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

2. Steuerung und Regelung: Homöostase durch negative Rückkopplung

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-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 9) ca. 30 min mehr Zeit zur Verfügung gestellt werden müsste.

1 Steuerung und Regelung: Homöostase durch negative Rückkopplung

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, Datenoperationen, Projektmanagement, *Physical Computing*	(vgl. Tab. 3)
Robotortyp:	Standardfahrgestell der LEGO® MINDSTORMS® EV3	(vgl. Abbildung 9)
Sensoren:	Ultraschallsensor	(vgl. Abbildung 10)
Zusätzliches Material:	Klebeband	

Tabelle 1: Aufgabenprofil der Unterrichtseinheit „Steuerung und Regelung“

Homöostase ist essentiell für das Überleben von Organismen. Thermo-, Blutdruck- und Osmoregulation sind Beispiele, bei denen negative Rückkopplung für die Aufrechterhaltung bestimmter Gleichgewichte erforderlich ist. Solche Regelkreise sind häufig abhängig von vielen Parametern, lassen sich aber mitunter in der Darstellung auf einige wenige Kontrollstrukturen reduzieren. Mit LEGO® MINDSTORMS® EV3-Robotern können einfache Regelkreise simuliert und somit deren Verständnis gefestigt werden. Der Fokus dieser Unterrichtseinheit bzgl. Biologie liegt somit auf der Erklärung von Wechselwirkungen im Organismus (Basiskonzept „System“ (F1)), sowie der Modellbildung, -implementierung und -kritik (Basiskompetenzen E9, E13).

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 „BIOskop“ (Hausfeld und Schulenberg, 2007) orientiert. Schätzwerte für die Durchführungsdauer der einzelnen Aufgaben finden sich ebenfalls in Tabelle 2.

Hinweise zur Durchführung:

Motorumdrehung bzw. Umdrehungszahl, Winkelgeschwindigkeit, Länge (Abstand) und Lichtfarbe bzw. -intensität sind Größen, die mit dem Standardfahrgestell des LEGO® MINDSTORMS® EV3-Roboters und den zu Verfügung stehenden Sensoren variiert und kontrolliert werden können. Menschen hingegen können Druck (Berührung, Schmerzen), Schalldruck, Länge (Abstand), Beschleunigung und Drehung generieren und wahrnehmen (Aufgabe 1). Mit dem Ultraschallsensor der EV3-Robotor lässt sich der Abstand zu einem anderen Gegenstand einfach messen und daher wird die Variation von „Länge“ im Folgenden diskutiert.

Der Ultraschallsensor misst Abstände zwischen ca. 3 und 250 cm und bei Aufgabe 2 können unter *Port View* die Werte direkt auf dem Display des Roboters abgelesen werden. Für Aufgabe 3 werden Schleifen und Schalter als bekannt voraus gesetzt, der Begriff „positive Rückkopplung“ ist ggf. noch zu klären. Als Programmierblock für den Motor sollte *Hebelsteuerung* mit *An für n Sekunden* und *Am Ende Bremsen: Falsch* gewählt werden. Der gemessene Abstand zur Wand kann proportional mit der *Leistung* des Motors verknüpft werden. Positive Rückkopplung ermöglicht keine Rückkehr zum Ausgangszustand und kommt daher in lebenden Organismen selten vor. Beispiele in der Natur sind exponentielles Wachstum von Bakterien, Epidemien, Wasserdampf-Rückkopplung (Treibhauseffekt), Eis-Albedo-Rückkopplung und Lawinen.

Aufgabe	Zeit
1. Überlegt euch mit Hilfe der EV3-Software, welche seiner physikalischen Größen euer Roboter sowohl messen, als auch verändern kann und vergleicht dies mit eurem Wissen über den Menschen.	10 min
2. Baut einen Ultraschallsensor an euren Roboter und sucht bzw. schafft euch einen Platz im Klassenzimmer, wo euer Roboter auf gerader Linie 2,5 m auf die Wand zu fahren kann. Verwendet *Port View* um die Abstände 2,5 m, 1,75 m, 1,25 m und 0,75 m auszumessen und mit Klebeband zu markieren.	10 min
3. Schreibt ein Programm, bei dem es eine positive Rückkopplung zwischen dem Abstand zur Wand und der Bewegungsgeschwindigkeit von der Wand weg gibt. Lasst das Programm abbrechen, wenn der Abstand größer als 2,5 m wird. Welche Bespiele für positive Rückkopplung gibt es in der Natur? Was ist hierbei das Problem in lebenden Organismen?	10 min
4. Schreibt nun ein Programm, bei dem es eine negative Rückkopplung zwischen dem Abstand zur Wand und der Bewegungsgeschwindigkeit von der Wand weg gibt. Deklariert den Abstand zur Wand als Variable und nehmt 1,75 m als Schwellwert, bei dem wieder eine Bewegung zur Wand hin ausgeführt wird, bis der Wandabstand von 0,75 m unterschritten wird. Welche Bespiele für negative Rückkopplung gibt es in der Natur?	15 min
5. Wiederholt die Blutzuckerregulation beim Menschen. Was lässt den Blutzuckergehalt im Blut steigen, was lässt ihn sinken? Erklärt in diesem Zusammenhang die Begriffe Sollwert, Stellwert, Messwert und Homöostase.	10 min
6. Simuliert nun mit euren Robotern zusammen mit einer anderen Gruppe die Blutzuckerregulation beim Menschen. Lasst euren Roboter mit einem Wandabstand von 1,25 m (Sollwert) und einem „Glykogenwert“ von 999 starten. Teilt die Arbeit zwischen beiden Gruppen auf. Tipp: Verwendet drei Variablen und fünf parallele Schleifen!	25 min

Tabelle 2: Unterrichtseinheit „Steuerung und Regelung“: Arbeitsaufgaben und Durchführungsdauer

Bei Aufgabe 4 soll der Sensorwert als Vorbereitung für Aufgabe 6 als Variable deklariert werden und die Bedingungen der Schalter und Schleifen an eben diese gekoppelt werden. Dadurch wird der Umgang mit den *Datenoperationen*-Programmierblöcken geübt. Thermo-, Blutdruck-, Blutzucker- und Osmoregulation, sowie der Pupillenreflex und das Verschließen der Spaltöffnungen in Pflanzen sind Beispiele für negative Rückkopplung in lebenden Organismen. Nahrungsaufnahme und Glukagon gesteuerte Glukoseabgabe aus der Leber lassen den Blutzuckerspiegel steigen, während der Grundumsatz (basale Stoffwechselrate), Insulin gesteuerte Speicherung von Glykogen in der Leber und zusätzlicher Verbrauch durch z. B. Muskelzellen den Blutzuckerspiegel sinken lassen.

Für Aufgabe 6 müssen nun zwei weitere Variablen eingeführt werden: Zu dem Sensormesswert aus Aufgabe 4 kommt nun ein Stellwert und ein „Glykogenwert“ (ein Speicherwert, der Vorwärtsbewegung ermöglicht und auf- und abgebaut werden kann) hinzu. Der Grundumsatz lässt sich durch ein Erhöhen des Stellwerts um 0,01 pro Sekunde simulieren. Solange der Stellwert größer als der tatsächliche Wandabstand (Messwert) ist, soll sich der Roboter rückwärts, ansonsten vorwärts bewegen. Abgabe von Glukose/Abbau von Glykogen aus der Leber (Vorwärtsbewegung) beginnt, wenn der Schwellwert 1,75 m überschritten wird und endet, wenn der zweite Schwellwert 0,75 m unterschritten wird. Nahrungsaufnahme kann z. B. durch das Drücken einer Steintaste simuliert werden, worauf hin der Stellwert um einen gewissen Betrag sinkt. Bei Unterschreitung des zweiten Schwellwerts erfolgt eine Speicherung von Glukose in Leber bzw. eine Erhöhung von Stell- und Glykogenwert. Zusätzlicher Glukoseverbrauch (Erhöhung des Stellwerts) kann zufällig oder nach einer bestimmten Zeit eingebaut werden und durch Blinken oder Töne signalisiert werden.

Aufgabe 6 ist komplex und kann bei der Umsetzung Schwierigkeiten bereiten, wenn das Verständnis von Variablen und Parallelität noch nicht gut ausgeprägt ist. Besonders bei der Glykogenwert-Schleife sollte leistungsschwächeren Gruppen ggf. eine Musterlösung zur Verfügung gestellt bzw. bei der Zusammenstellung der Projektgruppen auf ein sich ergänzendes Leistungsniveau geachtet werden.

Musterlösungen:

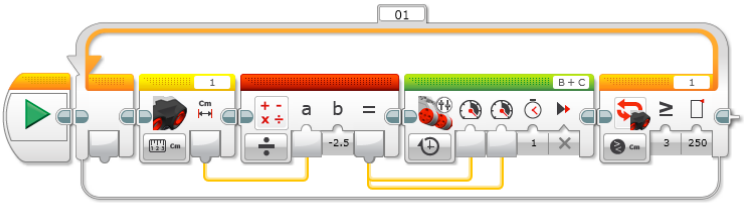

Abbildung 1: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Steuerung und Regelung“ Aufgabe 3: „Schreibt ein Programm, bei dem es eine positive Rückkopplung zwischen dem Abstand zur Wand und der Bewegungsgeschwindigkeit von der Wand weg gibt.“

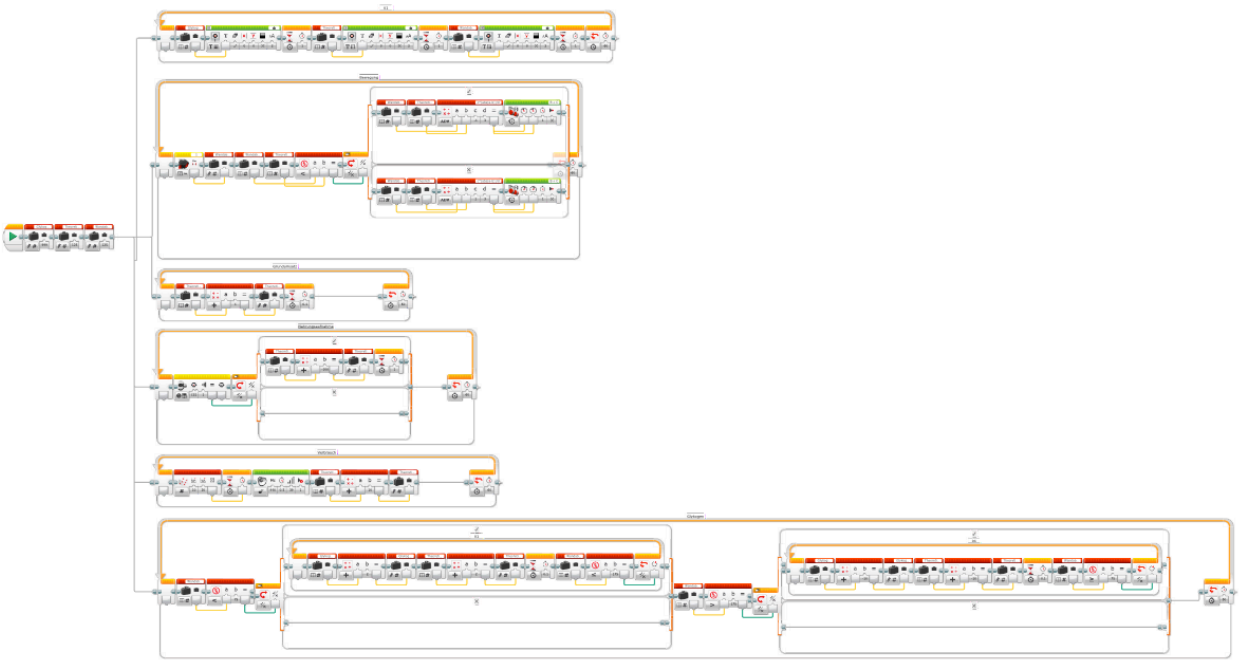

Abbildung 2: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Steuerung und Regelung“ Aufgabe 6: „Simuliert nun mit euren Robotern zusammen mit einer anderen Gruppe die Blutzuckerregulation beim Menschen.“ Übersicht. Für Details siehe folgende Abbildungen.

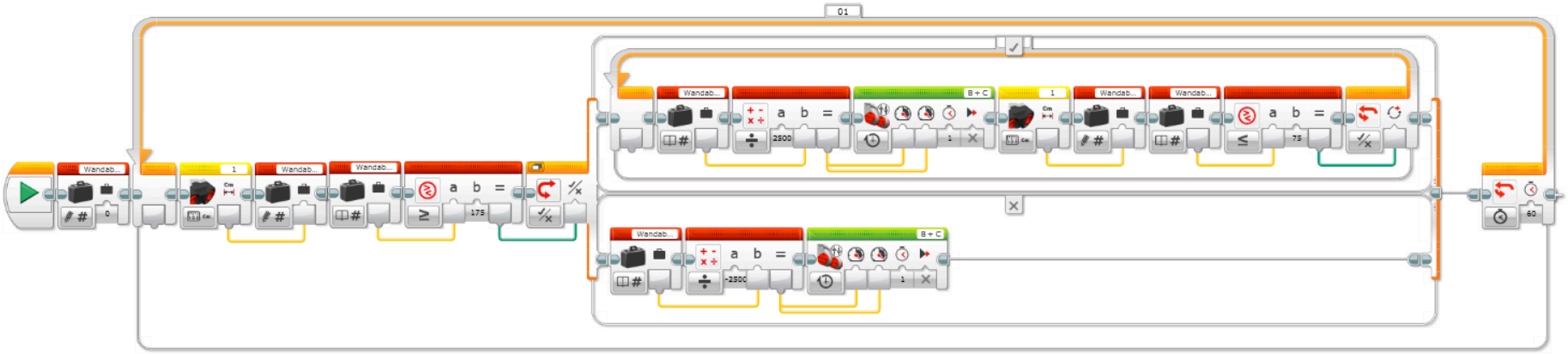

Abbildung 3: Beispiellösung für die Unterrichtseinheit „Steuerung und Regelung“ Aufgabe 4: „Schreibt nun ein Programm, bei dem es eine negative Rückkopplung zwischen dem Abstand zur Wand und der Bewegungsgeschwindigkeit von der Wand weg gibt. Deklariert den Abstand zur Wand als Variable und nehmt 1,75 m als Schwellwert, bei dem wieder ein Bewegung zur Wand hin ausgeführt wird, bis der Wandabstand von 0,75 m unterschritten wird.“

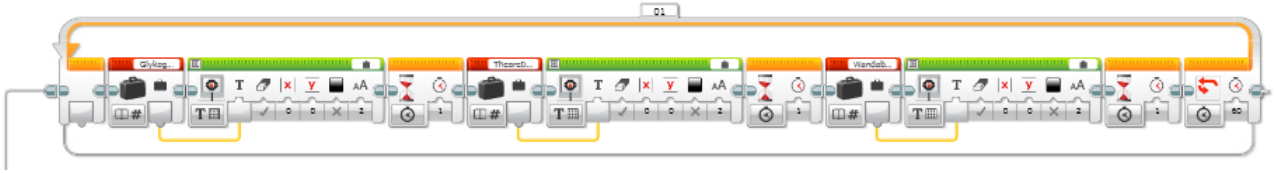

Abbildung 4: Teillösung für die Unterrichtseinheit „Steuerung und Regelung“ Aufgabe 6: „Simuliert nun mit euren Robotern zusammen mit einer anderen Gruppe die Blutzuckerregulation beim Menschen.“ Darstellung der Werte auf dem Display.

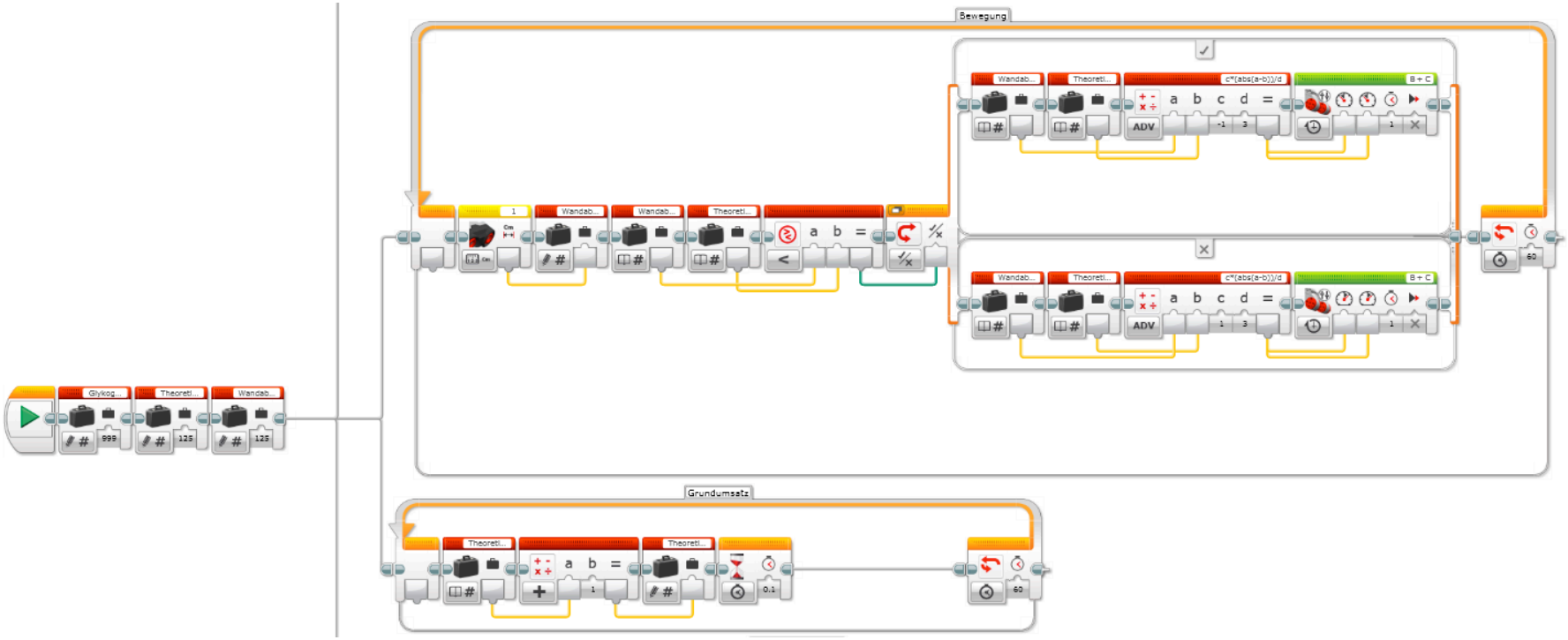

Abbildung 5: Teillösung für die Unterrichtseinheit „Steuerung und Regelung“ Aufgabe 6: „Simuliert nun mit euren Robotern zusammen mit einer anderen Gruppe die Blutzuckerregulation beim Menschen.“ Bewegung und Grundumsatz.

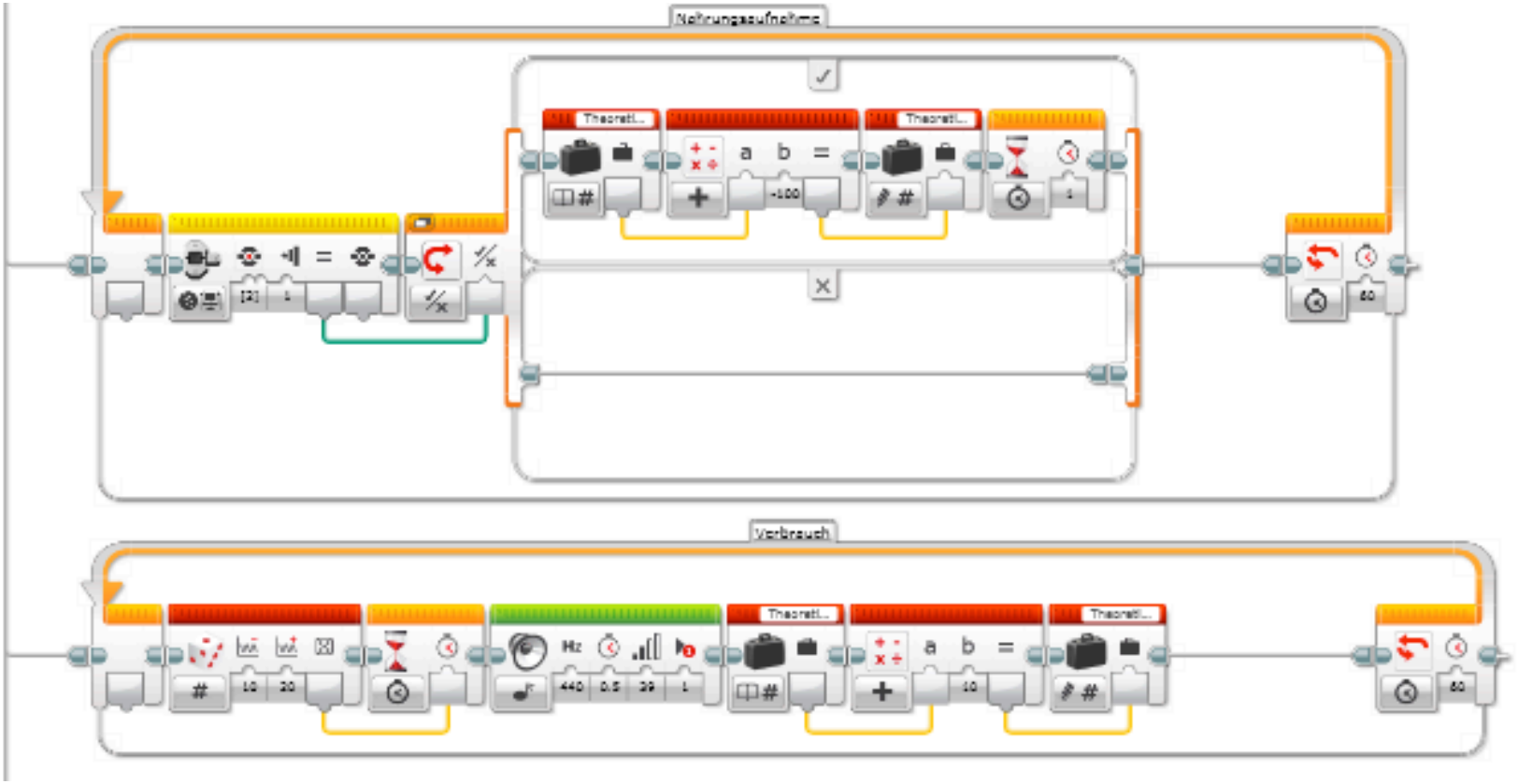

Abbildung 6: Teillösung für die Unterrichtseinheit „Steuerung und Regelung“ Aufgabe 6: „Simuliert nun mit euren Robotern zusammen mit einer anderen Gruppe die Blutzuckerregulation beim Menschen.“ Nahrungsaufnahme und Verbrauch.

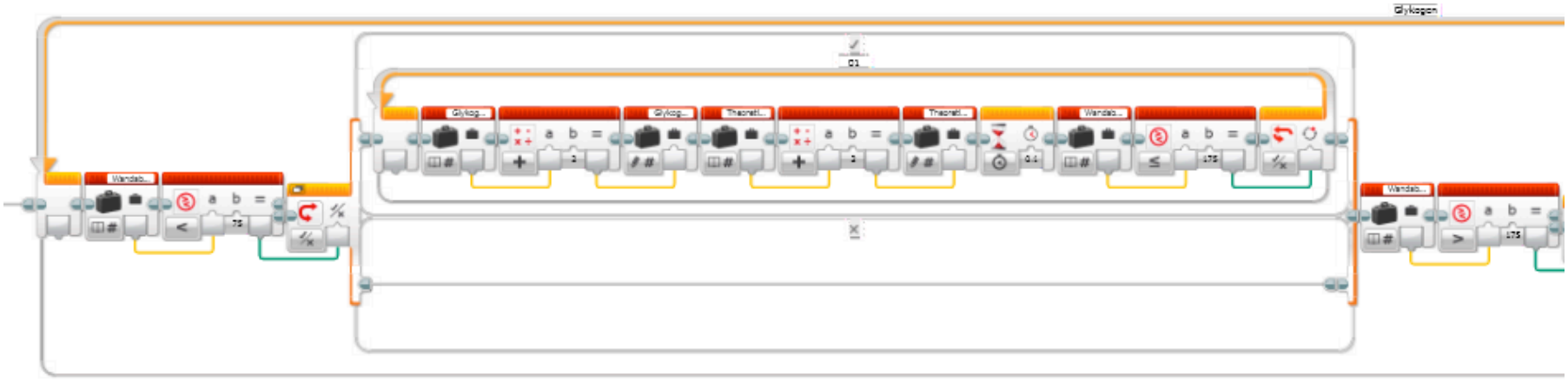

Abbildung 7: Teillösung für die Unterrichtseinheit „Steuerung und Regelung“ Aufgabe 6: „Simuliert nun mit euren Robotern zusammen mit einer anderen Gruppe die Blutzuckerregulation beim Menschen.“ Glykogen-Schleife Teil 1.

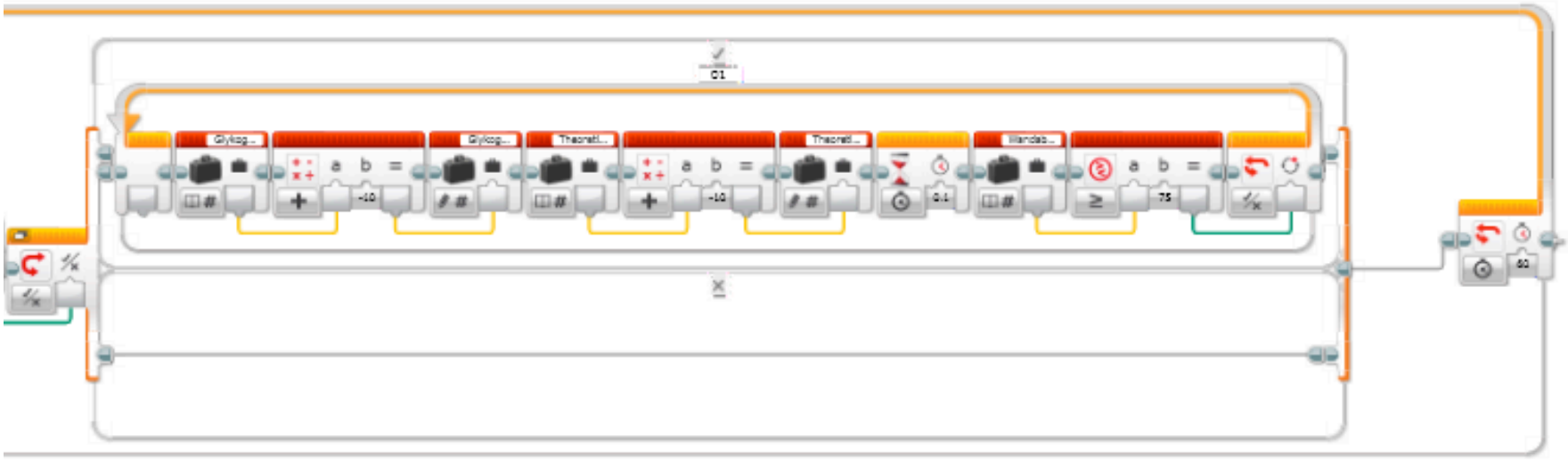

Abbildung 8: Teillösung für die Unterrichtseinheit „Steuerung und Regelung“ Aufgabe 6: „Simuliert nun mit euren Robotern zusammen mit einer anderen Gruppe die Blutzuckerregulation beim Menschen.“ Glykogen-Schleife Teil 2.

Tabellen:

Thema	Biologie		Informatik	
	Bildungsstandards	Rahmenlehrplan	GI-Standards	Rahmenlehrplan
Steuerung und Regelung	F1.4, F2.4, E9, E13, K1	2.1.2F, 2.1.3FG, 2.2.3EF, 2.2.4D, 2.3.3D, 2.4.1F	C1, C2, C3, C4, S1, S2, S3, S4	3.2, 3.4, 3.5, 3.8, 3.9, 2.2G, 2.3DE, 2.4GH, 2.5GH, 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	Mathematik
Information und Daten (C1)	Zahl (L1), Messen (L2), Raum und Form (L3), Funktionaler Zusammenhang (L4), Daten und Zufall (L5)
Algorithmen (C2)	Zahl (L1), Raum und Form (L3), Funktionaler Zusammenhang (L4), Daten und Zufall (L5)
Sprachen und Automaten (C3)	Zahl (L1), Funktionaler Zusammenhang (L4)
Informatiksysteme (C4)	Funktionaler Zusammenhang (L4)
Informatik, Mensch und Gesellschaft (C5)	Raum und Form (L3), Funktionaler Zusammenhang (L4), Daten und Zufall (L5)

Tabelle 4: Verknüpfung der Basiskonzepte (Inhaltsbereiche) der Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I (Gesellschaft für Informatik e.V., 2008) mit Basiskonzepten (Leitideen (L)) der Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2003).

Informatik	Mathematik
Modellieren und Implementieren (S1)	Probleme mathematisch lösen (K2), Mathematisch modellieren (K3)
Begründen und Bewerten (S2)	Mathematisch argumentieren (K1)
Strukturieren und Vernetzen (S3)	
Kommunizieren und Kooperieren (S4)	Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen (K5), Kommunizieren (K6)
Darstellen und Interpretieren (S5)	Mathematische Darstellungen verwenden (K4)

Tabelle 5: Verknüpfung der Basiskompetenzen (Prozessbereiche) der Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I (Gesellschaft für Informatik e.V., 2008) mit Basiskompetenzen (allgemeinen Kompetenzen (K)) der Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2003).

Roboteraufbau

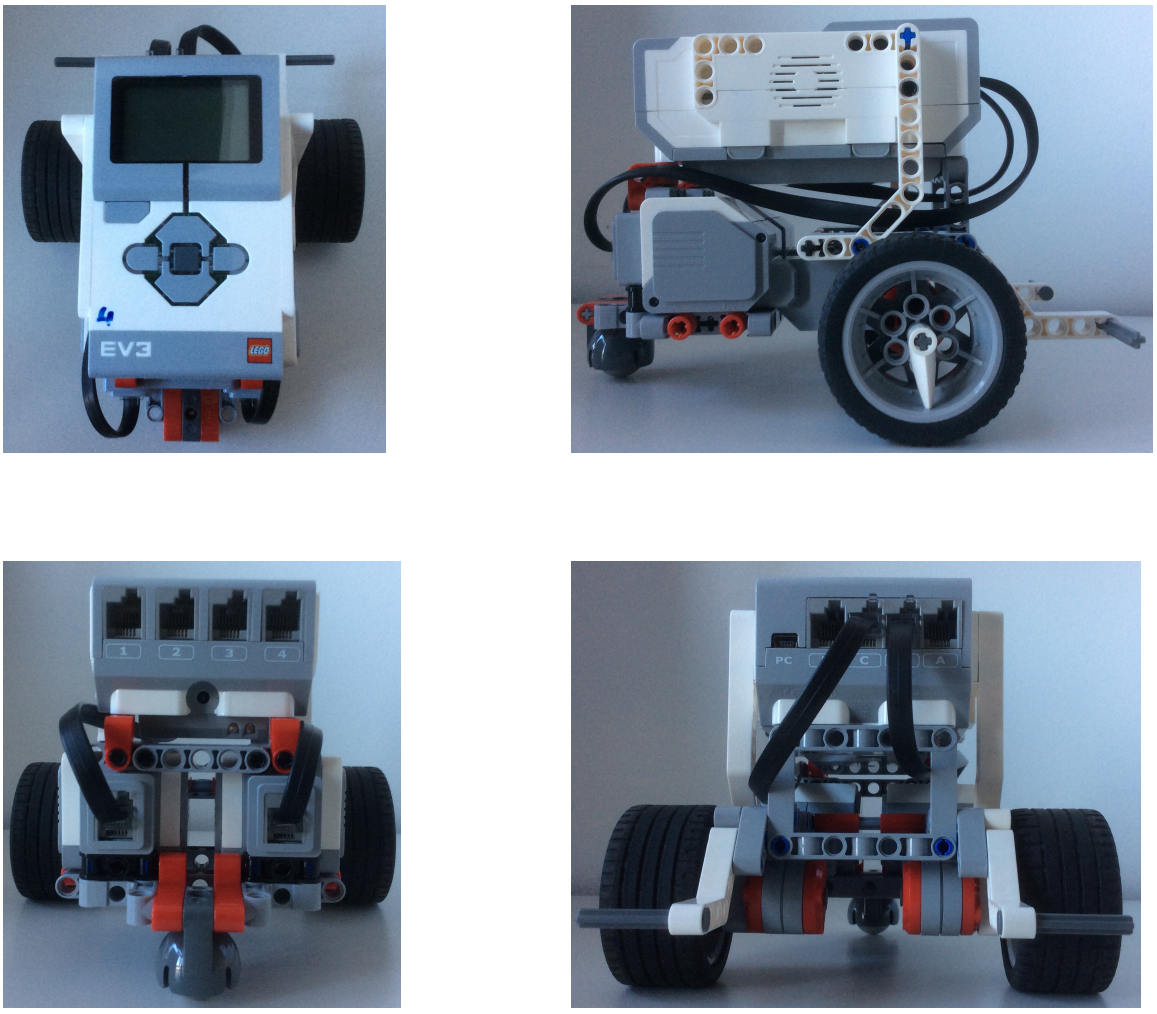

Abbildung 9: Aufbau des Standardfahrgestells der LEGO® MINDSTORMS® EV3-Robotor, wie in der EV3 Schüler Edition unter Robot Educator → Bauanleitungen → Fahrgestell (46 Schritte)

Ultraschallsensor

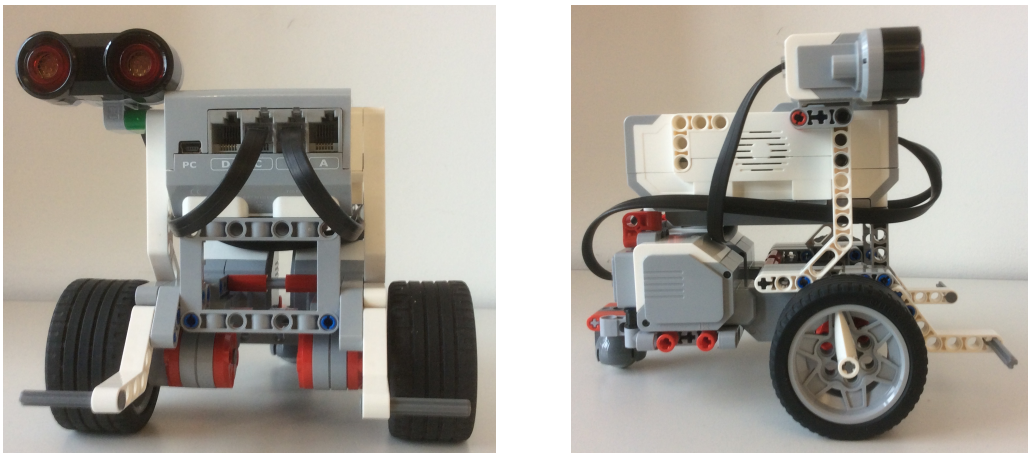

Abbildung 10: Ultraschallsensor am Standardfahrgestell.

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

[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

[Hausfeld und Schulenberg 2007] Hausfeld, Rainer (Hrsg.) ; Schulenberg, Wolfgang (Hrsg.): *BIOskop 9/10. Gymnasien. Niedersachsen.* Westermann Schulbuch, 2007. – ISBN 3141505330

[KMK 2003] KMK: *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 04.12.2003).* 2003. – URL `https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2003/2003_12_04-Bildungsstandards-Mathe-Mittleren-SA.pdf`. – Zugriffsdatum: 31.12.16