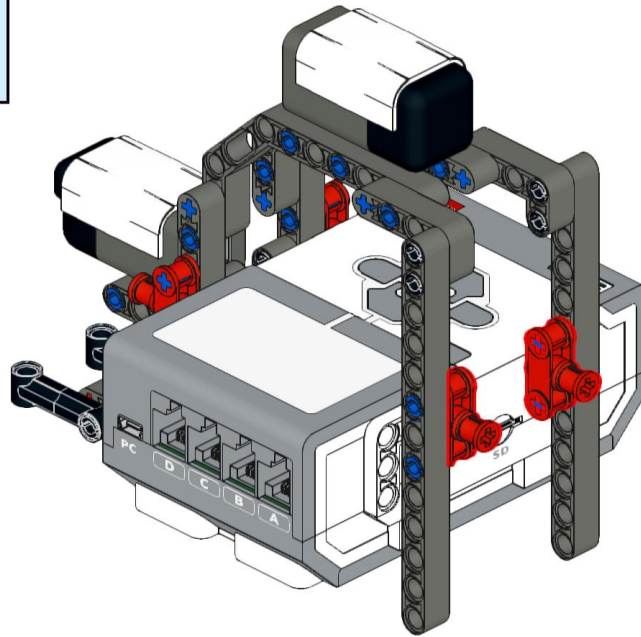
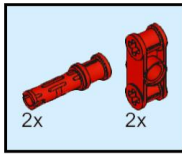
7



8



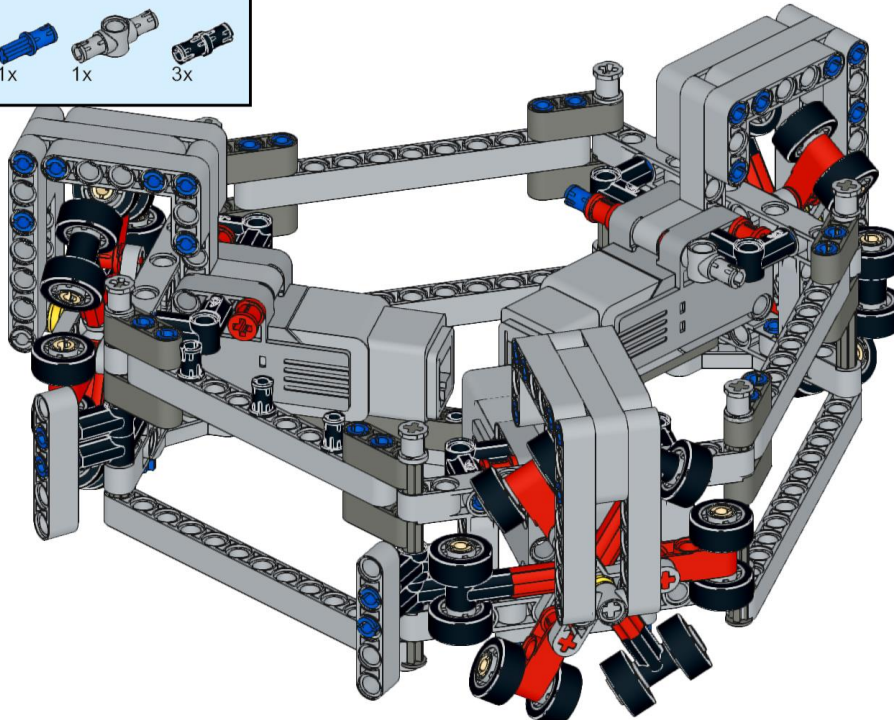
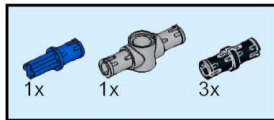
9



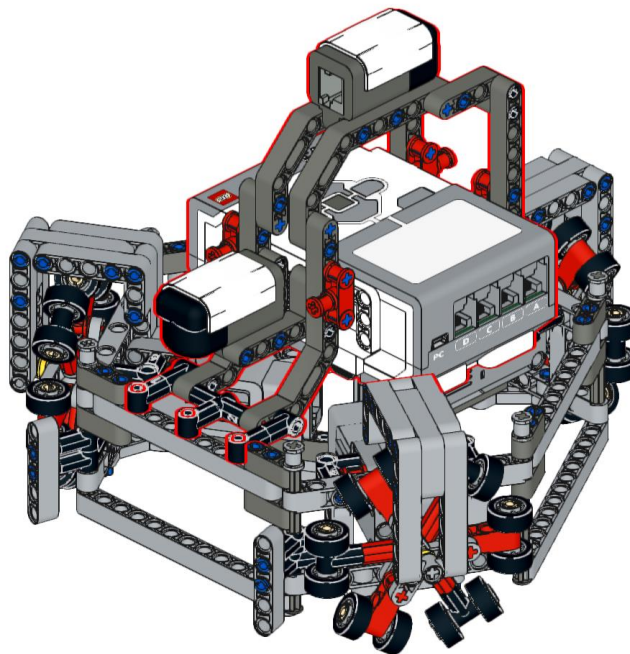
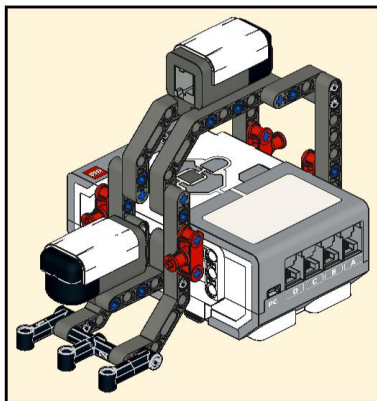


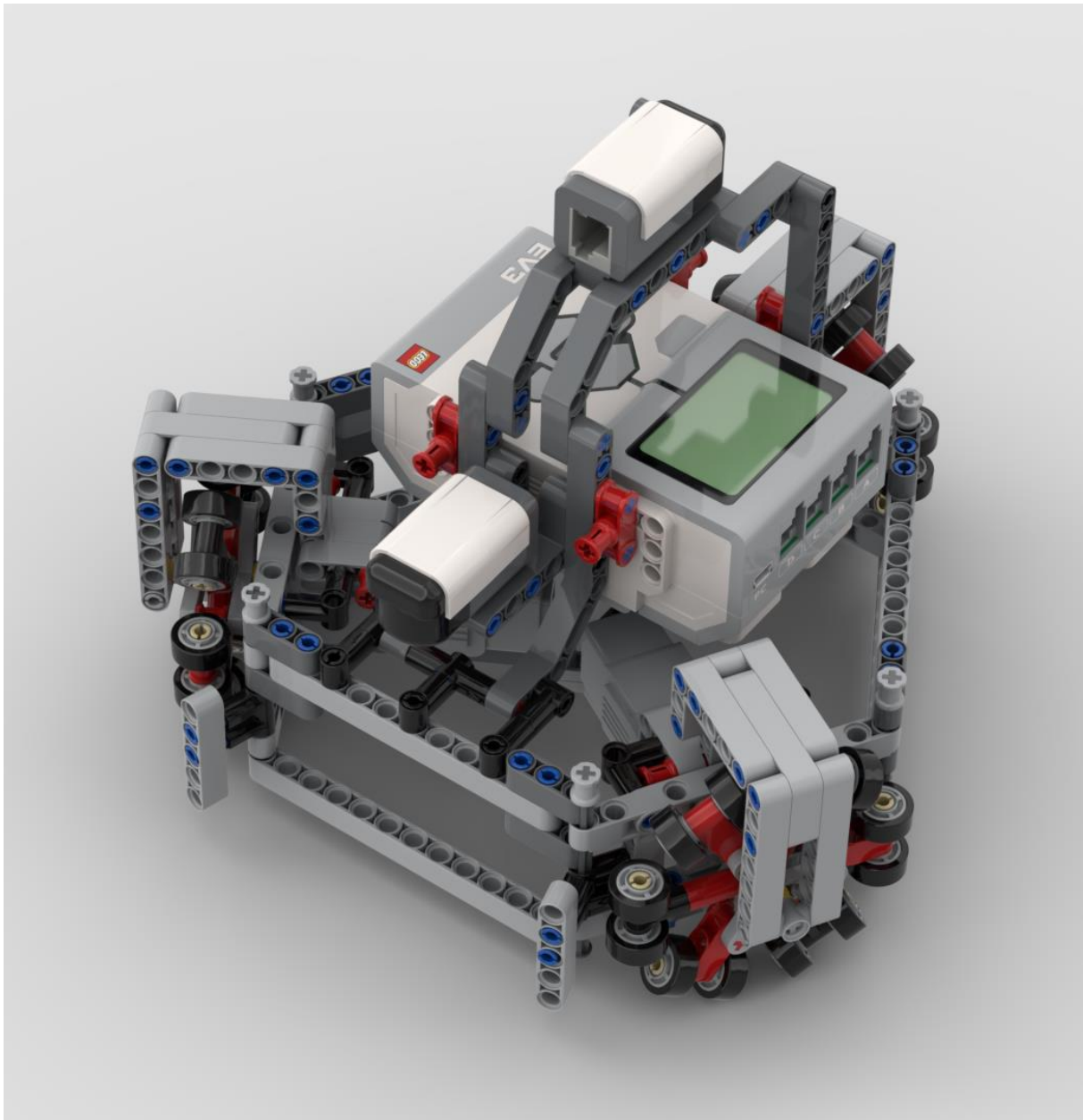
Bauanleitung Endmontage

1



2

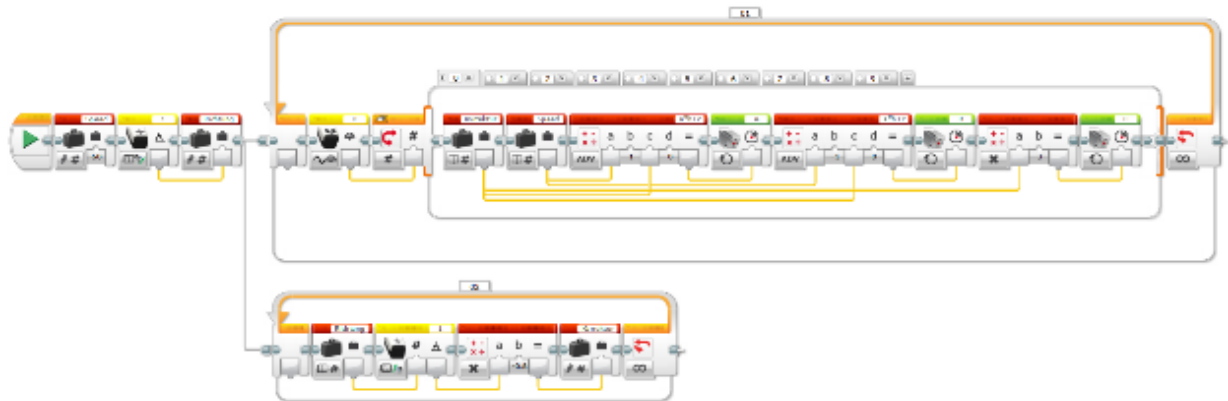




## 2. Die Programmierung

Die Programmierung des Fußball-Roboters muss in der „alten“ EV3-Software erfolgen, da nur hier die Einbindung der HiTechnic-Sensoren möglich ist.

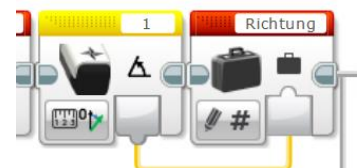
Die Abbildung zeigt die grundlegende Programmierung, die für einfache Fußball-Roboter völlig ausreichend ist.



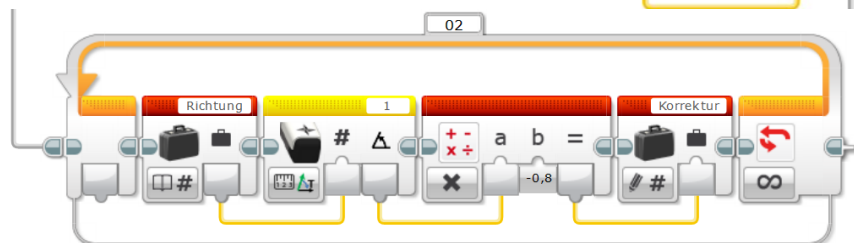
Der erste Block nach dem Startblock legt die Grundgeschwindigkeit für alle drei Motoren als Variable *Speed* fest. Damit kann die Geschwindigkeit des Roboters jederzeit schnell angepasst werden, ohne an mehreren Stellen das Programm verändern zu müssen.



Die Blöcke zwei und drei messen die Ausrichtung des Roboters beim Start und speichern diese in der Variable *Richtung*. Dadurch kann der Roboter während des ganzen Spiels die Grundrichtung zum gegnerischen Tor halten.



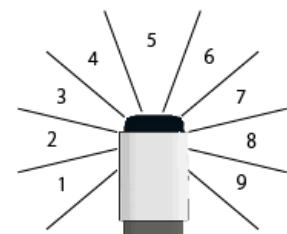
Der Nebentask mit der Schleife 02 überprüft dauernd die Abweichung der aktuellen Ausrichtung des Roboters zur anfänglichen



Grundrichtung. Durch den

Korrekturfaktor von -0,8 wird aus der Abweichung der Korrekturwert, der in der Variable *Korrektur* gespeichert wird.

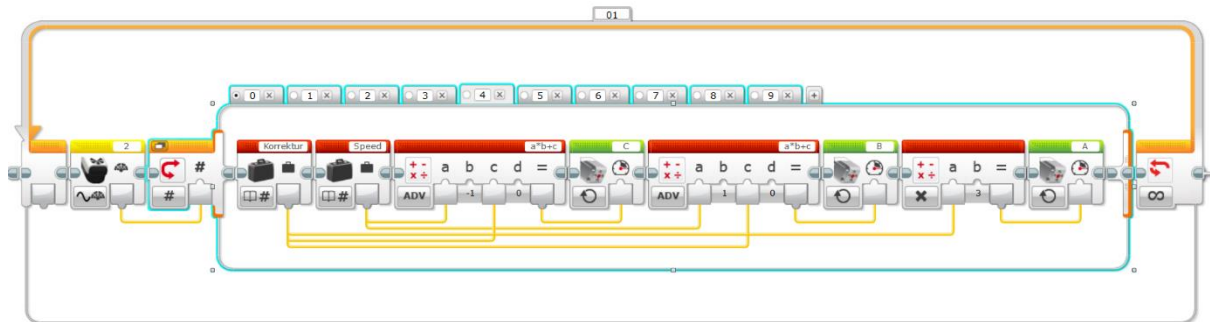
Der Haupttask mit der Schleife 01 steuert die drei Motoren in Abhängigkeit von der vom IR-Seeker vorgegebenen Richtung.





### Links vorne und rechts hinten

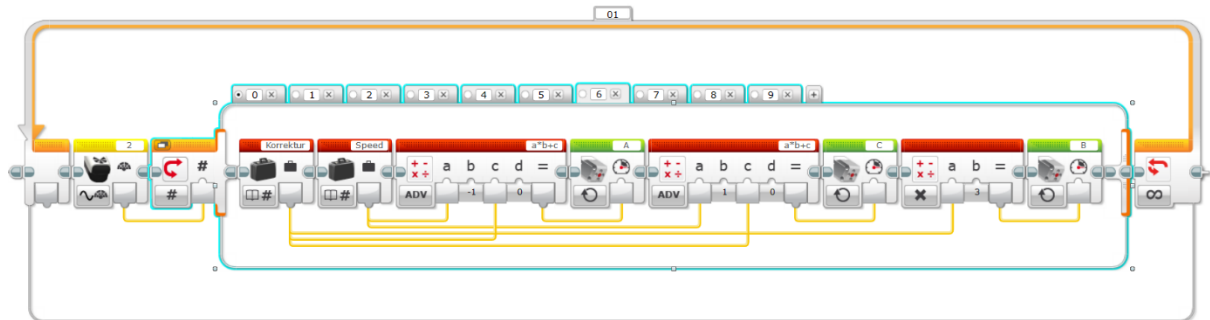
Die Bewegung nach links vorne und rechts hinten erfolgt an der Achse 2 des Roboters. Jetzt müssen die Motoren B (rechts) und C (hinten) für den Antrieb sorgen, während der Motor A (links) korrigiert.



Die Abbildung zeigt die Einstellungen für die Bewegung nach links vorne. Für die Fahrt nach rechts hinten tauschen nur wieder die Zahlen +1 und -1 die Positionen.

### Rechts vorne und links hinten

Die Bewegung nach rechts vorne und links hinten erfolgt an der Achse 3 des Roboters. Jetzt müssen die Motoren A (links) und C (hinten) für den Antrieb sorgen, während der Motor B (rechts) korrigiert.























Die Abbildung zeigt die Einstellungen für die Bewegung nach rechts vorne. Für die Fahrt nach links hinten tauschen nur wieder die Zahlen +1 und -1 die Positionen.

### Troubleshooting











Sollte der Roboter nicht das tun, was er soll, kann mit leichten Veränderungen der Variable *Speed* bzw. Anpassungen des Korrekturfaktors für die Richtungsabweichung (-0,8) experimentiert werde













## Anhang 1 – Liste der LEGO-Teile

	Technic, Pin 3/4 32002 Dark Bluish Gray	9		Technic Bush 1/2 Smooth 4265c Yellow	6
	Technic, Liftarm, Modified Bent Thick 1 x 11.5 Double 32009 Dark Bluish Gray	4		Technic, Pin with Friction Ridges 2780 Black	16
	Technic, Axle and Pin Connector Angled #1 32013 Black	14		Technic, Liftarm, Modified Bent Thick L-Shape 3 x 5 32526 Dark Bluish Gray	2
	Technic, Axle and Pin Connector Angled #6 - 90 degrees 32014 Black	6		Technic, Liftarm, Modified Bent Thick L-Shape 3 x 5 32526 Light Bluish Gray	12
	Technic, Axle and Pin Connector Angled #2 - 180 degrees 32034 Black	1		Technic, Axle and Pin Connector Perpendicular 3L with Center Pin Hole 32184 Red	4
	Technic, Pin 3L with Friction Ridges and Stop Bush 32054 Red	10		Technic, Pin 3L with Friction Ridges 6558 Blue	34
	Technic, Axle 2L Notched 32062 Red	22		Technic, Axle and Pin Connector Angled #4 - 135 degrees 32192 Black	4
	Technic, Axle 5L 32073 Light Bluish Gray	6		Technic, Liftarm Thick 1 x 5 32316 Light Bluish Gray	2
	Technic, Liftarm, Modified Bent Thick L-Shape 2 x 4 32140 Dark Bluish Gray	2		Technic, Liftarm Thick 1 x 3 32523 Dark Bluish Gray	12
	Technic Bush 3713 Light Bluish Gray	6		Technic, Pin 3L without Friction Ridges 32556 Tan	18



	Technic, Liftarm Thick 1 x 7 32524 Light Bluish Gray	6
	Technic, Liftarm Thick 1 x 11 32525 Light Bluish Gray	3
	Technic, Liftarm Thick 1 x 9 40490 Dark Bluish Gray	3
	Technic, Axle 1L with Pin with Friction Ridges 43093 Blue	41
	Technic, Liftarm, Modified Rotor Thin 3 Blade 44374 Light Bluish Gray	8
	Technic, Axle and Pin Connector Perpendicular 3L with 2 Pin Holes 42003 Red	9
	Wheel 11mm D. x 8mm with Center Groove 42610 Light Bluish Gray	36
	Technic, Liftarm Thick 1 x 13 41239 Dark Bluish Gray	2
	Technic, Liftarm Thick 1 x 13 41239 Light Bluish Gray	3
	Tire 14mm D. x 6mm Solid Smooth 50945 Black	36

	Technic, Axle 8L with Stop 55013 Dark Bluish Gray	6
	Technic, Axle Connector 2L (Smooth with x Hole + Orientation) 6538c Red	9
	Technic, Axle Connector Hub with 3 Axles 57585 Light Bluish Gray	3
	Technic, Liftarm, Modified Frame Thick 5 x 11 Open Center 64178 Light Bluish Gray	3
	Technic, Pin 3L with Friction Ridges and Center Pin Hole 87082 Light Bluish Gray	4
	Technic, Liftarm, Modified Triangle Thin 3 x 5 with Short Supports 99773 Light Bluish Gray	3
	Electric Sensor, Infrared Seeker, Version 2 bb0556 White	1
	Mindstorms EV3 - Complete Brick 95646c01 White	1
	Electric, Motor EV3, Medium 99455 Light Bluish Gray	3
	Electric Sensor, Compass - NXT bb0635 White	1

## Anhang 2 – Bauanleitung Tore

Für den Bau der beiden Tore werden folgende Materialien benötigt:

2 Stück: 486 mm x 140 mm (Rückwand)

2 Stück: 486 mm x 20 mm (Latte)

4 Stück: 80 mm x 140 mm (Seitenwände)

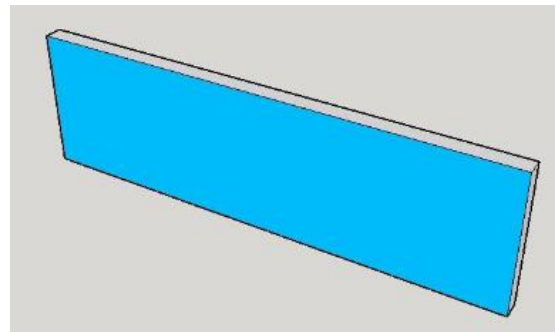
Alle Teile bestehen aus 18 mm starkem Holz.

Für die Lackierung wird Buntlack (seidenmatt) in den Farben Himmelblau und Tiefschwarz verwendet.

Die Teile werden mit Holzleim und Schrauben (3,5 x 35 mm) verbunden.

### Schritt 1

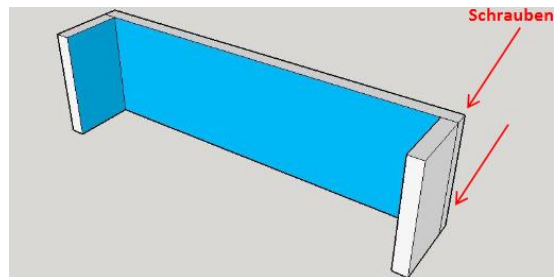
Zuerst werden alle Flächen himmelblau lackiert, die den späteren Torinnenraum bilden. Am Beispiel der Torrückwand sieht das wie folgt aus:



### Schritt 2

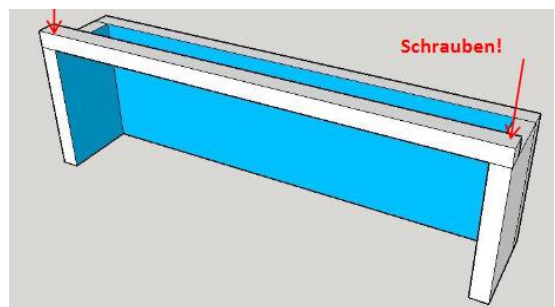
Wenn der blaue Lack getrocknet ist, werden die Tore verleimt und zusammengeschraubt. Hierbei ist empfehlenswert, mit einem 3 mm Holzbohrer vorzubohren, da das Holz sonst splintern kann.

Zuerst werden die Seitenwände mit der Rückwand verleimt und verschraubt. Dabei wird jede Seitenwand von hinten durch die Rückwand mit zwei Schrauben fixiert. Das Ergebnis sieht so aus:



### Schritt 3

Anschließend wird die Latte oben auf die Seitenwände aufgesetzt. Die blau lackierte Fläche zeigt dabei nach unten. Die Latte wird mit zwei Schrauben an den Seitenwänden fixiert:



### Schritt 4

Zuletzt werden alle unlackierten Flächen schwarz lackiert:

