Robotik in der Unterstufe

Eine Einführung in den Unterricht mit LEGO Mindstorms EV3

HOPP FOUNDATION
for computer literacy & informatics

Dieses Skript wurde auf Basis des Robotik Einführungs-Workshops der Hopp Foundation entwickelt. Es soll als Einführung und Nachschlagewerk für Lehrkräfte dienen, welche noch keine oder nur geringe Erfahrungen im Umgang mit dem LEGO Mindstorms EV3 gesammelt haben und diesen gerne im Unterricht oder in einer AG einsetzen würden.
Neben dem Kennenlernen grundlegender informatischer Konzepte und Denkweisen bietet der Unterricht mit dem EV3 Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit ihre eigenen kreativen Ideen umzusetzen und Roboter nach ihrer Vorstellung zu konstruieren. Im Vordergrund soll hierbei der Spaß an Informatik und dem Umgang mit Robotern stehen.
Zunächst erfolgt eine Einführung in die Programmierumgebung des EV3s. Aufbauend auf den Funktionalitäten des EV3-Steins werden die Motoren genauer behandelt. Anschließend werden die im EV3-Education-Set enthaltenen Sensoren nacheinander vorgestellt. Daraufhin werden wichtige Kontrollstrukturen wie Schleifen und bedingte Anweisungen thematisiert und mit einigen Tipps für den Unterricht abgeschlossen. Ergänzt werden die einzelnen Kapitel durch passende Übungsaufgaben.

CC BY-SA-NC Jan Hofmann

Inhaltsverzeichnis

1. Programmierumgebung 4
2. Der Stein 10
3. Mittlerer Motor 12
4. Fahren mit der Standardsteuerung 13
5. Schleifen & bedingte Anweisungen 15
6. Sensoren 17
7. Tipps 20

CC BY-SA-NC Jan Hofmann

1. Programmierumgebung

Für den LEGO Mindstorms EV3 wurde von Lego eine eigene Programmierumgebung entwickelt. Zur Programmierung stehen Blöcke zur Verfügung, die per Drag&Drop hintereinander gezogen werden können. Im Folgenden wird die Programmierumgebung unter Windows genauer vorgestellt. Darüber hinaus wird auf die Programmier-möglichkeiten unter macOS sowie auf dem Tablet eingegangen.
Alle Programmierumgebungen sind kostenlos verfügbar unter https://www.lego.com/de-de/themes/mindstorms/downloads.

1.1. Windows

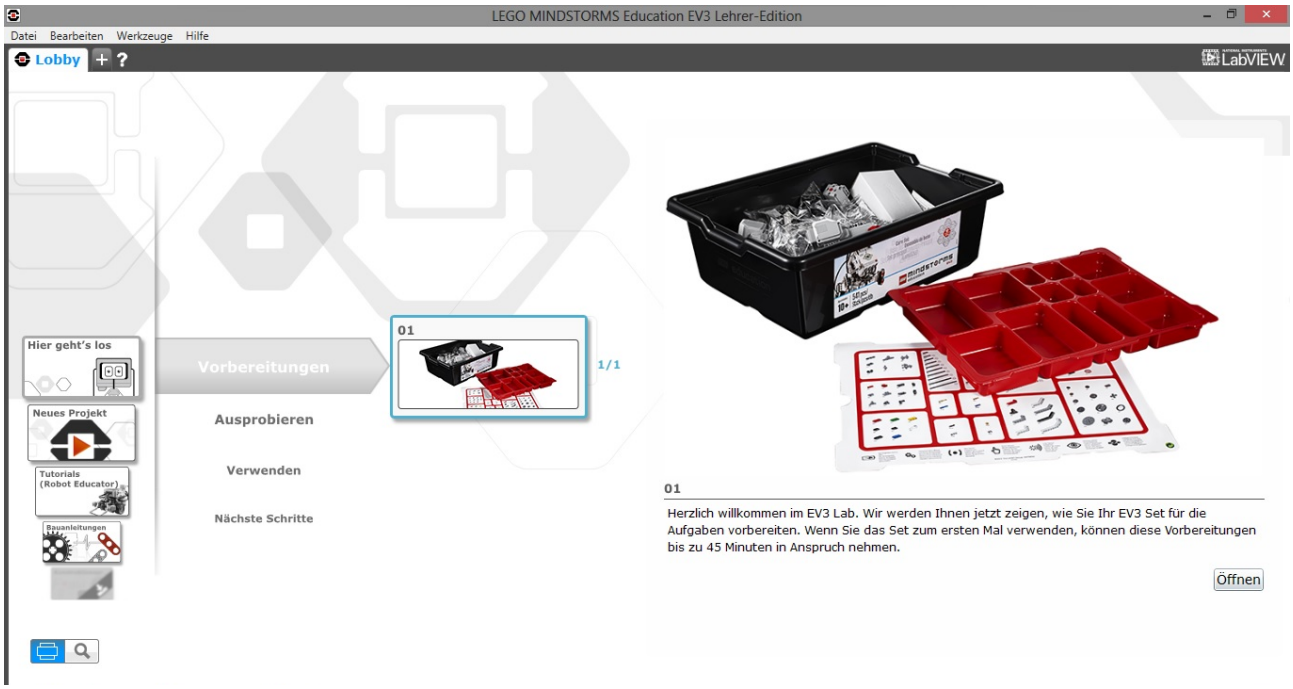
Für Windows existieren zwei verschiedene Versionen der Programmierumgebung. Zum einen gibt es die HOME-Edition und zum anderen die Education-Lehrer-Edition. Da in der Schule hauptsächlich das Education-Set des EV3 Kastens eingesetzt wird, liegt der Fokus im folgenden auf der Lehrer-Edition.
Nach erfolgreicher Installation wird beim Start der Software die sogenannte Lobby angezeigt. Hier stehen vier mögliche Kategorien zur Auswahl:

Hier geht's los: Neben dem Inhalt des Education-Sets wird die Programmierung erklärt sowie der Standardroboter gebaut.

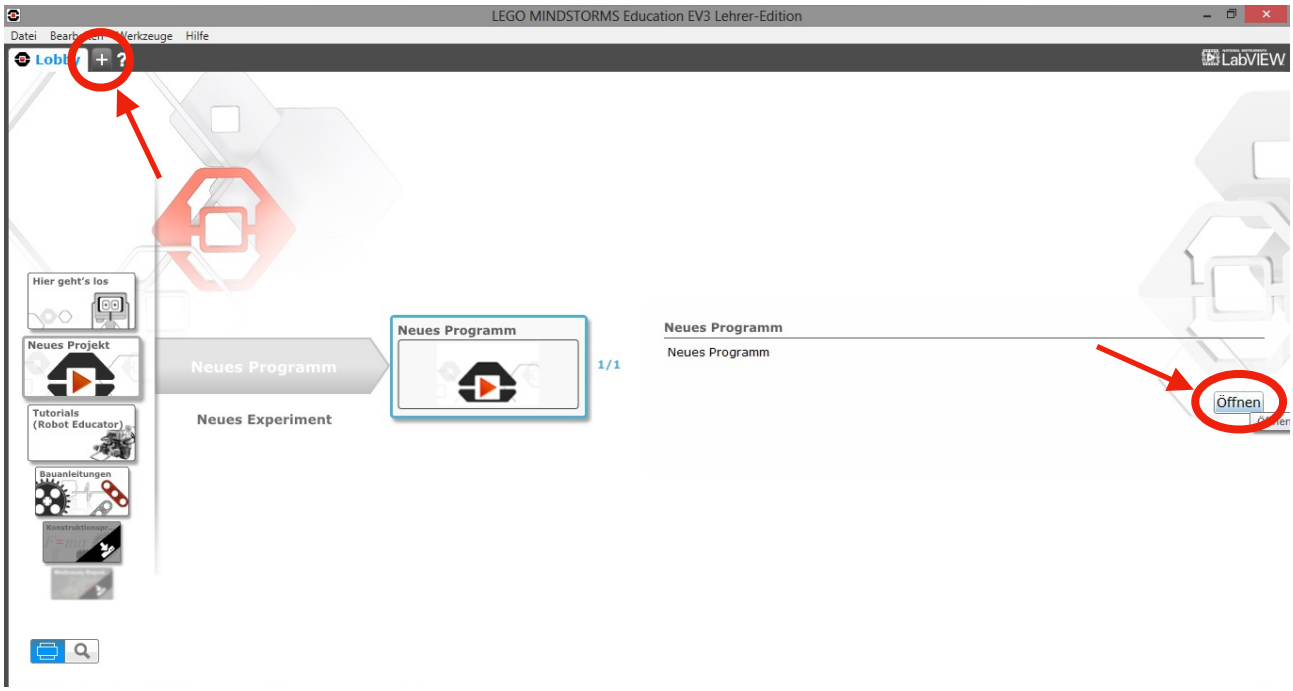
Neues Projekt: Hier kann ein neues Projekt oder Experiment geöffnet werden.

Tutorials: Erklärungen zur Hardware, Programmierung usw.

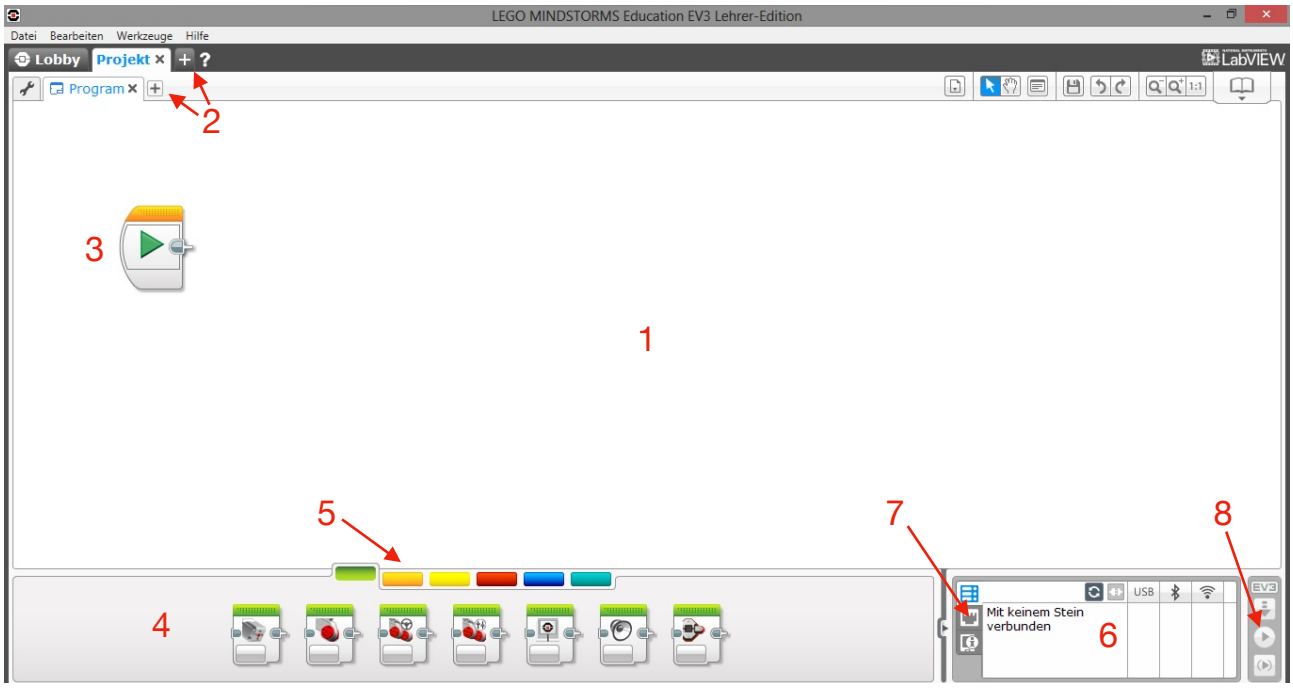
Bauanleitungen: Anleitungen für den Bau verschiedener Roboter (ggfs. ist jedoch ein zusätzliches Erweiterungsset notwendig)



Um ein erstes Projekt zu öffnen, gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder mit einem Klick auf das **+-Symbol** oder durch die Kategorie **Neues Projekt > Neues Programm > Öffnen**.



Es öffnet sich ein neues Projekt mit einem neuen Programm. Ein Projekt kann im Allgemeinen aus mehreren Programmen/Experimenten bestehen. Nun wird die Oberfläche zum Erstellen des Programms angezeigt. Diese besteht aus folgenden Bestandteilen:



1. Bereich, in welchen die Programmblöcke per Drag&Drop hintereinander gezogen werden können.
2. Neues Projekt bzw. Programm/Experiment öffnen
3. Startblock
4. Programmblöcke
5. verschiedene Block-Kategorien
6. Informationen über den angeschlossenen EV3
7. Übersicht der am EV3 angeschlossenen Motoren und Sensoren
8. Programm herunterladen oder direkt auf dem EV3 starten

Jedes Programm beginnt mit dem sogenannten **Startblock**. An diesen werden alle weiteren Programmblöcke angehängt und sequentiell ausgeführt. Insgesamt können Blöcke aus sechs verschiedenen Kategorien ausgewählt werden. Dazu gehören

Aktion: Blöcke zur Steuerung der Motoren und Steinfunktionen (Lautsprecher, Display, Steinstatusleuchte)

Ablauf-Regelung: Blöcke wie Schleife, Warteblock und Schalter

Sensor: Mit diesen Blöcken ist es möglich, Sensorwerte zu erfassen und zu verarbeiten

Daten-Operation: Blöcke, um Variablen/Konstanten festzulegen sowie verschiedene Operationen auf Daten durchzuführen

Erweiterter Modus: Blöcke bspw. zur Kommunikation über Bluetooth zwischen zwei EV3

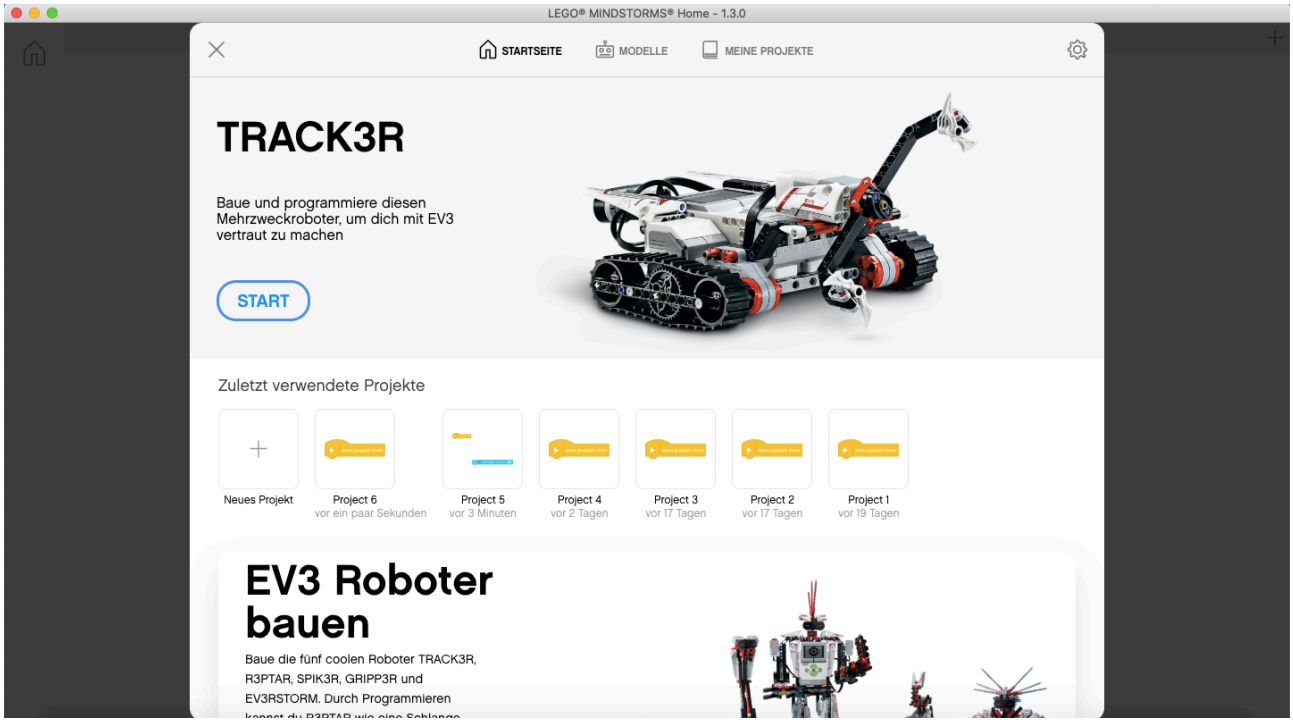
Eigene Blöcke: Mehrere Programmblöcke können zu einem eigenen Block zusammengefasst werden. Hierfür muss mind. ein Block mit der Maus markiert und anschließend unter **Werkzeuge** der Punkt **Eigene Blöcke erstellen** ausgewählt werden.

1.2. Mac

Da es seit dem Update auf macOS Catalina zu Problemen mit der ursprünglichen Programmierumgebung kam, steht eine neue auf Scratch basierende Programmier-umgebung *Lego Mindstorms HOME* zur Verfügung. Nach dem Start des Programms bekommt man zunächst die Lobby angezeigt - eine Übersicht über seine letzten Projekte sowie Vorschläge für den Bau bestimmter Roboter. In der Kategorie **Modelle** befinden sich fünf Vorschläge für Bauanleitungen und in der Kategorie **Meine Projekte** befinden sich alle gespeicherten Projekte sowie die Möglichkeit ein neues Projekt zu öffnen.

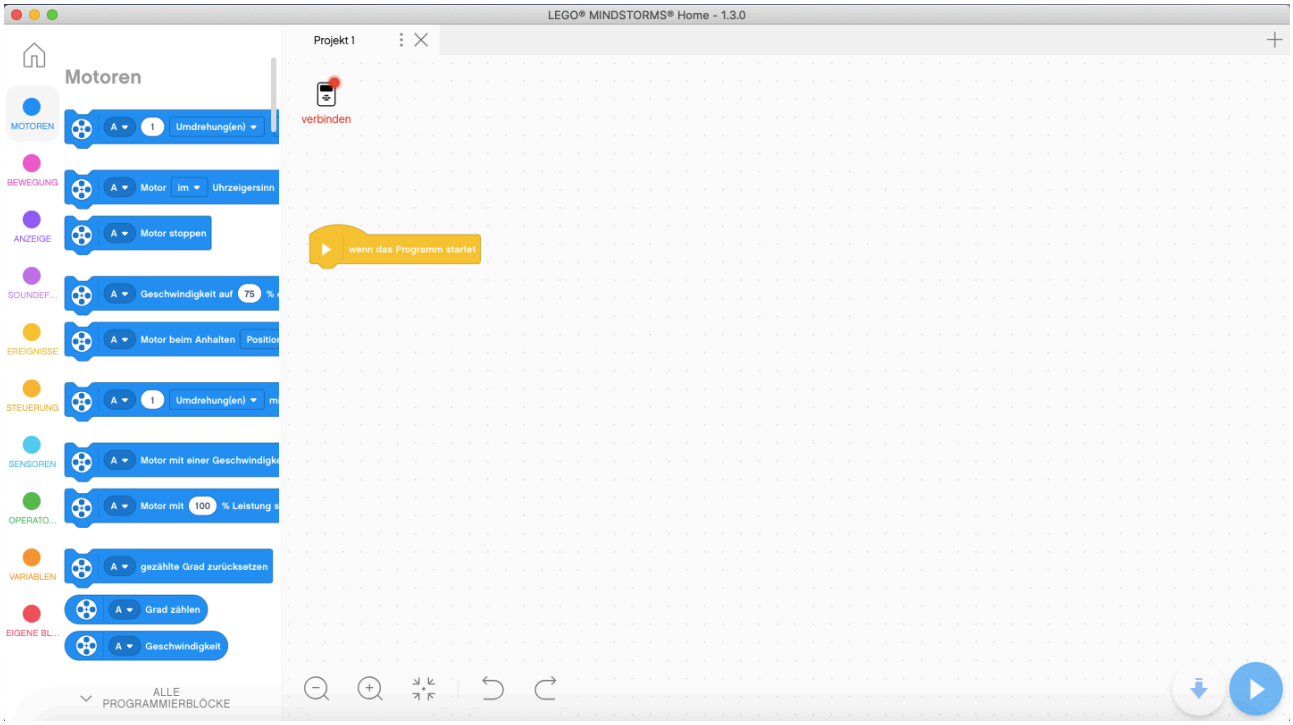
Eine weitere Möglichkeit ein neues Projekt zu öffnen ist, die Lobby zu schließen und anschließend auf **Neues Projekt** zu klicken.

CC BY-SA-NC Jan Hofmann



Um die Bedienung zu erleichtern, kann durch *Mindstorms HOME* > *Preferences* > *Language* die Sprache auf Deutsch umgestellt werden.

Ein Programm besteht wie auch in der ehemaligen Programmierumgebung aus mehreren Programmierblöcken, die nun jedoch sequentiell von oben nach unten angeordnet sind. Innerhalb eines Programms können mehrere Unterprogramme existieren. Diese beginnen jeweils mit einem **Ereignis**block.

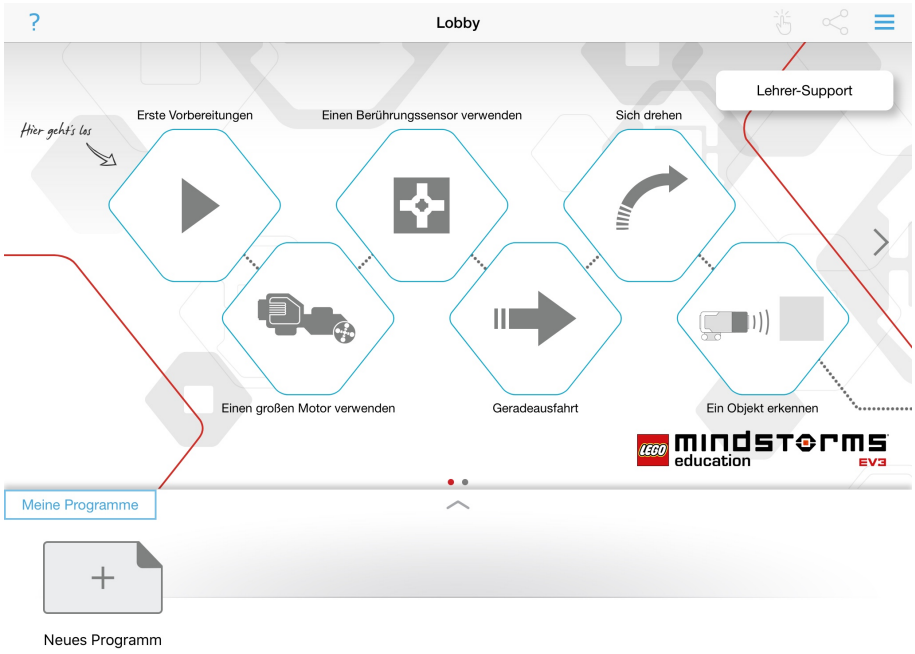


Alle Blöcke sind verschiedenen Kategorien zugeordnet. Dabei erinnern sowohl die Aufteilung als auch die Benennung sehr stark an Scratch, was Schülerinnen und Schülern, welche bereits Vorkenntnisse im Umgang mit Scratch haben, den Einstieg in die Programmierung des EV3s erleichtert. Eine Simulation des Programms in der Programmierumgebung auf einer Bühne ist jedoch nicht möglich.

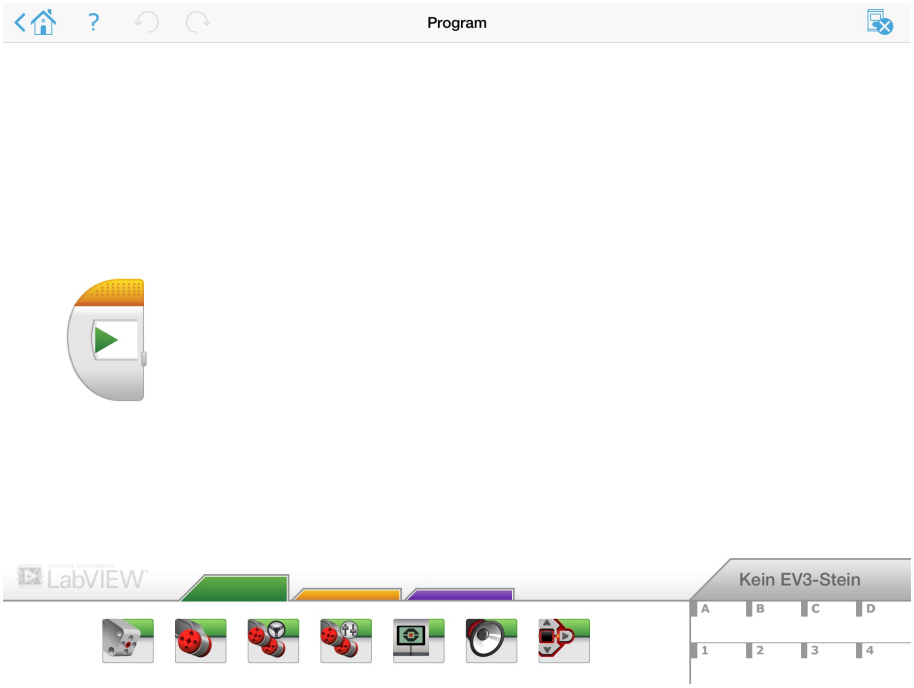
Der EV3 kann entweder über USB Kabel oder per Bluetooth mit dem Mac verbunden werden. Mit einem Klick auf **verbinden** werden beide Optionen angezeigt sowie eine passende Anleitung. Zum Herunterzuladen eines fertigen Programms auf den EV3 oder zum direkten Programmstart stehen die beiden Buttons im rechten unteren Bereich der Programmierumgebung zur Verfügung.

1.3. Tablet

Der EV3 kann darüber hinaus auch mit dem Tablet programmiert werden. Hierfür muss im Google Play Store oder im App Store die App „Lego Mindstorms Programmer“ heruntergeladen und installiert werden. Hierzu ist jedoch zu sagen, dass es sich um eine deutlich reduzierte Version der Programmierumgebung handelt mit geringerem Funktionsumfang.

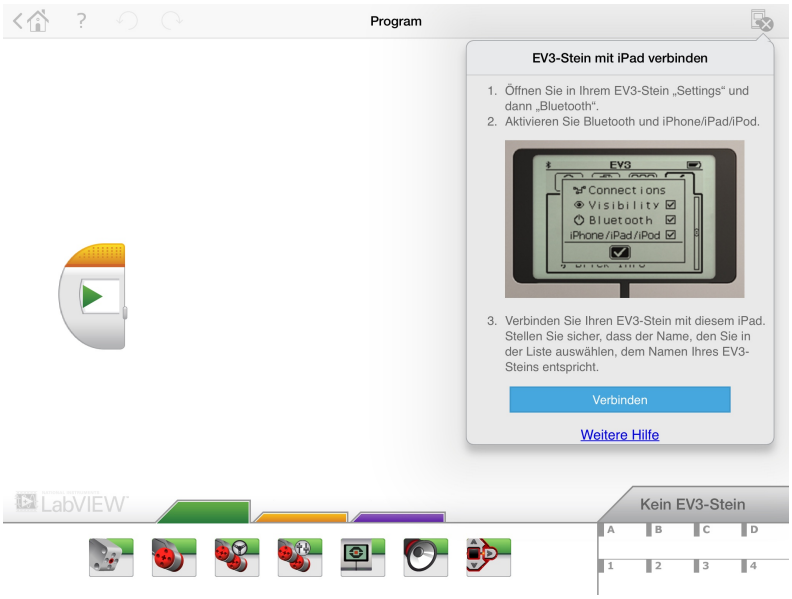


In der Lobby findet man eine Reihe von Tutorials sowie die in der Vergangenheit erstellten Programme. Durch die Auswahl von **Neues Programm** öffnet sich die Programmieroberfläche.



Sofort fallen die lediglich drei Block-Kategorien auf. So fehlen beispielsweise alle Blöcke zu den Sensoren, die jedoch weiterhin über den Warteblock programmiert werden können.

Der EV3 lässt sich durch Drücken des Symbols in der rechten oberen Ecke per Bluetooth mit dem Tablet verbinden.



2. Der Stein

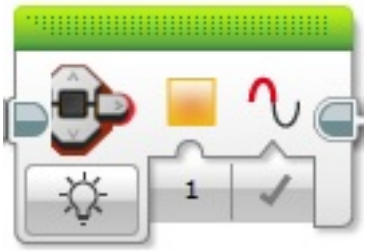
Der Stein des EV3 besteht aus mehreren Steintasten, einem Display, einem Lautsprecher, einer Statusleuchte, einem Micro-SD-Karten-Steckplatz, einem USB-Anschluss sowie einem Anschluss zur Verbindung mit dem Computer. Er stellt das „Gehirn“ des EV3 dar. Auf dem Stein können mehrere Programme gespeichert und auf diesem gestartet werden. Insgesamt besitzt der Stein vier Anschlussmöglichkeiten für Motoren, welche mit den Buchstaben A bis D gekennzeichnet sind, sowie vier Anschlüsse für Sensoren, die mit den Zahlen 1 bis 4 nummeriert sind.

Hierin besteht auch eine große Fehlerquelle, da Motoren und Sensoren richtig eingesteckt werden müssen und gleichzeitig im Programm die entsprechenden Anschlüsse ausgewählt werden müssen.

Das Zusammenspiel zwischen dem Stein und den Motoren und Sensoren kann entweder über die vorgestellten Programmierumgebungen programmiert werden oder direkt über die Software auf dem Stein. Um ein Programm auf den Stein zu übertragen, stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Zum einen kann der Stein mit dem mitgelieferten Kabel direkt mit dem Computer verbunden werden. Zum anderen können drahtlose Verbindungen über Bluetooth und Wifi hergestellt werden. Beide Verbindungsarten haben Vorteile. Während die Verbindung per Kabel die zuverlässigere Möglichkeit darstellt, ist gerade bei häufigen Änderungen sowie beim Ausprobieren das ständige Verbinden mit dem Computer sehr aufwändig. Sobald der Stein mit dem Computer erfolgreich verbunden ist, wird der EV3 unten rechts in der Programmier-umgebung angezeigt.

CC BY-SA-NC Jan Hofmann

Für erste Programmierversuche bietet es sich an, den Stein selbst zu programmieren. So kann zunächst einmal versucht werden, die Steinstatusleuchten zum leuchten/blinken zu bringen oder etwas auf dem Display anzuzeigen. Sowohl der Block **Steinstatusleuchte** als auch der **Anzeige**-Block finden sich bei den **Aktion**sblöcken.



Hinweis: Nach beiden vorgestellten Blöcken kommt immer ein **Warte**-Block. Dieser bestimmt die Ausführungsdauer. Wenn also ein bestimmter Text für 5 Sekunden angezeigt werden soll, so muss hinter dem **Anzeige**block ein **Warte**block mit 5 Sekunden kommen.

Aufgabe 1

a) Auf dem Display des Steins soll ein kurzer Text für 5 Sekunden angezeigt werden. Probiere diesen in der Mitte des Displays zu platzieren.
b) Erweitere a), sodass gleichzeitig die Steinstatusleuchte rot blinkt.

Aufgabe 2

Die Steinstatusleuchte soll 3 Sekunden blinken. Danach soll „LOS“ auf dem Display stehen. Anschließend soll die Steinstatusleuchte 5 Sekunden blinken, ohne das etwas auf dem Display steht.

CC BY-SA-NC Jan Hofmann

3. Mittlerer Motor

Insgesamt stehen drei Motoren zur Verfügung. Ein mittlerer Motor und zwei große Motoren, welche in der Regel als Antrieb für den Roboter genutzt werden. Der Baustein des mittleren Motors findet sich bei den **Aktion**sblöcken. Zunächst muss ausgewählt werden, wie lange sich der Motor drehen soll (nicht, dauerhaft, für eine bestimmte Anzahl an Umdrehungen/Sekunden/Grad). Soll sich der Motor beispielsweise für eine bestimmte Umdrehungsanzahl drehen, kann daraufhin festgelegt werden mit welcher Geschwindigkeit er sich drehen soll, die genaue Anzahl der Umdrehungen sowie ob der Motor danach auslaufen oder abbremsen soll.

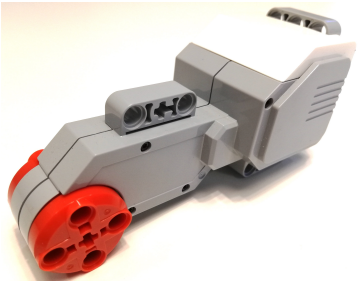
Aufgabe

a) Der mittlere Motor soll sich genau 5 mal drehen. Probiere verschiedene Geschwindigkeiten aus.

b) Der Motor soll sich 5 mal in die eine Richtung und anschließend 5 mal in die andere Richtung drehen.

CC BY-SA-NC Jan Hofmann

4. Fahren mit der Standardsteuerung



Zur Fortbewegung des EV3s werden in der Regel die beiden großen Motoren angesteuert. Hierfür stehen verschiedene Blöcke zur Verfügung.

1) **Großer Motor**: Mit diesem Block kann jeder große Motor separat angesteuert werden. Auch wenn dieser Block für das Fahren eher selten genutzt wird, bietet es sich an, dass sich die SuS die Steuerung des EV3 zu Beginn hiermit realisieren. Gerade beim Fahren von Kurven entwickeln die SuS somit ein Verständnis für das Zusammenspiel der beiden Räder.
2) **Hebelsteuerung**: Mit Hilfe der Hebelsteuerung können wir mit einem Block die Geschwindigkeiten beider Motoren separat festlegen.
3) **Standardsteuerung**: Hierdurch lassen sich beide Räder gleichzeitig steuern, indem eine Geschwindigkeit sowie eine Richtung festgelegt wird, in welche der EV3 fahren soll. Beim Verschieben des Schiebereglers für die Richtung fällt auf, dass sich ebenfalls der darüber angezeigte Pfeil verändert. Hierbei ist jedoch wichtig zu beachten, dass der Pfeil nur **sehr grob** darstellt, in welche Richtung der EV3 fahren wird und keinesfalls exakt ist. Der Schieberegler lässt sich insgesamt im Bereich von -100 bis 100 verschieben. Die Einstellung -100 bedeutet, dass der EV3 sich auf der Stelle nach links dreht, 100 bedeutet dementsprechend, dass er sich auf der Stelle nach rechts dreht.

Hinweis: Bei allen Blöcke ist es wie immer wichtig darauf zu achten, an welchen Anschlüssen die großen Motoren angeschlossen sind.

Um mit der Standardsteuerung vertraut zu werden, empfiehlt es sich, dass die SuS den EV3 zu einer bestimmten Musik tanzen lassen. Hierbei können sie verschiedene Einstellungen ausprobieren und das Fahren mit der Programmierung der Anzeige oder der Steinstatusleuchten kombinieren.

Aufgabe 1

Lasse den Roboter 2 Sekunden lang geradeaus fahren. Anschließend soll er sich um 180 Grad auf der Stelle drehen und wieder zur Ausgangsposition zurückfahren.

Aufgabe 2

Der Roboter soll genau 1 Meter weit geradeaus fahren. Stelle hierzu die Standard-steuerung auf „An für n Umdrehungen“.

Tipp: Messe, wie weit der Roboter mit einer Umdrehung fährt.

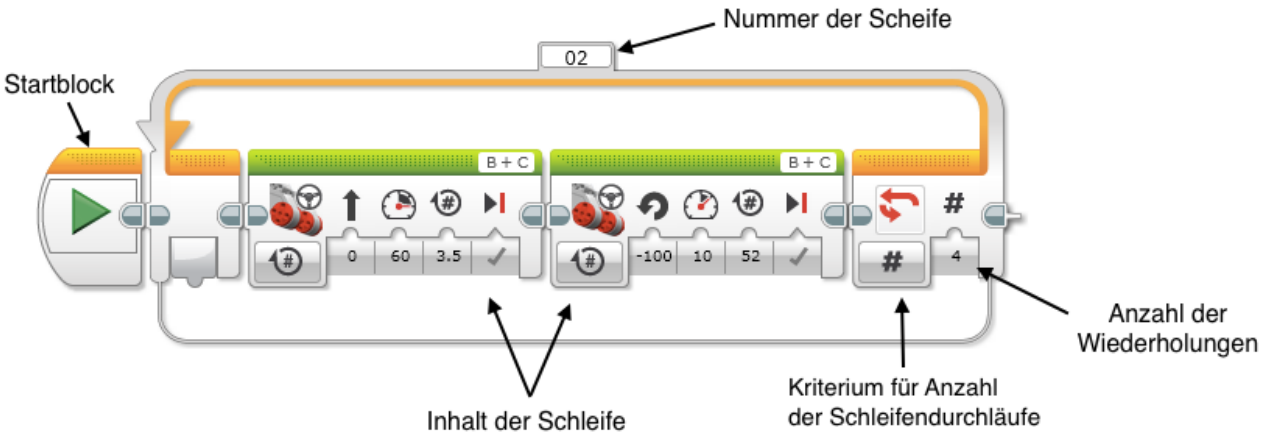
Aufgabe 3

Erweitere Aufgabe 2, sodass sich der Roboter am Ende noch um 90 Grad nach rechts dreht.

CC BY-SA-NC Jan Hofmann

5. Schleifen & bedingte Anweisungen

Sowohl der Schleifenblock als auch der sogenannte Schalter ist unter den orangenen **Ablauf-Regelung**-Blöcken zu finden. Der Schleifenblock ist wie dabei folgt aufgebaut:



Mit einer Schleife kann eine bestimmte Folge von Blöcken wiederholt werden. Wie lange bzw. wie oft die Anweisungen wiederholt werden, kannst du mit dem Menü bestimmen, welches du unter dem Punkt „Kriterium für Anzahl der Schleifendurchläufe“ findest. Zum Beispiel:

„Wiederhole die Anweisungen 4mal.“

oder

„Wiederhole die Anweisungen, bis eine Stein-Taste gedrückt wird.“

oder

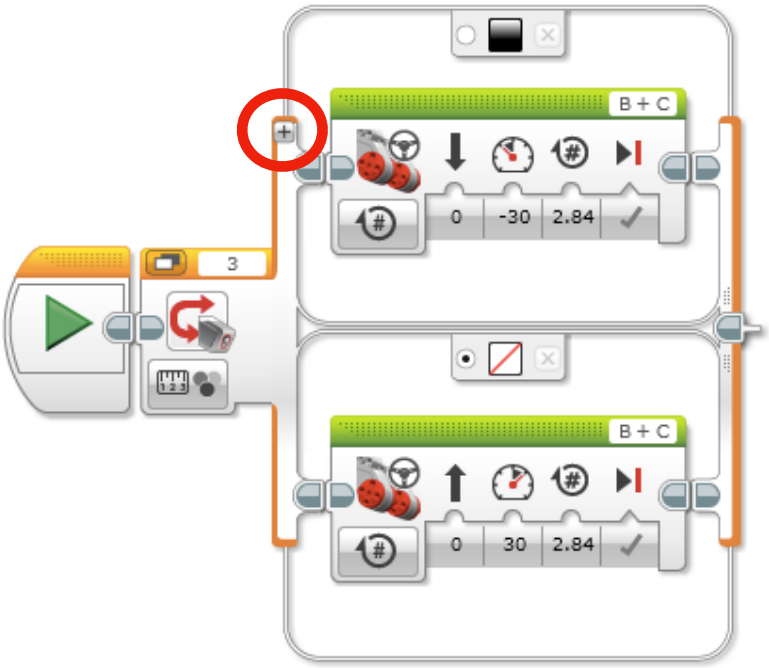
„Wiederhole die Anweisungen, bis der Farbsensor die Farbe schwarz wahrnimmt.“

Der Schalter stellt eine bedingte Anweisung dar. Hierdurch können innerhalb eines Programms Entscheidungen über den weiteren Verlauf getroffen und somit auf bestimmte Ereignisse reagiert werden.

Ein einfaches Beispiel für die Verwendung des Schalters wäre

Wenn der Farbsensor die Farbe schwarz erkennt,
dann fahre 50cm (2,84 Umdrehungen) rückwärts.
ansonsten fahre 50cm (2,84 Umdrehungen) vorwärts.

CC BY-SA-NC Jan Hofmann



Innerhalb des Schalters wird festgelegt, welche Bedingung überprüft werden soll. Das Ergebnis kann entweder nur wahr oder falsch sein oder aber auch mehrere Fälle berücksichtigen. Beispielsweise kann die Bedingung, ob der Berührungssensor eingedrückt ist, nur wahr oder falsch sein. Die Bedingung, welche Farbe gemessen wird, kann jedoch einen Fall für jede Farbe enthalten. Da standardmäßig jedoch nur zwei Fälle angezeigt werden, besteht die Möglichkeit durch das in der oberen Abbildung gekennzeichnete PLUS-Symbol weitere Fälle hinzuzufügen.

Falls mehr als zwei Fälle eintreten können, existiert immer ein sogenannter **Standardfall**. Der Standardfall wird immer dann ausgeführt, wenn kein anderer Fall zutrifft. Im oberen Beispiel ist der untere Fall der Standardfall, also wenn eine andere Farbe als schwarz erkannt wird.

Meistens wird der Schalter innerhalb einer Schleife verwendet, da die festgelegte Bedingung dauerhaft überprüft werden soll.

Aufgabe 1: Fahre mit dem Roboter dreimal ein Quadrat.

Aufgabe 2: Der Roboter soll das Klassenzimmer bewachen und dauerhaft vor der Tür hin und her fahren.

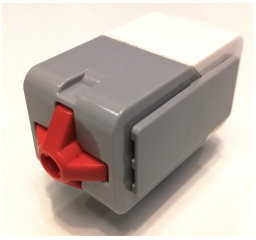
Aufgabe 3: Der Roboter soll immer dann, wenn die obere Steintaste gedrückt wird, 1 Meter nach vorne fahren. Wenn die untere Steintaste gedrückt wird, soll er 1 Meter rückwärts fahren.

Aufgabe 4: Der Roboter soll mit Hilfe der Steintasten gesteuert werden können.

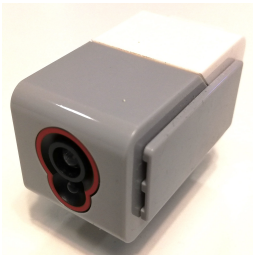
CC BY-SA-NC Jan Hofmann

6. Sensoren

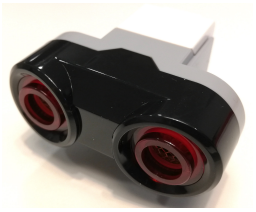
Insgesamt sind im LEGO Mindstorms Education-Set fünf Sensoren enthalten. Zwei Berührungssensoren, ein Farbsensor, ein Ultraschallsensor sowie ein Gyrosensor.



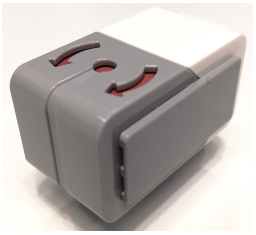
Der **Berührungssensor** nimmt wahr, ob seine rote „Nase“ kurz angestoßen bzw. eingedrückt wird oder nicht. Er gibt dementsprechend eine 0 oder 1 zurück.



Der **Farbsensor** erkennt bis zu sieben verschiedene Farben sowie die Stärke des reflektierten Lichts bzw. Umgebungslichts. Wichtig ist, dass der Farbsensor immer sehr nahe über dem Boden angebracht wird. Ansonsten sind die Messwerte schnell verfälscht und es kann zu Fehlern bei der korrekten Erkennung der Farben kommen.



Der **Ultraschallsensor** kann Entfernungen zwischen 3 und 250 cm bzw. 1 und 100 Zoll messen. Zudem kann er die Anwesenheit eines anderen Roboters erkennen. Einführen lässt sich dieser Sensor anschaulich mit Hilfe der Orientierung einer Fledermaus. Dieser Sensor ist ausschließlich in der Education-Version enthalten. In der Home-Version ist stattdessen ein Infrarot-Sensor enthalten.

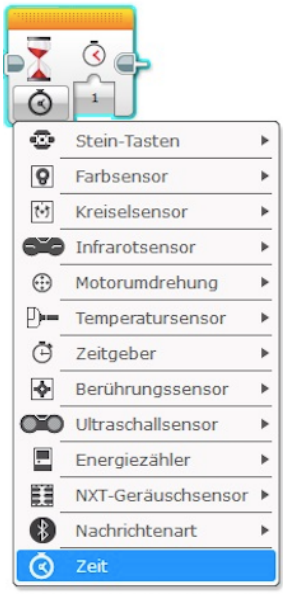


Der **Gyrosensor** erkennt Drehungen und Richtungsänderungen des EV3s. Damit können die SuS Winkel messen, einen balancierenden Roboter bauen und eine sehr alltagsnahe Technologie erkunden, die beispielsweise in Navigationsgeräten, Handys oder Spielekonsolen zum Einsatz kommt.

Um zu verstehen, welche Messwerte ein Sensor liefert, können diese, wenn der EV3 mit dem Computer verbunden ist, direkt in der Programmierumgebung angezeigt werden (siehe Kapitel 1.1. zur Programmierumgebung unter Windows).

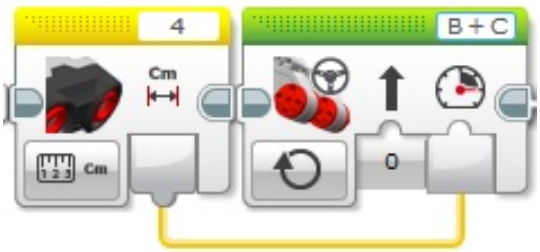
Alle Sensoren können mithilfe des **Warte**blocks im Programm genutzt werden.

CC BY-SA-NC Jan Hofmann



Nachfolgendes Beispiel zeigt ein Programm, in welchem der Roboter so lange geradeaus fährt, bis die Farbe schwarz erkannt wird. Der Roboter *wartet* somit während er fährt auf die Farbe schwarz. Sobald er diese erkennt, hält er an.

Die gelben Sensorblöcke werden für die meisten Aufgaben nicht benötigt. Man braucht diese beispielsweise um die Werte der Sensoren im Programm auszulesen und diese mit einer Datenleitung an einen anderen Block zu übertragen. Eine mögliche Anwendung wäre in diesem Zusammenhang die Aufgabe den Roboter mit abnehmender Entfernung zur Wand immer langsamer werden zu lassen.



Berührungssensor:

Aufgabe 1

Fahre solange geradeaus bis die Spitze des Berührungssensors eingedrückt wird.

Aufgabe 2

Schließe beide Berührungssensoren am EV3 an. Der Roboter soll dauerhaft geradeaus fahren. Wenn der eine Berührungssensor gedrückt wird, soll der Roboter nach rechts und wenn der andere Berührungssensor gedrückt wird, nach links fahren. Anschließend soll er weiter geradeaus fahren.

Farbsensor:

Aufgabe 1

Fahre über mehrere Linien einer bestimmten Farbe und gib jedes mal einen kurzen Ton aus.

Aufgabe 2

Fahre über Linien mit unterschiedlichen Farben und gibt jedesmal einen anderen kurzen Ton aus. Versuche hierdurch eine eigene Melodie zu komponieren.

Aufgabe 3

Der Roboter soll dauerhaft einer schwarzen Linie folgen.

Ultraschallsensor:

Aufgabe 1

Der Roboter soll solange auf eine Wand zufahren, bis die Entfernung kleiner als 10cm ist.

Aufgabe 2

Der Roboter soll möglichst nahe vor einer Wand stehen bleiben.

Aufgabe 3

Baue einen Einparksensor. Je geringer die gemessene Distanz ist, desto schneller soll ein Piepton ausgegeben werden.

Gyrosensor:

Aufgabe 1

Der Roboter soll sich mithilfe des Gyrosensors um genau 90/180/270/360 Grad drehen.

Aufgabe 2

Bringe dem Roboter das Balancieren auf einer Wippe bei.

CC BY-SA-NC Jan Hofmann

7. Tipps

Allgemeines

Um die Schülerinnen und Schüler (SuS) angemessen betreuen zu können, empfiehlt es sich die Teilnehmeranzahl in beispielsweise einer AG auf circa 20 SuS zu begrenzen. Es sollte zudem ein PC für jeweils 1-2 SuS zur Verfügung stehen. Die Zusammenarbeit von zwei SuS an einem Roboter bietet den Vorteil, dass Programmierung und Konstruktion des Roboters aufgeteilt werden können. Die Aufteilung innerhalb der Gruppe sollte jedoch stets gewechselt werden, um eine strikte Trennung der Aufgabenbereiche zu verhindern.
Da die SuS meistens selbstständig Aufgaben bearbeiten, sollte die Lehrkraft bestimmte (ggfs. markierte) Aufgaben präsentiert bekommen. Damit kann sichergestellt werden, dass wichtige Inhalte und Konzepte erarbeitet und verstanden wurden.

Vorbereitung auf Programmierung

Bevor mit einer Einführung in die Programmierumgebung begonnen wird, bietet es sich an ein kurzes Informatik-Spiel mit den SuS zu spielen, damit ein Verständnis für die sequentielle Ausführen eines Algorithmus aufgebaut wird. Hierfür bieten sich die Spiele der Hopp Foundation Code Fred und UCO an. Alternativ kann es hilfreich sein, beispielsweise die Schritte vor dem Losfahren eines Autos zu besprechen. Hierdurch bekommen die SuS ein Bewusstsein dafür, größere Aufgaben in kleine Schritte zu zerlegen.

Regeln

Der Unterricht mit fahrenden Robotern braucht besondere Regeln. Im folgenden einige Vorschläge für mögliche Regeln:

- Alle passen gut auf die Roboter und die Legoteile auf.
- Es werden nur Lego-Teile aus dem eigenen Kasten verbaut.
- Roboter, die fahren können, werden ausschließlich auf dem Robotiktisch fahren gelassen.
- Die Leistung/Geschwindigkeit der Motoren darf nie größer als 60 oder kleiner als -60 sein.
- Wir teilen uns den Roboter im Team fair.
- Am Ende der Stunde räumen wir alles wieder auf und schauen, dass keine Legoteile am Boden liegen.

CC BY-SA-NC Jan Hofmann