

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

PHYSIK

1. GLEICHFÖRMIGE BEWEGUNG

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 Physikunterricht 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 13) ca. 30 min mehr Zeit zur Verfügung gestellt werden müsste.

Gleichförmige Bewegung

Niveaustufe (Physik):	D–E	(vgl. Tab. 3)
Klassenstufe:	7 (abhängig von der Schulform)	
Vorwissen in Informatik:	Gering	
Informatische Inhalte:	Roboter als Informatiksysteme, Implementieren von Algorithmen, Daten und Messfehler, <i>Physical Computing</i>	(vgl. Tab. 3)
Robotortyp:	Standardfahrgestell der LEGO® MINDSTORMS® EV3	(vgl. Abbildung 13)
Sensoren:	Ultraschallsensor, Lichtsensor, Berührungssensoren	(vgl. Abbildung 14, 15, 16 und 17)
Zusätzliches Material:	Zollstock, Stoppuhren, farbiges Klebeband, Taschenlampen, ggf. Polstermaterial	

Tabelle 1: Aufgabenprofil der Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“

Gleichförmige und gleichförmig beschleunigte Bewegung, sowie gleichförmige Kreisbewegung sind ein zentrales Thema im Physikunterricht der Sekundarstufe I, da das Verständnis von Bewegungen dabei hilft sich viele Alltagssituationen zu erschließen. Während gleichförmig beschleunigte Bewegung in Experimenten zum freien Fall und gleichförmige Kreisbewegung z. B. mit einem Schleuderball erklärt werden können, bieten sich u. a. motorbetriebene Geräte dazu an, das Verständnis von gleichförmigen Bewegung zu festigen. LEGO® MINDSTORMS® EV3-Roboter können sich mit annähernd konstanter Geschwindigkeit vor- und zurück bewegen und ermöglichen durch eine Vielzahl an Sensoren unterschiedliche Untersuchungsmethoden zur Quantifizierung, die bzgl. Aufwand und Fehlerquellen stark variieren. Der Fokus dieser Unterrichtseinheit in Physik liegt somit auf dem Nutzen von Kenntnissen über (gleichförmige) Bewegung (F3, Basiskonzept „System“) und dem Vergleichen und Bewerten alternativer technischer Lösungen (Basiskompetenz B2).

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. In Bezug auf das Aufgabenniveau wurde sich an dem Schulbuch „Physik 7/8“ (Bader und Oberholz, 2006) orientiert. Schätzwerte für die Durchführungsdauer der einzelnen Aufgaben finden sich ebenfalls in Tabelle 2.

Hinweise zur Durchführung:

Bei Aufgabe 1 sollte als Programmierblock für den Motor *Hebelsteuerung* mit *An für n Sekunden* und *Am Ende Bremsen: Wahr* gewählt werden. Hier können Werte für *Leistung* und *Zeit* vorzeichenlos eingegeben werden. Es gibt viele Möglichkeiten die Geschwindigkeit der EV3-Roboter im Rahmen von Aufgabe 3 zu messen. Am intuitivsten ist vermutlich die Markierung einer definierten Strecke auf dem Fußboden und die Verwendung einer Stoppuhr. Es ist jedoch auch möglich, mit dem Ultraschallsensor die nach einer vorgegebenen Zeit zurück gelegte Strecke zu messen (solange sie kürzer als 2,5 m ist) oder die Zeit mit dem Roboter zu stoppen, die für eine gewisse Strecke benötigt wird. Mit einem Verhältnis von *Umdrehungen* zu Strecke von 1:17,6 cm (durch Ausprobieren ermittelbar oder aus dem Raddurchmesser (5,6 cm) errechenbar) kann die Geschwindigkeit außerdem durch Stoppen der Zeit für eine vorgegebene Umdrehungszahl oder das Messen der Umdrehungen während einer definierten Zeit ermittelt werden. Eine weitere Möglichkeit ist das Verwenden von Farb- bzw. Lichtschranken. Mit dem Lichtsensor können sowohl Farbwechsel auf dem Fußboden, z. B. durch farbiges

Aufgabe	Zeit
1. Lasst euren Roboter mit einer <i>Leistung</i> von 50% für eine definierte Zeit vorwärts fahren. Lasst euch außerdem die Zeit auf dem Roboterdisplay anzeigen.	10 min
2. Überlegt euch, mit welchen der gegebenen Sensoren und Programmierblöcke ihr die Geschwindigkeit eures Roboters bestimmen könntet. Tragt die unterschiedlichen Möglichkeiten an der Tafel zusammen.	10 min
3. Sucht euch zwei Möglichkeiten aus und bestimmt die Geschwindigkeit eures Roboters bei einer <i>Leistung</i> von 50%. Notiert eure Werte an der Tafel und vergleicht die zusammengetragenen Werte. Gibt es Vorgehensweisen, bei denen sie besonders stark voneinander abweichen? Diskutiert Fehlerquellen und Möglichkeiten Fehler zu reduzieren.	25 min
4. Bei einer gleichförmigen Bewegung sind s und t proportional. Ändert eines eurer Programme, so dass ihr überprüfen könnt, ob es sich bei der Bewegung der Roboter um eine gleichförmige Bewegung handelt. Bestimmt den Proportionalitätsfaktor.	10 min
5. Bestimmt nun auch den Proportionalitätsfaktor bei anderen <i>Leistungen</i> (10, 20, ..., 100%). Verändert dabei euer Programm so, dass ihr den Roboter nur einmal starten braucht, aber genug Zeit habt, die Messwerte abzulesen.	15 min
6. Tragt eure Proportionalitätsfaktoren gegen die <i>Leistung</i> auf. Steigen sie annähernd linear an? Vergleicht und diskutiert eure Ergebnisse.	10 min

Tabelle 2: Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“: Arbeitsaufgaben und Durchführungsdauer

Klebeband, als auch Änderungen im Umgebungslicht wahrgenommen werden. Wenn Anfangs- und Endpunkt einer definierten Strecke entweder mit Klebeband oder durch den Lichtstrahl einer Taschenlampe markiert sind, kann wiederum vom Roboter selbst die Zeit gestoppt werden, die er von einem Punkt zum anderen benötigt. Eine weitere, weniger elegante Möglichkeit ist das Verwenden der Berührungssensoren. Hierbei wird der Roboter in einer definierten Entfernung vor der Wand gestartet und die Zeit von dem Roboter gestoppt, sobald die Berührungssensoren gedrückt sind. Bei höheren Geschwindigkeiten sollte die Wand vorsorglich etwas abgepolstert werden.

Um auf eine gleichförmige Bewegung zu schließen zu können, muss für Aufgabe 4 eines der Programme (und ggf. der Versuchsaufbau) so verändert werden, dass mehrere Messungen hintereinander mit möglichst kleinen Zeitabschnitten durchgeführt werden. Bei Aufgabe 5 ist das Verwenden einer Schleife und einer Variable für die Leistung sinnvoll. Auf den Vorteil bzgl. der Übersichtlichkeit des Codes gegenüber einem zehnfachen Kopieren des unter Aufgabe 3 geschriebenen Programms ist hier kurz einzugehen. Nach jeder Messung sollte sich der Roboter um ca. 180° drehen,

da sonst der Platz im Klassenzimmer vermutlich nicht ausreicht um zehn Messungen nacheinander durchzuführen. Im Kontrollversuch zeigte sich zwischen 0 und 70 ein annähernd linearer Zusammenhang mit einer Steigung von $0,5 \frac{cm}{s}$ pro Leistungseinheit (vgl. Abb. 12). Bei ausreichender Zeit könnte an dieser Stelle noch über Gründe für einen Abfall der Steigung diskutiert werden.

Da die Justierung des Lichtsensors mitunter Schwierigkeiten bereiten kann, sollte diese Vorgehensweise nach Möglichkeit nur von leistungstärkeren SchülerInnen gewählt werden. Bei der Umsetzung der anderen Methoden sind jedoch keine größeren Probleme zu erwarten.

Musterlösungen:

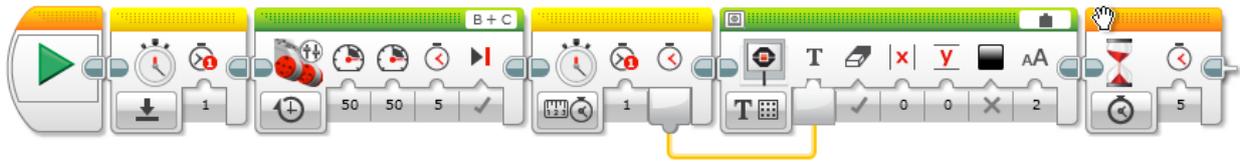


Abbildung 1: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 1: „Lasst euren Roboter mit einer *Leistung* von 50% für eine definierte Zeit vorwärts fahren. Lasst euch außerdem die Zeit auf dem Roboterdisplay anzeigen.“

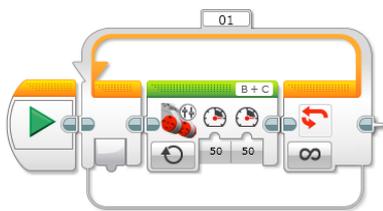


Abbildung 2: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 3: „Sucht euch zwei Möglichkeiten aus und bestimmt die Geschwindigkeit eures Roboters bei einer *Leistung* von 50%.“ Variante 1: Markierung einer definierten Strecke auf dem Fußboden und Verwendung einer Stoppuhr.

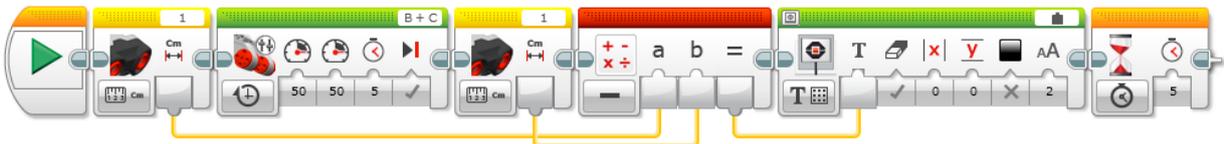


Abbildung 3: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 3: „Sucht euch zwei Möglichkeiten aus und bestimmt die Geschwindigkeit eures Roboters bei einer *Leistung* von 50%.“ Variante 2: Mit dem Ultraschallsensor die nach einer vorgegebenen Zeit zurück gelegte Strecke messen.

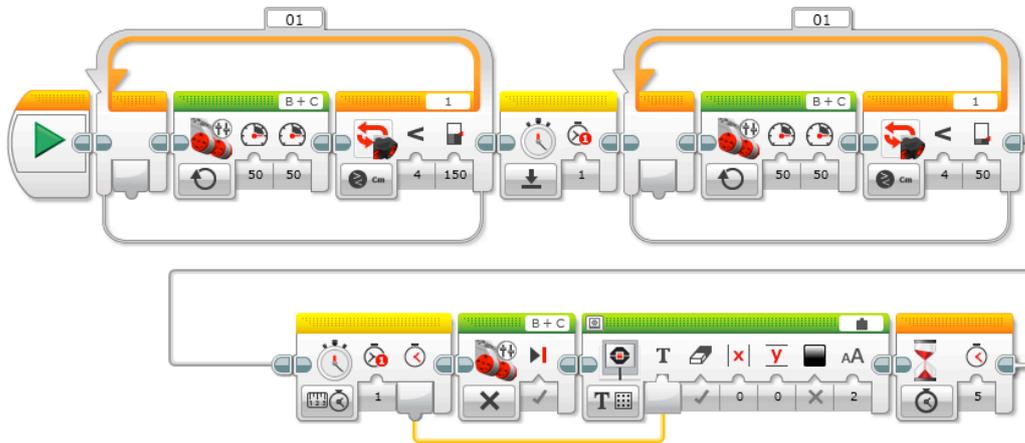


Abbildung 4: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 3: „Sucht euch zwei Möglichkeiten aus und bestimmt die Geschwindigkeit eures Roboters bei einer *Leistung* von 50%.“ Variante 3: Unter Verwendung des Ultraschallsensors die Zeit mit dem Roboter zu stoppen, die für eine gewisse Strecke benötigt wird.

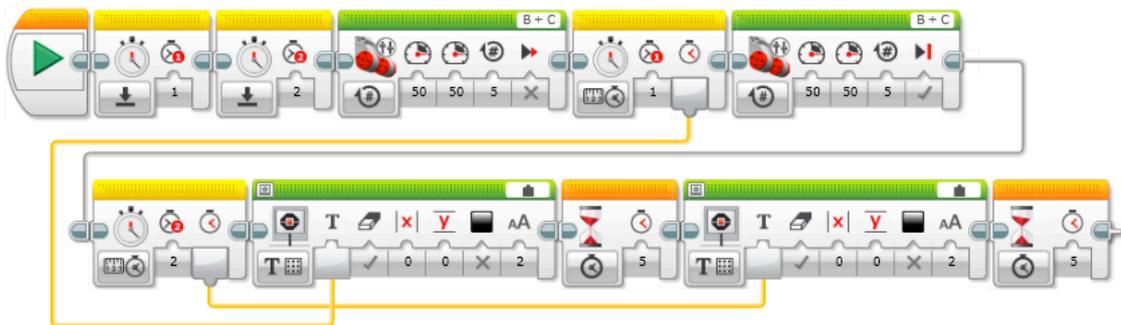


Abbildung 5: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 3: „Sucht euch zwei Möglichkeiten aus und bestimmt die Geschwindigkeit eures Roboters bei einer *Leistung* von 50%.“ Variante 4: Die Geschwindigkeit durch Stoppen der Zeit für eine vorgegebene Umdrehungszahl ermitteln.

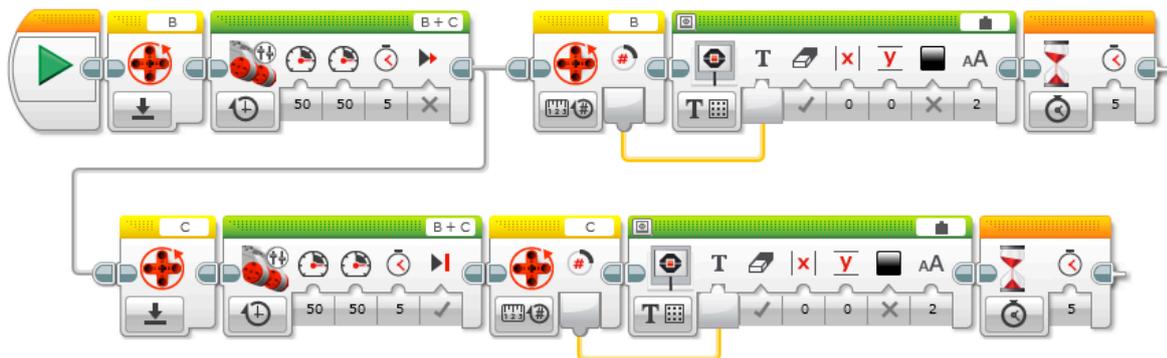


Abbildung 6: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 3: „Sucht euch zwei Möglichkeiten aus und bestimmt die Geschwindigkeit eures Roboters bei einer *Leistung* von 50%.“ Variante 5: Die Geschwindigkeit durch das Messen der Umdrehungen während einer definierten Zeit ermitteln.

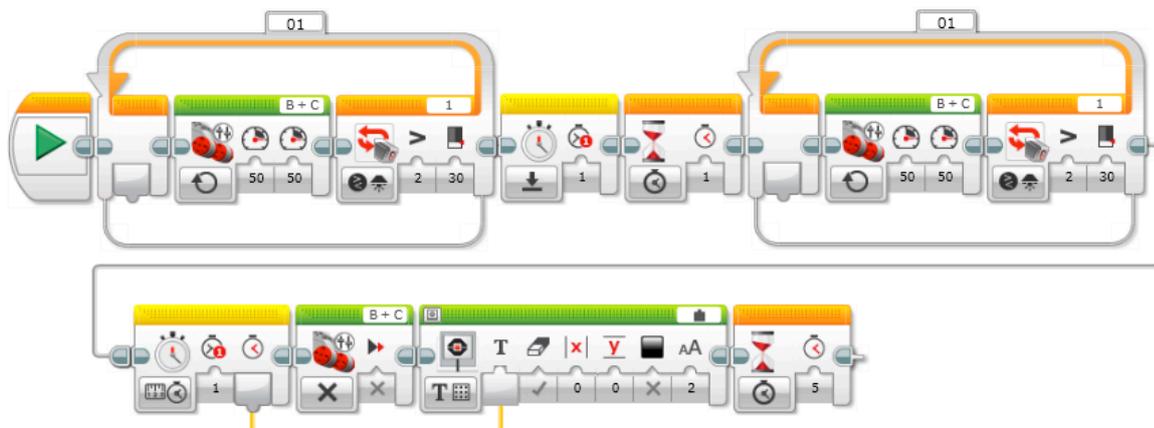


Abbildung 7: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 3: „Sucht euch zwei Möglichkeiten aus und bestimmt die Geschwindigkeit eures Roboters bei einer *Leistung* von 50%.“ Variante 6: Mit dem Lichtsensor können Änderungen im Umgebungslicht wahrgenommen werden. Wenn Anfangs- und Endpunkt einer definierten Strecke durch den Lichtstrahl einer Taschenlampe markiert sind, kann vom Roboter selber die Zeit gestoppt werden, die er von einem Punkt zum anderen benötigt.

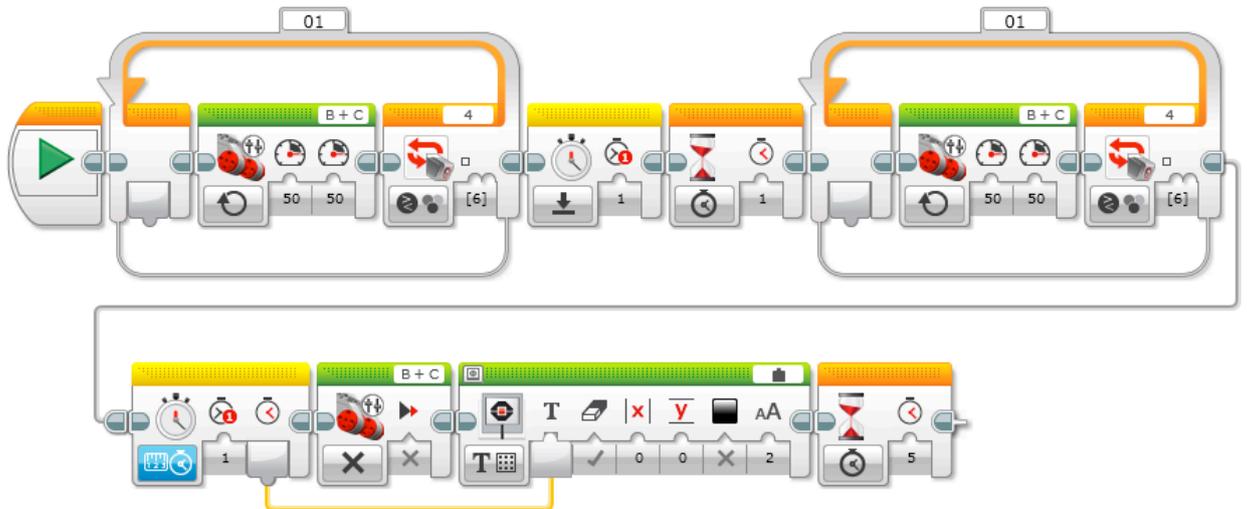


Abbildung 8: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 3: „Sucht euch zwei Möglichkeiten aus und bestimmt die Geschwindigkeit eures Roboters bei einer *Leistung* von 50%.“ Variante 7: Mit dem Lichtsensor können Farbwechsel auf dem Fussboden, z. B. durch farbiges Klebeband, wahrgenommen werden. Wenn Anfangs- und Endpunkt einer definierten Strecke mit Klebeband markiert sind, kann vom Roboter selber die Zeit gestoppt werden, die er von einem Punkt zum anderen benötigt.

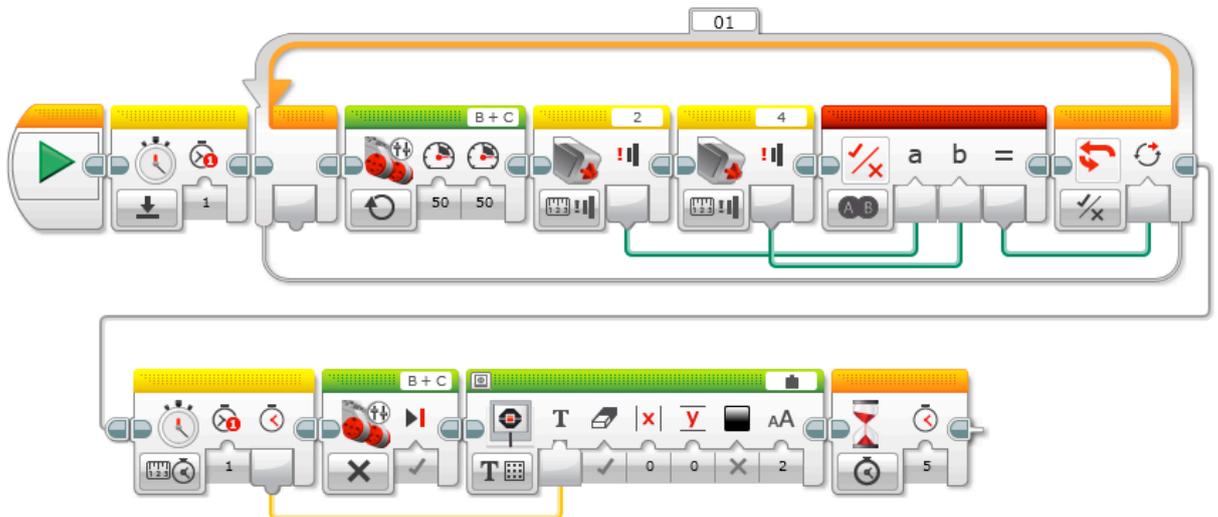


Abbildung 9: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 3: „Sucht euch zwei Möglichkeiten aus und bestimmt die Geschwindigkeit eures Roboters bei einer *Leistung* von 50%.“ Variante 8: Der Roboter wird eine definierte Entfernung vor der Wand gestartet und die Zeit von dem Roboter gestoppt, sobald die Berührungssensoren gedrückt sind.

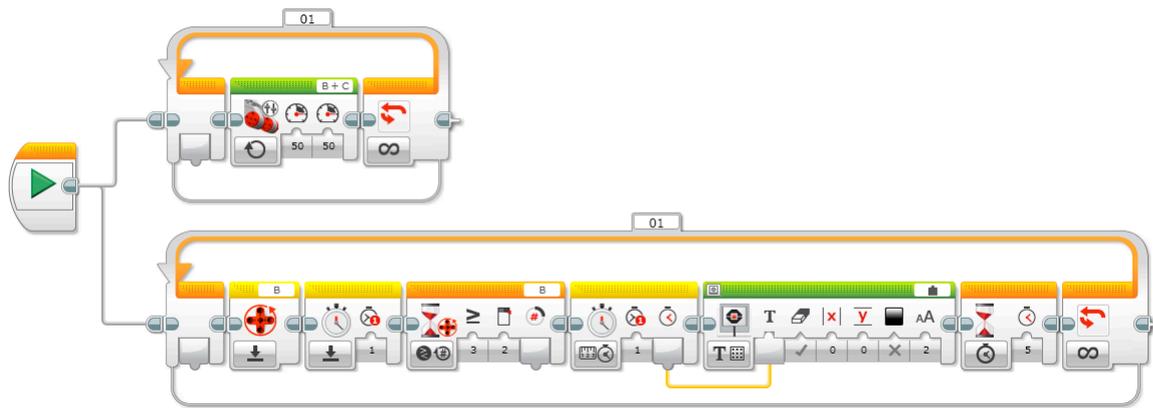


Abbildung 10: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 4: „Ändert eines eurer Programme, so dass ihr überprüfen könnt, ob es sich bei der Bewegung der Roboter um eine gleichförmige Bewegung handelt.“



Abbildung 11: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Gleichförmige Bewegung“ Aufgabe 5: „Bestimmt nun auch den Proportionalitätsfaktor bei anderen Leistungen (10, 20, ..., 100%). Verändert dabei euer Programm so, dass ihr den Roboter nur einmal starten braucht, aber genug Zeit habt, die Messwerte abzulesen.“

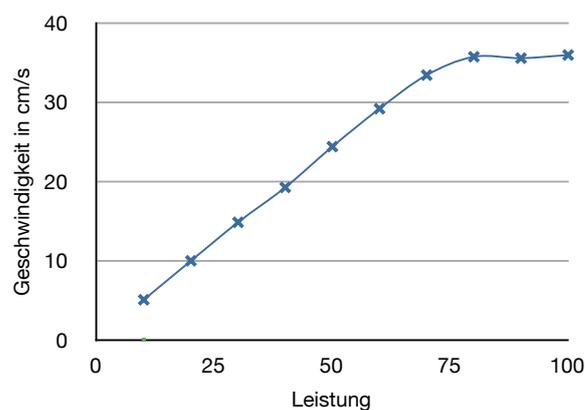


Abbildung 12: Motorleistung gegen Geschwindigkeit bei LEGO® MINDSTORMS® EV3-Robotern: Zwischen 0 und 70% zeigt sich ein annähernd linearer Zusammenhang mit einer Steigung von $0,5 \frac{cm}{s}$ pro Leistungseinheit.

Tabellen:

Thema	Physik		Informatik	
	Bildungsstandards	Rahmenlehrplan	GI-Standards	Rahmenlehrplan
Gleichförmige Bewegung	Wechselwirkung & System (F1, F3), E7, E9, K1, K5, K7, B2	2.1.2D, 2.1.3DE, 2.2.1D, 2.2.2DE, 2.2.4D, 2.3.2D, 2.3.3D, 2.4.1D, 2.4.2EF, 3.7	C1, C2, C3, C4, S1, S2, S3, S4, S5	3.2, 3.4, 3.5, 3.9, 2.2G, 2.3DE, 2.5F, 2.6F

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

Informatik	Physik
Information und Daten (C1)	Wechselwirkung, Energie
Algorithmen (C2)	Wechselwirkung, System
Sprachen und Automaten (C3)	System
Informatiksysteme (C4)	Materie, Wechselwirkung, System, Energie
Informatik, Mensch und Gesellschaft (C5)	Wechselwirkung, Energie

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

Informatik	Physik
Modellieren und Implementieren (S1)	verwenden Analogien und Modellvorstellungen zur Wissensgenerierung (E3), planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse (E8)
Begründen und Bewerten (S2)	zeigen an einfachen Beispielen die Chancen und Grenzen physikalischer Sichtweisen bei inner- und außerfachlichen Kontexten auf (B1), vergleichen und bewerten alternative technische Lösungen [...] (B2)
Strukturieren und Vernetzen (S3)	nutzen physikalisches Wissen zum Bewerten von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen [...] (B3), benennen Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen (B4)
Kommunizieren und Kooperieren (S4)	recherchieren in unterschiedlichen Quellen (K3), beschreiben den Aufbau einfacher technischer Geräte und deren Wirkungsweise (K4), dokumentieren die Ergebnisse ihrer Arbeit (K5)
Darstellen und Interpretieren (S5)	wählen Daten und Informationen [...] aus, prüfen sie auf Relevanz und ordnen sie (E2), wenden einfache Formen der Mathematisierung an (E4), nehmen einfache Idealisierungen vor (E5)

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

Roboter Aufbau

Standard Aufbau

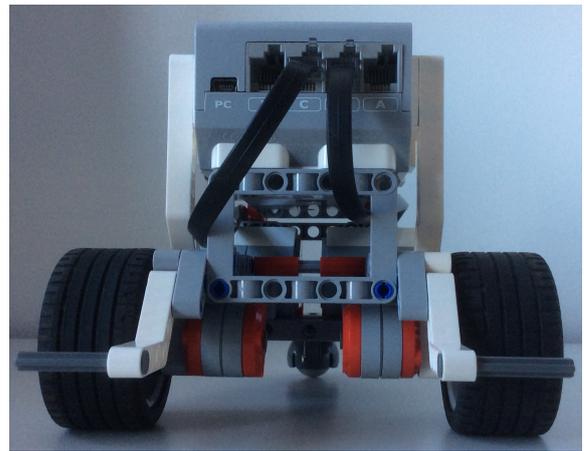
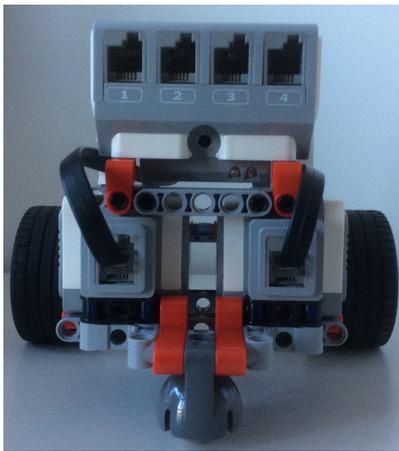
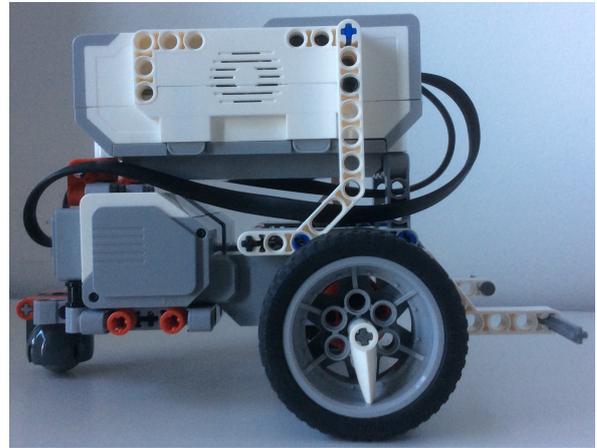


Abbildung 13: Aufbau des Standardfahrgestells der LEGO® MINDSTORMS® EV3-Roboter, wie in der EV3 Schüler Edition unter Robot Educator → Bauanleitungen → Fahrgestell (46 Schritte)

Ultraschallsensor

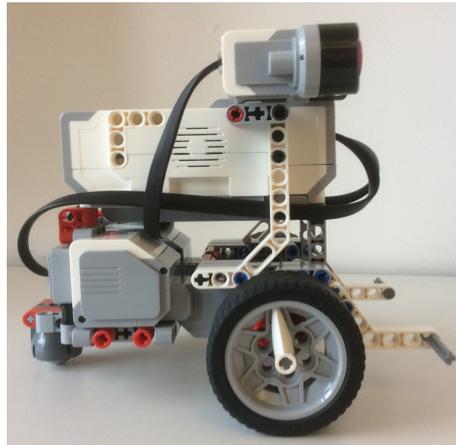
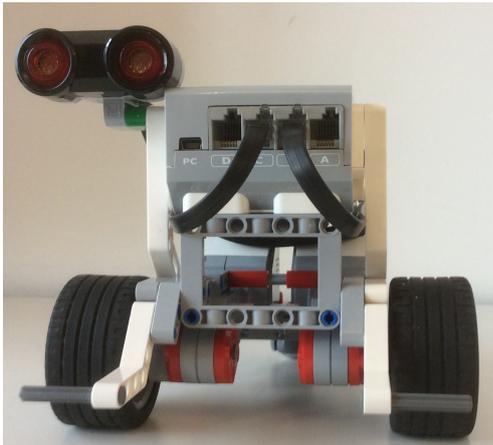


Abbildung 14: Ultraschallsensor am Standardfahrgestell zum Detektieren von Abständen bis zu 2,5 m.

Lichtsensoren

Nach unten gerichtet

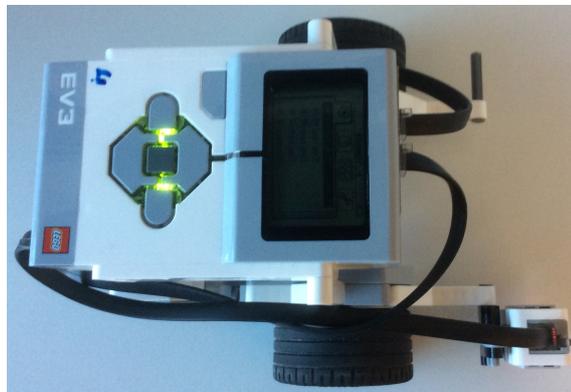
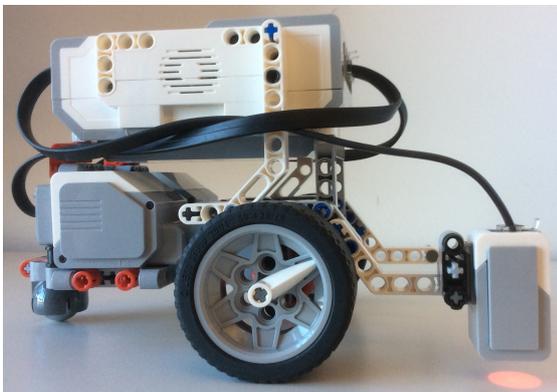


Abbildung 15: Lichtsensor am Standardfahrgestell: Zur Messung des reflektierten Lichts und somit der Untergrundfarbe wird hier der Lichtsensor nach unten gerichtet.

Zur Seite gerichtet

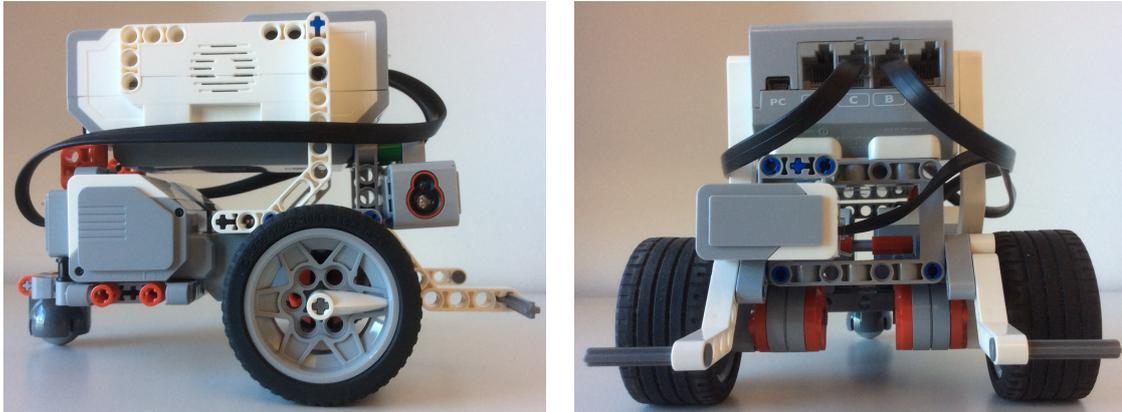


Abbildung 16: Lichtsensor am Standardfahrgestell zur Seite gerichtet zum Detektieren von Lichtschranken.

Berührungssensoren mit und ohne Ultraschallsensor

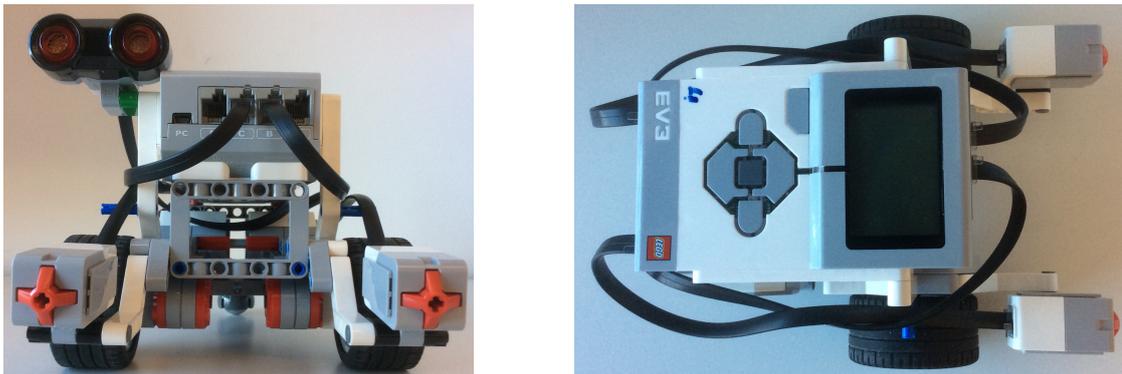


Abbildung 17: Berührungssensoren am Standardfahrgestell zum Detektieren von frontalen Stößen (in Kombination mit Ultraschallsensor).

Literatur

- [Bader und Oberholz 2006] BADER, Franz (Hrsg.) ; OBERHOLZ, Heinz-Werner (Hrsg.): *Dorn-Bader Physik 7/8. Sekundarstufe 1. Schülerband. Berlin*. Schroedel Verlag GmbH, 2006. – ISBN 3507862174
- [Bildungsserver Berlin-Brandenburg 2015a] 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
- [Bildungsserver Berlin-Brandenburg 2015b] BILDUNGSSERVER BERLIN-BRANDENBURG: *Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 1–10 der Berliner und Brandenburger Schulen. Teil C: Physik. Jahrgangsstufen 7–10*. 2015. – URL http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Physik_2015_11_16_web.pdf. – Zugriffsdatum: 31.12.16
- [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 Physik 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-Physik.pdf. – Zugriffsdatum: 31.12.16