

Aufgaben und Musterlösungen zu dem Artikel:

„Integration des Erwerbs von Basiskonzepten der Informatik in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I“

MARLENE LINDNER, SANDRA SCHULZ UND NIELS PINKWART

17. GI-Fachtagung „Informatik und Schule“ – INFOS 2017

BIOLOGIE

1. INFORMATIONSVERRARBEITUNG: BRAITENBERG-VEHIKEL

Marlene Lindner
August 2017



Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung 3.0 Unported zugänglich.
Um eine Kopie dieser Lizenz einzusehen, konsultieren Sie <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>.

Einführung

Folgende Unterrichtseinheit in *Physical Computing* soll es ermöglichen den Erwerb von Basiskonzepten und -kompetenzen der Informatik in den Biologieunterricht zu integrieren. In dieser Unterrichtseinheit geht es nicht darum besonders vielschichtige, komplexe Aufgaben zu stellen, sondern vielmehr ein Beispiel aufzuzeigen, das sowohl in den normalen Fachunterricht als auch in den Projektunterricht eingebunden werden kann und in Bezug auf Zeit und Material keine großen Herausforderungen darstellt. Auf Sensoren, die nicht in der Standardverkaufseinheit der LEGO® MINDSTORMS® EV3-Roboter enthalten sind, wird bewusst verzichtet. Auch wird auf die Umsetzbarkeit dieser Unterrichtseinheit in einer Doppelstunde (90 min) geachtet, wobei jeweils insgesamt 10 min für Unterrichtsbeginn und -abschluss veranschlagt werden, da die Organisation von Gruppen und Material berücksichtigt werden muss. Es wird davon ausgegangen, dass genügend Roboter vorhanden sind um jeweils zu zweit mit einem Roboter zu arbeiten. Es bietet sich an bereits zusammengebaute Roboter zu verwenden, da für einen selbstständigen Zusammenbau des Standardfahrgestells (vgl. Abbildung 7) ca. 30 min mehr Zeit zur Verfügung gestellt werden müsste.

Informationsverarbeitung: Braitenberg-Vehikel

Niveaustufe (Biologie):	F–G	(vgl. Tab. 3)
Klassenstufe:	9 (abhängig von der Schulform)	
Vorwissen in Informatik:	Kenntnisse von algorithmischen Grundstrukturen	
Informatische Inhalte:	Roboter als Informatiksysteme, Implementieren von Algorithmen, Verarbeitung elektrischer Größen (<i>Physical Computing</i>)	(vgl. Tab. 3)
Robotertyp:	Standardfahrgestell der LEGO® MINDSTORMS® EV3	(vgl. Abbildung 7)
Sensoren:	Zwei Lichtsensoren	(vgl. Abbildung 8)
Zusätzliches Material:	Taschenlampen	

Tabelle 1: Aufgabenprofil der Unterrichtseinheit „Informationsverarbeitung“

Für alle Organismen ist die Verarbeitung von Informationen aus ihrer Umwelt von zentraler Bedeutung für Nahrungs- und Partnersuche. Sogenannte Reiz-Reaktions-Zusammenhänge sind mitunter sehr komplex, abhängig von vielen Faktoren und somit

schwer zu verstehen. Braitenberg-Vehikel hingegen haben eine sehr einfache Struktur (Abb. 1), verdeutlichen aber die Vielfalt, die schon mit einfachen neuronalen Strukturen erzeugt werden kann. Zwei Sensoren werden auf unterschiedliche Weise (inhibitorisch oder exitatorisch) mit zwei Motoren gekoppelt und erzeugen somit ein „Verhalten“, das unterschiedlichen Emotionen bzw. Verhaltensstrategien zugeordnet werden kann. Mit LEGO® MINDSTORMS® EV3-Robotern können Braitenberg-Vehikel nachgebaut und beobachtet werden. Der Fokus dieser Unterrichtseinheit bzgl. Biologie liegt somit auf der Erklärung der Variabilität von Lebewesen (Basiskonzept „Entwicklung“ (F3)) durch den Einsatz eines Modells (Basiskompetenz E10).

Nach einer kurzen Einführung in die Programmierumgebung und das Speichern des Programms auf dem Roboter können die Arbeitsaufgaben in Tabelle 2 gestellt werden. Die Lösungen dieser Aufgaben befinden sich in Form von Pseudocode im Abschnitt „Musterlösungen“ auf S. 5. Schätzwerte für die Durchlaufsdauer der einzelnen Aufgaben finden sich ebenfalls in Tabelle 2.

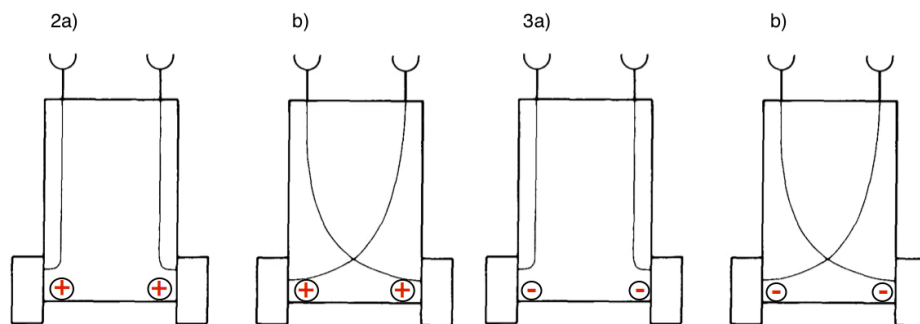


Abbildung 1: Braitenberg-Vehikel als Modellkonstrukte für die Informationsverarbeitung in einfachen Organismen: Zwei Sensoren werden auf unterschiedliche Weise (inhibitorisch oder exitatorisch) mit zwei Motoren gekoppelt und erzeugen somit ein „Verhalten“, das unterschiedlichen Emotionen zugeordnet werden kann. 2a) Angst b) Aggression; 3a) Liebe b) Entdeckungslust (Braitenberg, 1984).

Hinweise zur Durchführung:

Schleifen und Schalter werden als bekannt voraus gesetzt. Bei Aufgabe 1 ist abhängig vom Umgebungslicht ein geeigneter Schwellwert für den Lichtsensor zu finden. Als Programmierblock für den Motor sollte *Hebelsteuerung* mit *An für n Sekunden* und *Am Ende Bremsen: Falsch* gewählt werden. Rauschen ist ein wichtiger Aspekt bei der

Aufgabe	Zeit
1. Lasst euren Roboter geradeaus auf euch zufahren, wenn ihr ihn mit einer Taschenlampe anstrahlt. Sobald die Taschenlampe aus ist, soll er anhalten und warten. Verwendet zunächst nur einen der Lichtsensoren.	10 min
2. Lasst euren Roboter sich zufällig leicht nach rechts und links bewegen, wenn er wie unter 1. auf euch zu fährt.	10 min
3. Lasst euren Roboter nun schneller auf euch zu fahren, wenn ihr ihn direkt anstrahlt und langsamer werden, wenn die Lichtquelle weiter entfernt ist. Vergleicht das Verhalten eures Roboters mit der Chemotaxis von Bakterien. Was muss für eine effektive Phototaxis des Roboters verändert werden?	15 min
4. Baut euer Programm nun so um, dass beide Lichtsensoren gleichzeitig messen und jeweils einen der Motoren ansteuern. Testet, ob sich eurer Roboter nun Lichtquellen zuwendet, die nicht direkt vor ihm sind.	15 min
5. Schreibt nun ein Programm für ein weiteres Braitenberg-Vehikel und testet seine Reaktion auf eine Lichtquelle. Von welchen Tieren würdet ihr eine vergleichbare Reaktion erwarten?	15 min
6. Dunkelt den Raum nun ab und schafft eine große freie Fläche, auf der ihr eure Braitenberg-Vehikel aussetzt. Erzeugt einen Lichtkegel etwa in der Mitte der Fläche und beobachtet das Verhalten aller Roboter. Ordnet ihr Verhalten jeweils Typen von Braitenberg-Vehikel zu und diskutiert Verbesserungsmöglichkeiten bei der Umsetzung. Ändert ggf. das Programm eures Roboters und setzt ihn erneut auf die Freifläche.	15 min

Tabelle 2: Unterrichtseinheit „Informationsverarbeitung“: Arbeitsaufgaben und Durchführungsdauer

Informationserfassung und -verarbeitung, sowohl in der Technik als auch in lebenden Organismen. In diesem Zusammenhang sollte kurz auf das Nervensystem des Menschen eingegangen und erläutert werden, dass Synapsen auch zufällig feuern, wodurch sich ein Rauschen bei der Reizübertragung ergibt. Im Rahmen von Aufgabe 2 kann Rauschen mit dem Programmierblock *Zufall* simuliert werden. Bei der Chemotaxis z. B. peritrich begeißelter Bakterien wechseln sich Vorwärtsbewegung entlang eines Stoffkonzentrationsgradienten und zufällige Taumelbewegungen ab, die eine Richtungsänderung ermöglichen, wenn die Stoffkonzentration sinkt. Die Geschwindigkeit bei der Phototaxis soll bei Aufgabe 3 proportional zu der Lichtintensität steigen – dies ist ein Braitenberg-Vehikel vom Typ I (Braitenberg, 1984). Für eine effektive Phototaxis fehlt noch die Implementation einer Bewegungsrichtungsänderung.

Für Aufgabe 4 gibt es mehrere Lösungsmöglichkeiten. Zwei parallele Schleifen mit jeweils einem einzelnen Motor lassen sich hierbei gut umsetzen. Dies ist nun das „aggressive“ Braitenberg-Vehikel (Typ 2b). Die Braitenberg-Vehikel sollten mit Abb. 1

kurz vorgestellt werden und bei Aufgabe 5 sollte jeder Vehikel-Typ von mindestens einer Gruppe bearbeitet werden, wobei der Typ 2a) sehr einfach aus 2b) ableitbar ist. Durch die inhibitorische oder exitatorische Verknüpfung der zwei Sensoren mit den beiden Motoren können vier unterschiedliche Verhaltensmuster erzeugt werden: einige Roboter fliehen vor dem Licht, andere greifen den Lichtkegel an, einige bleiben darin stehen und wieder andere betrachten den Lichtkegel kurz und ziehen dann weiter. Diese Verhaltensmuster werden mitunter Emotionen zugeordnet. Hier ist jedoch für einen sprachbewussten Biologieunterricht wichtig, den Unterschied zwischen Verhalten und Emotionen zu verdeutlichen und im Ausdruck auf das Vermeiden von Begriffen zur Vermenschlichung der Roboter zu achten. Tiere, die mitunter vergleichbares Verhalten zeigen, sind z. B. Kellerassel (2a), Motte (2b), Eidechse (3a) und Katze (3b). Bei Aufgabe 6 werden sich Zusammenstöße nicht ganz vermeiden lassen und die Typen 2a) und 3b) müssen eingefangen werden bevor sie in dunklen Ecken des Raumes verschwinden bzw. gegen die Wand fahren.

Die Feinjustierung der Lichtempfindlichkeit und Bewegungsgeschwindigkeit erfordert einiges Ausprobieren, aber insgesamt sind bei der Umsetzung keine großen Schwierigkeiten zu erwarten, wenn der Klassenraum gut abgedunkelt werden kann. Ein Ultraschallsensor könnte bei ausreichend Zeit zusätzlich angebaut werden um Zusammenstöße zu vermeiden.

Musterlösungen:

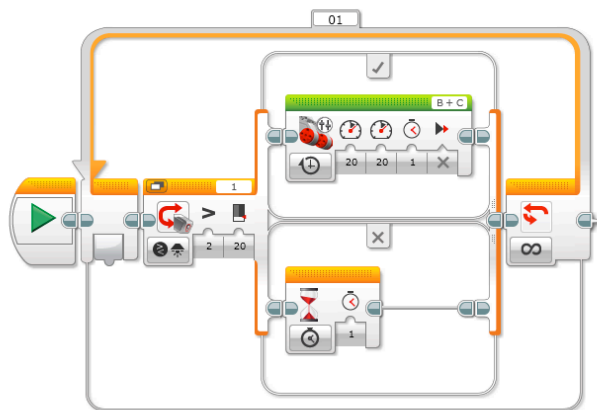


Abbildung 2: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Braitenberg-Vehicle“ Aufgabe 1: „Lasst euren Roboter geradeaus auf euch zufahren, wenn ihr ihn mit einer Taschenlampe anstrahlt. Sobald die Taschenlampe aus ist, soll er anhalten und warten. Verwendet zunächst nur einen der Lichtsensoren.“

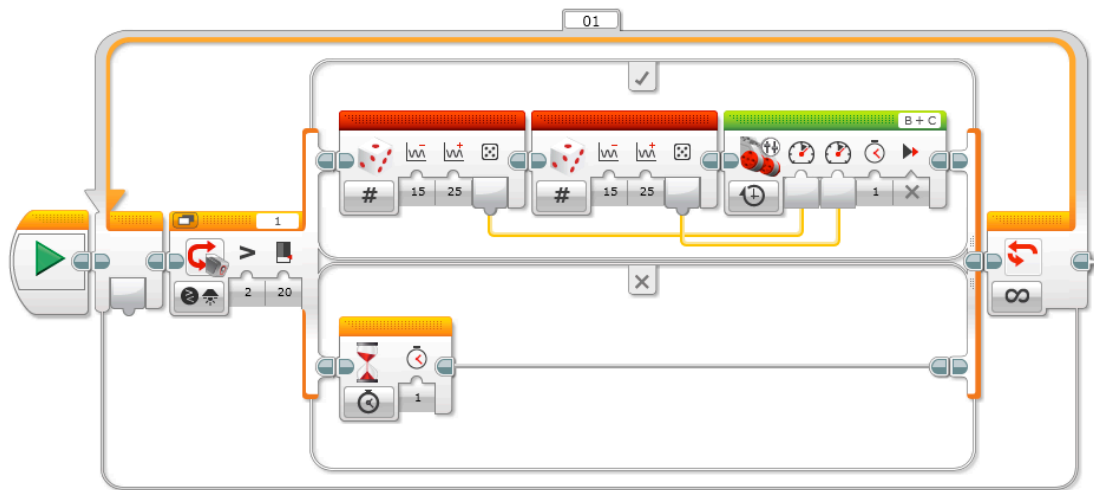


Abbildung 3: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Braitenberg-Vehicle“ Aufgabe 2:
„Lasst euren Roboter sich zufällig leicht nach rechts und links bewegen,
wenn er wie unter 1. auf euch zu fährt.“

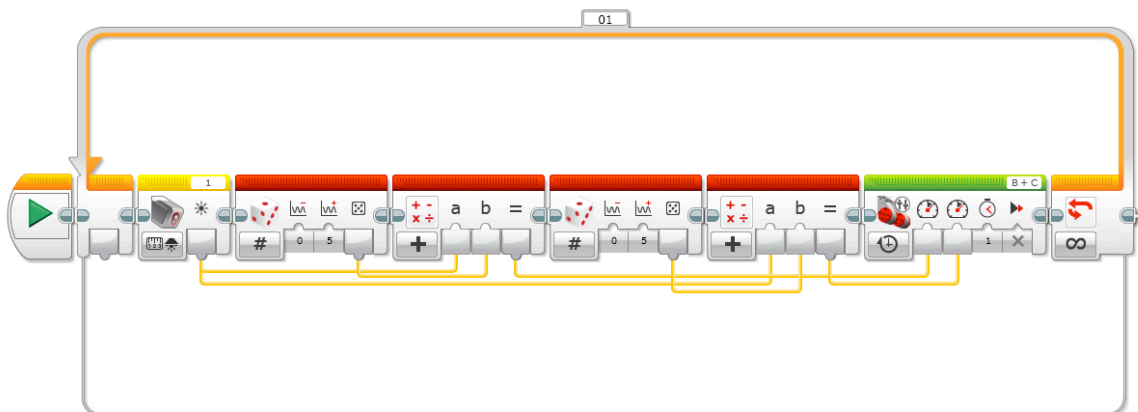


Abbildung 4: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Braitenberg-Vehicle“ Aufgabe 3:
„Lasst euren Roboter nun schneller auf euch zu fahren, wenn ihr ihn direkt
anstrahlt und langsamer werden, wenn die Lichtquelle weiter entfernt
ist.“

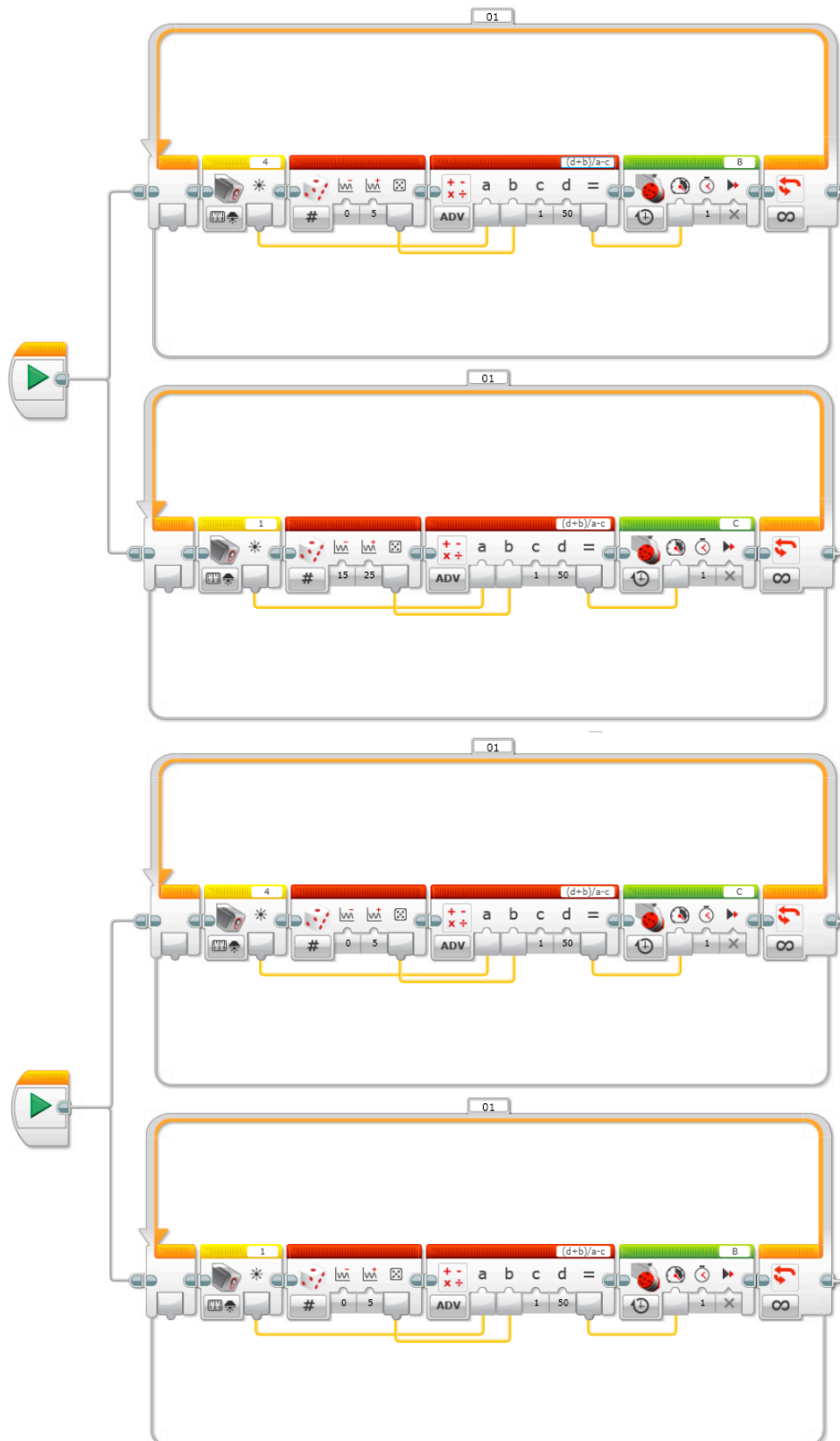


Abbildung 6: Beispiellösungen für die Unterrichtseinheit „Braitenberg-Vehikel“ Aufgabe 5: „Schreibt nun ein Programm für ein weiteres Braitenberg-Vehikel und testet seine Reaktion auf eine Lichtquelle.“ Dies sind die Braitenberg-Vehikel 3a) und 3b).

Tabellen:

Thema	Biologie		Informatik	
	Bildungsstandards	Rahmenlehrplan	GI-Standards	Rahmenlehrplan
Informationsverarbeitung	F1.4, F3.7, E10, K1	2.1.1FG, 2.1.3D, 2.2.1D, 2.2.3EF, 2.2.4D, 2.3.3D, 2.3.4D	C1, C2, C3, C4, S1, S3, S4	3.2, 3.5, 3.9, 2.2G, 2.3DE, 2.4G, 2.5G, 2.6F

Tabelle 3: Berücksichtigte Basiskonzepte und -kompetenzen der Biologie und Informatik in den erarbeiteten Unterrichtseinheiten, sowie deren Einordnung in die Themenfelder der zukünftigen Berliner Rahmenlehrpläne (Bildungsserver Berlin-Brandenburg, 2015a,b).

Informatik	Biologie
Information und Daten (C1)	System (F1), Struktur und Funktion (F2), Entwicklung (F3)
Algorithmen (C2)	System (F1), Struktur und Funktion (F2)
Sprachen und Automaten (C3)	System (F1), Struktur und Funktion (F2)
Informatiksysteme (C4)	System (F1), Struktur und Funktion (F2), Entwicklung (F3)
Informatik, Mensch und Gesellschaft (C5)	System (F1), Struktur und Funktion (F2), Entwicklung (F3)

Tabelle 4: Verknüpfung der Basiskonzepte (Inhaltsbereiche) der Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I (Gesellschaft für Informatik e.V., 2008) mit Basiskonzepten (Kompetenzbereich Fachwissen (F)) der Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2004).

Informatik	Biologie
Modellieren und Implementieren (S1)	wenden Modelle [...] an (E9), beurteilen die Aussagekraft eines Modells (E13)
Begründen und Bewerten (S2)	wenden Schritte aus dem experimentellen Weg der Erkenntnisgewinnung zur Erklärung an (E7), unterscheiden zwischen beschreibenden [...] und normativen [...] Aussagen (B1), beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe [...] (B5), erörtern Handlungsoptionen [...] im Sinne der Nachhaltigkeit (B7)
Strukturieren und Vernetzen (S3)	
Kommunizieren und Kooperieren (S4)	kommunizieren und argumentieren in verschiedenen Sozialformen (K1)
Darstellen und Interpretieren (S5)	mikroskopieren Zellen und stellen sie [...] dar (E1), veranschaulichen Daten [...] angemessen mit sprachlichen, mathematischen oder bildlichen Gestaltungsmitteln (K3), werten Informationen [...] aus und verarbeiten diese [...] adressaten- und situationsgerecht (K4), stellen Ergebnisse [...] dar und argumentieren damit (K6), wenden idealtypische Darstellungen, Schemazeichnungen, Diagramme und Symbolsprache [...] an (K10)

Tabelle 5: Verknüpfung der Basiskompetenzen (Prozessbereiche) der Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I (Gesellschaft für Informatik e.V., 2008) mit Basiskompetenzen (Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung (E), Kommunikation (K) und Bewertung (B)) der Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2004).

Roboteraufbau

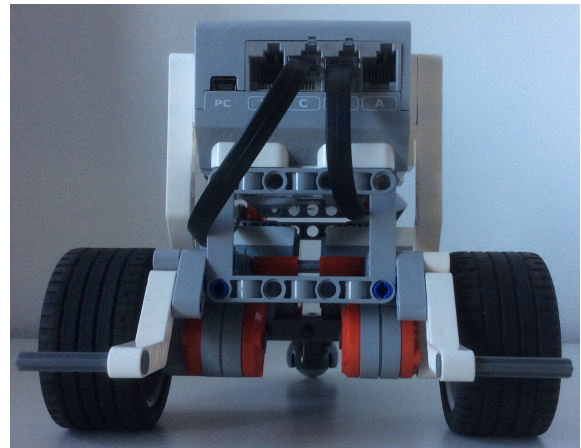
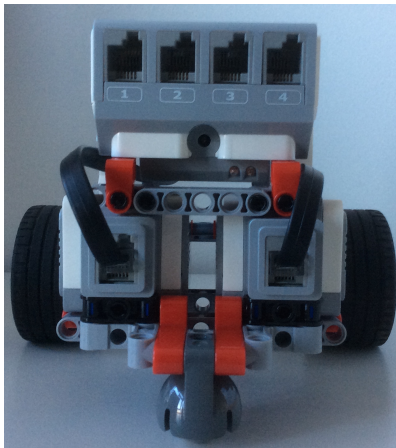
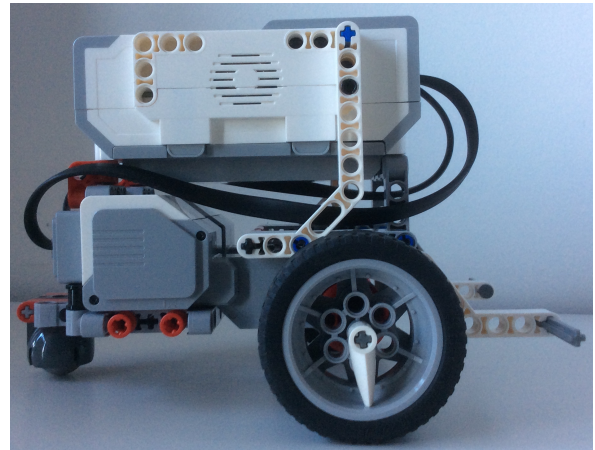


Abbildung 7: Aufbau des Standardfahrgestells der LEGO® MINDSTORMS® EV3-Roboter, wie in der EV3 Schüler Edition unter Robot Educator → Bauanleitungen → Fahrgestell (46 Schritte)

Lichtsensoren

Seitliche Positionierung

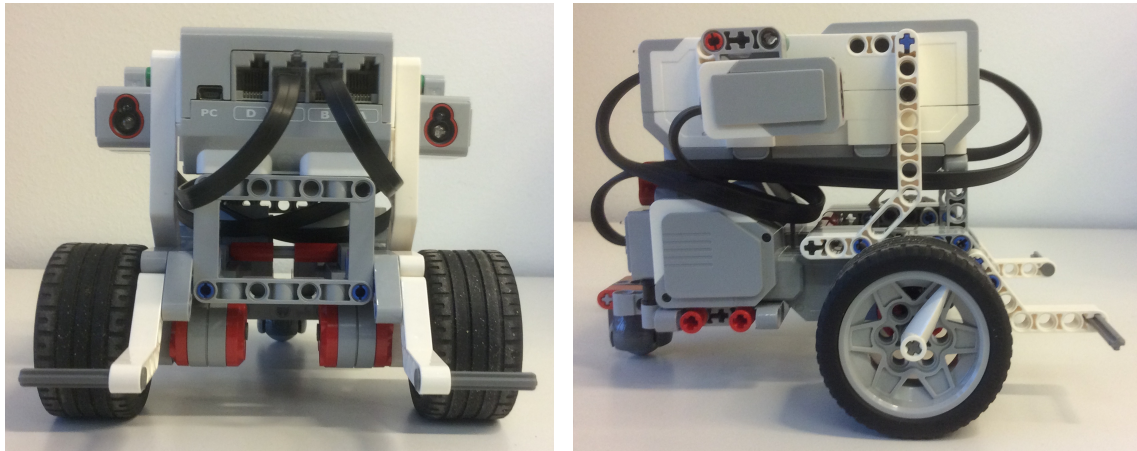


Abbildung 8: Lichtsensoren am Standardfahrgestell: Durch die zurückgesetzte, seitliche Positionierung können Lichtquellen geortet werden, da die Lichtintensität im Schatten des Roboters geringer ist.

Literatur

- [Bildungsserver Berlin-Brandenburg 2015a] BILDUNGSSERVER BERLIN-BRANDENBURG: *Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 1–10 der Berliner und Brandenburger Schulen. Teil C: Biologie. Jahrgangsstufen 7–10.* 2015. – URL http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Biologie_2015_11_10_WEB.pdf. – Zugriffsdatum: 31.12.16
- [Bildungsserver Berlin-Brandenburg 2015b] BILDUNGSSERVER BERLIN-BRANDENBURG: *Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 1–10 der Berliner und Brandenburger Schulen. Teil C: Informatik. Wahlpflichtfach. Jahrgangsstufen 7–10.* 2015. – URL http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Informatik_2015_11_10_WEB.pdf. – Zugriffsdatum: 31.12.16
- [Braitenberg 1984] BRAITENBERG, Valentio: *Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology*. MIT University Press Group Ltd, 1984. – ISBN 0262521121
- [Gesellschaft für Informatik e.V. 2008] GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E.V.: *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule.* 2008. – URL https://www.gi.de/fileadmin/redaktion/empfehlungen/Bildungsstandards_2008.pdf. – Zugriffsdatum: 31.12.16
- [KMK 2004] KMK: *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004).* 2004. – URL https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf. – Zugriffsdatum: 31.12.16