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

Chemie

1. Thermische Zustandsgleichung idealer Gase

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 Chemieunterricht 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-Robotor 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 4) ca. 30 min mehr Zeit zur Verfügung gestellt werden müsste.

Thermische Zustandsgleichung idealer Gase

Niveaustufe (Chemie):	E–F	(vgl. Tab. 3)
Klassenstufe:	8 (abhängig von der Schulform)	
Vorwissen in Informatik:	Kenntnisse von algorithmischen Grundstrukturen	
Informatische Inhalte:	Roboter als Informatiksysteme, Implementieren von Algorithmen, Projektmanagement, *Physical Computing*	(vgl. Tab. 3)
Robotortyp:	Standardfahrgestell der LEGO® MINDSTORMS® EV3	(vgl. Abbildung 4)
Sensoren:	Ultraschallsensor und zwei Berührungssensoren	(vgl. Abbildung 5)
Zusätzliches Material:	Tische, ggf. LEGO®-Steine zur Verbreiterung der Berührungsfläche	(vgl. Abbildung 6)

Tabelle 1: Aufgabenprofil der Unterrichtseinheit „Thermische Zustandsgleichung idealer Gase“

Der Zusammenhang zwischen den Zustandsgrößen Druck p, Volumen V, Stoffmenge n und Temperatur T bei einem idealen Gas wird mit der thermischen Zustandsgleichung idealer Gase beschrieben:

$$p \cdot V = n \cdot R_m \cdot T \tag{1}$$

Hierbei ist R_m die universelle Gaskonstante. Es gibt chemische Reaktionen, wie z. B. die Knallgasreaktion, die stark temperatur- und druckabhängig sind. Daher ist das Verständnis von Zusammenhang und Veränderung physikalischer Größen bei Gasen auch wichtig für den Chemieunterricht. Mit LEGO® MINDSTORMS® EV3-Robotern kann die Bewegung von Gasteilchen in einem definierten Volumen simuliert werden. Der Fokus dieser Unterrichtseinheit bzgl. Chemie liegt somit auf dem Beschreiben der typischen Eigenschaften von Gasen (Basiskonzept „Stoff-Teilchen-Beziehungen“ (F1)), sowie Modellbildung, -implementierung und -kritik (Basiskompetenz E7).

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 „Chemie heute – Sekundarbereich I“ (Asselborn u. a., 2013) orientiert. Schätzwerte für die Durchführungsdauer der einzelnen Aufgaben finden sich ebenfalls in Tabelle 2.

Hinweise zur Durchführung:

Ein Grundwissen über Gase im Teilchenmodell, sowie die nominelle Kenntnis der thermische Zustandsgleichung idealer Gase wird für diese Unterrichtseinheit vorausgesetzt. Die Zusammenhänge zwischen den Zustandsgrößen werden jedoch im Folgenden erarbeitet.

Das Anhalten des Roboters in einem Abstand von 25 cm vor der Wand (Aufgaben 1 & 2) ermöglicht eine Drehung. Wenn der Roboter jedoch zufällig genau in eine Ecke fährt, kommt er mitunter aus der Ecke nicht wieder heraus. Ein alternativer Modellaufbau wäre möglich, in dem die Arena durch farbiges Klebeband begrenzt wird und die Roboter einen Lichtsensor verwenden um in dieser Fläche zu bleiben, jedoch simuliert eine starre Begrenzung besser die Bedingungen in einem geschlossenen Gefäß und somit die Zustandsgröße V. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Roboter bewegen, repräsentiert die Zustandsgröße T. Die Anzahl der Roboter in der Arena gibt

Aufgabe	Zeit
1. Baut den Ultraschallsensor und zwei Berührungssensoren an euren Roboter. Schreibt ein Programm, bei dem sich euer Roboter solange gleichmäßig vorwärts bewegt, bis der Ultraschallsensor einen Gegenstand 25 cm vor dem Roboter wahrnimmt.	10 min
2. Erweitert euer Programm so, dass euer Roboter (nach dem er vor einem Gegenstand stehen geblieben ist) einen kurzen Ton abspielt, sich dann um ca. 180° dreht und weiterfährt. Dies soll sich so lange wiederholen, bis ihr einen oder beide Berührungssensoren drückt.	10 min
3. Eure Roboter sollen nun die Bewegung von Gasteilchen in einem definierten Volumen simulieren. Baut dafür aus den Tischflächen von auf die Seite gelegten Tischen eine „Arena“. Lasst eure Roboter gleichzeitig an unterschiedlichen Stellen in der Arena starten und beobachtet ihre Bewegung. Diskutiert welche Größen der thermischen Zustandsgleichung idealer Gase in diesem Modell repräsentiert werden, was für Probleme auftreten und wie diese ggf. behoben werden können.	15 min
4. Setzt erarbeitete Vorschläge zur Verbesserung des Modells um und startet wieder gleichzeitig einen Testlauf.	15 min
5. Untersucht nun, wie sich die Messgröße für Druck in diesem Modell abhänging von den anderen Größen verändert. Einigt euch auf eine geeignete Vorgehensweise und setzt diese um.	20 min
6. Stellt eure Ergebnisse grafisch an der Tafel dar und diskutiert, ob sie euren Erwartungen entsprechen. Geht dabei insbesondere auf die Proportionalität der Zustandsgrößen ein.	10 min

Tabelle 2: Unterrichtseinheit „Thermische Zustandsgleichung idealer Gase“: Arbeitsaufgaben und Durchführungsdauer

die Teilchenzahl n wieder und die Anzahl der gespielten Töne pro Minute repräsentieren den Druck p, da dies die Häufigkeit der Stöße gegen die Gefäßwand simuliert (Aufgabe 3). Diese Stöße sind in diesem Modell unrealistisch dargestellt, da die Änderung der Bewegungsrichtung zu langsam und nicht im korrekten Winkel erfolgt.

Vorschläge für eine Verbesserung des Modells wären z. B. eine Ergänzung für den Berührungssensor (vgl. Abbildung 6), durch die sich die Berührungsfläche vergrößert und in Kombination mit einem kurzen Rückwärtsfahren vor der Drehung ein Festfahren in den Ecken zuverlässiger delektiert und verhindert. Alternativ könnte das Anhalten des Roboters schon bei einem Abstand von 35 cm vor der Wand erfolgen, jedoch reagieren die Roboter dann auch früher auf andere Roboter. Wenn Roboter direkt aufeinander zufahren, bremsen sie wie vor einer Wand ab und spielen einen Ton. Dies verfälscht die Repräsentation der Zustandsgröße p. LEGO® MINDSTORMS® EV3-Roboter

können aber auch die Ultraschallsensoren anderer Roboter wahrnehmen und damit unterscheiden, ob sie auf einen Roboter oder die Wand zu fahren und daraufhin bei der Drehung z. B. keinen oder einen anderen Ton abspielen. Eine weitere Verbesserung wäre eine geringfügige, zufällige Variation des Drehwinkels um zu verhindern, dass Roboter mitunter nur zwischen zwei gegenüberliegenden Seiten der Arenawand hin und her fahren.

Für Aufgabe 5 soll untersucht werden, wie sich die Messgröße *Töne pro Minute* verändert, wenn die Geschwindigkeit und Anzahl der Roboter, sowie die Größe der Fläche variiert wird. Die Größe der Fläche kann mit Hilfe des Ultraschallsensors bestimmt werden, da unter *Port View* Distanzen bis 2,5 m ausgemessen werden können.

Die Zustandsgrößen n und T verändern sich proportional zu p, V hingegen antiproportional. Das lässt sich in diesem Modellversuch ebenfalls zeigen. Abschließend sollte noch kurz darauf eingegangen werden, dass in realen Gasgemischen durch die hohe Teilchenzahl mehr Zusammenstöße und somit eine häufigere Änderung der Bewegungsrichtung erfolgt. Dies bietet einen Einstieg in oder eine Wiederholung der Brown'schen Molekularbewegung. Außerdem sollte erarbeitet werden, dass chemische Reaktionen wie die Knallgasreaktion unter Annahme von konstanter Teilchenzahl sowohl durch eine Erhöhung des Drucks und der Temperatur, als auch durch eine Verringerung des Volumes begünstigt werden.

Musterlösungen:

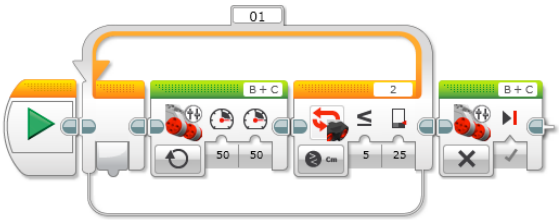

Abbildung 1: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Thermische Zustandsgleichung idealer Gase“ Aufgabe 1: „Schreibt ein Programm, bei dem sich euer Roboter solange gleichmäßig vorwärts bewegt, bis der Ultraschallsensor einen Gegenstand 25 cm vor dem Roboter wahrnimmt.“

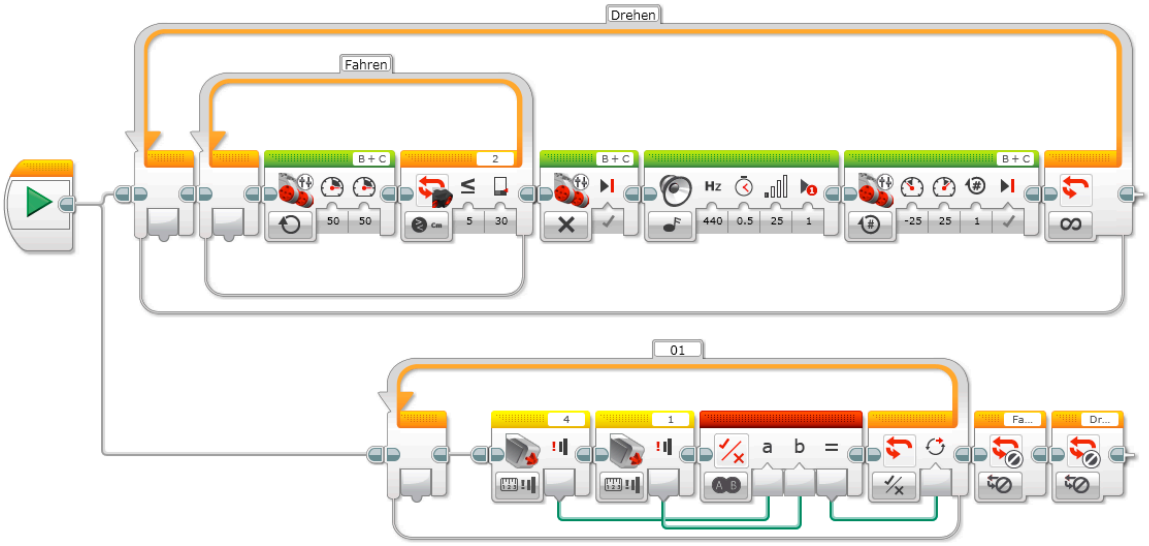

Abbildung 2: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Thermische Zustandsgleichung idealer Gase“ Aufgabe 2: „Erweitert euer Programm so, dass euer Roboter (nach dem er vor einem Gegenstand stehen geblieben ist) einen kurzen Ton abspielt, sich dann um ca. 180° dreht und weiterfährt. Dies soll sich so lange wiederholen, bis ihr einen oder beide Berührungssensoren drückt.“

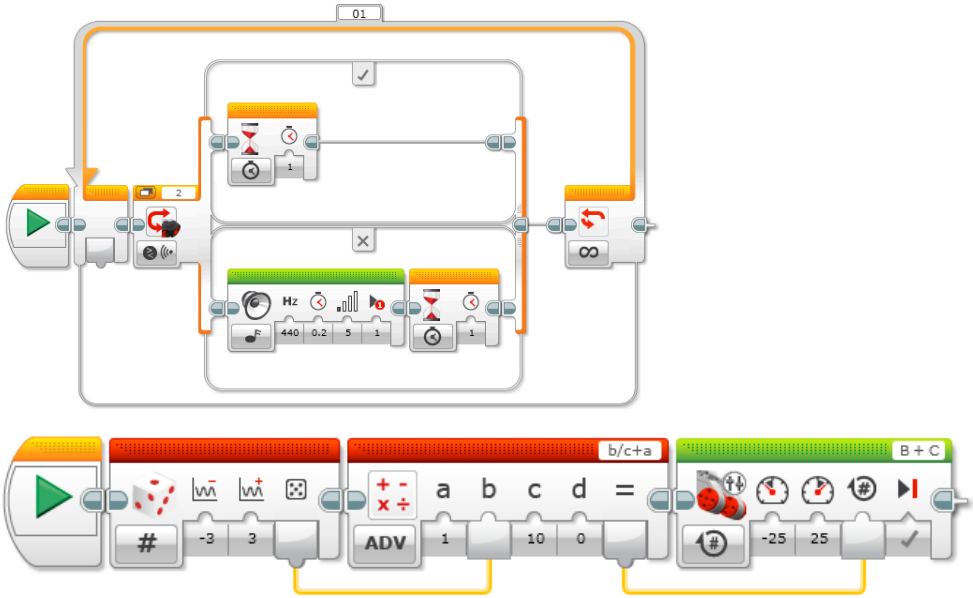

Abbildung 3: Beispiellösungen für die Unterrichtseinheit „Thermische Zustandsgleichung idealer Gase“ Aufgabe 4: Ergänzunsvorschläge zur Verbesserung des Modells: 1. Erkennen anderer Roboter bzw. Ultraschallsensoren 2. Variation des Drehungswinkels.

Tabellen:

Thema	Chemie		Informatik	
	Bildungsstandards	Rahmenlehrplan	GI-Standards	Rahmenlehrplan
Ideale Gase	F1.1, F4.1, F3.7, E2, E6, E7, K4, K6, K10, B3	3.3, 3.7, 2.1.1F, 2.1.4D, 2.2.1D, 2.2.3EF, 2.2.4E, 2.3.2D, 2.3.3D, 2.4.1EF	C1, C2, C3, C4, S1, S2, S3, S4, S5	3.2, 3.5, 3.8, 3.9, 2.2G, 2.3DE, 2.4F, 2.5F, 2.6G

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

Informatik	Chemie
Information und Daten (C1)	Energie (F4), Stoff-Teilchen-Beziehungen (F1), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (F2)
Algorithmen (C2)	Stoff-Teilchen-Beziehungen (F1), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (F2), Chemische Reaktion (F3)
Sprachen und Automaten (C3)	Chemische Reaktion (F3)
Informatiksysteme (C4)	Energie (F4), Stoff-Teilchen-Beziehungen (F1), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (F2)
Informatik, Mensch und Gesellschaft (C5)	Energie (F4), Stoff-Teilchen-Beziehungen (F1), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (F2), Chemische Reaktion (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 Chemie für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2004).

Informatik	Chemie
Modellieren und Implementieren (S1)	erkennen und entwickeln Fragestellungen, die [...] durch chemische Experimente zu beantworten sind (E1), planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen (E2), führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch [...] (E3)
Begründen und Bewerten (S2)	diskutieren und bewerten gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven (B5), binden chemische Sachverhalte in Problemzusammenhänge ein [...] (B6)
Strukturieren und Vernetzen (S3)	stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her [...] (K5), planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit als Team (K10)
Kommunizieren und Kooperieren (S4)	beschreiben, veranschaulichen oder erklären chemische Sachverhalte [...] mit Hilfe von Modellen und Darstellungen (K4), dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit [...] (K7)
Darstellen und Interpretieren (S5)	erheben bei Untersuchungen [...] relevante Daten oder recherchieren sie (E5), nutzen geeignete Modelle [...] um chemische Fragestellungen zu bearbeiten (E7)

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 Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2004).

Roboteraufbau

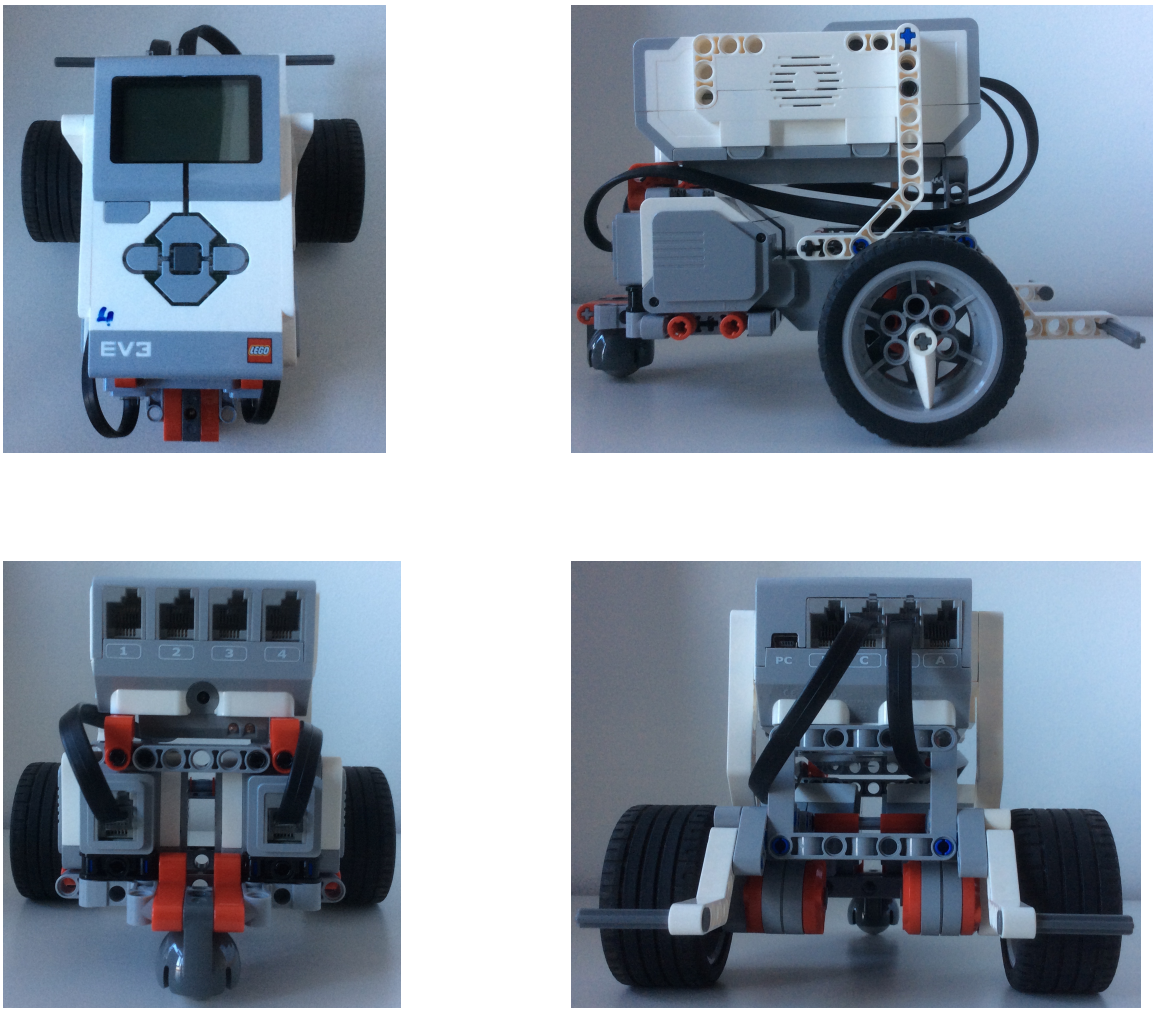

Abbildung 4: Aufbau des Standardfahrgestells der LEGO® MINDSTORMS® EV3-Robotor, wie in der EV3 Schüler Edition unter Robot Educator → Bauanleitungen → Fahrgestell (46 Schritte)

Berührungssensoren

Berührungssensoren mit und ohne Ultraschallsensor

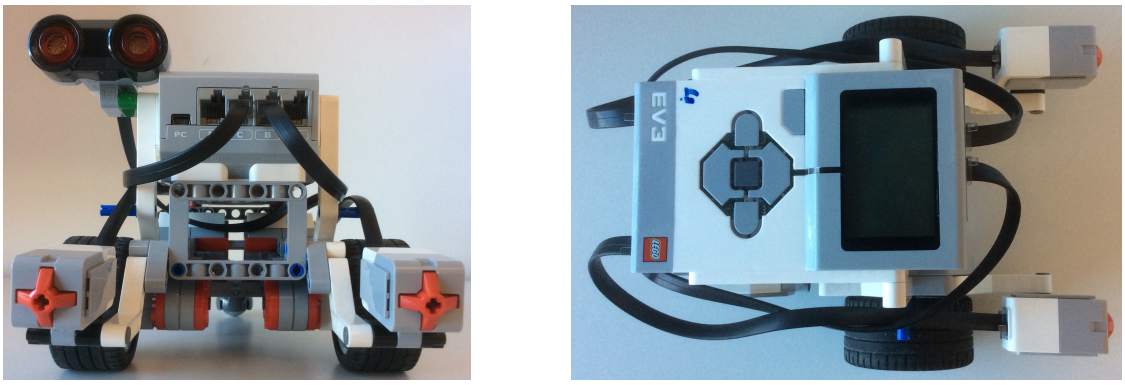

Abbildung 5: Berührungssensoren am Standardfahrgestell zum Detektieren von frontalen Stößen (in Kombination mit Ultraschallsensor).

Verbreiterung der Berührungsfläche

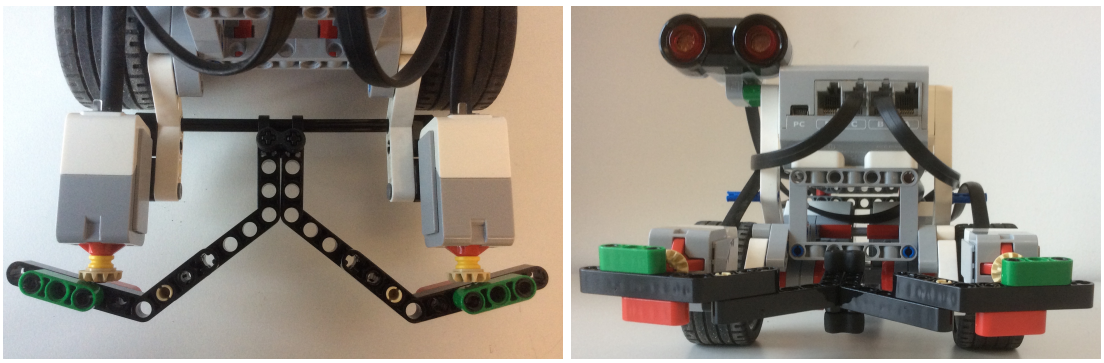

Abbildung 6: Berührungssensoren mit verbreiterter Berührungsfläche am Standardfahrgestell.

Literatur

[Asselborn u. a. 2013] Asselborn, Wolfgang (Hrsg.) ; Jäckel, Manfred (Hrsg.) ; Risch, Karl (Hrsg.) ; Sieve, Bernhard (Hrsg.): *Chemie heute – Sekundarbereich I. Gesamtband.* Schroedel Verlag GmbH, 2013. – ISBN 3507880091

[Bildungsserver Berlin-Brandenburg 2015a] Bildungsserver Berlin-Brandenburg: *Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 1 –10 der Berliner und Brandenburger Schulen. Teil C: Chemie. Jahrgangsstufen 7 –10.* 2015. – URL `http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Chemie_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

[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 Chemie 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-Chemie.pdf`. – Zugriffsdatum: 31.12.16