

Concept-Maps als Mittel zur Visualisierung des Lernzuwachses in einem Physical-Computing-Projekt

Mareen Przybylla¹ und Ralf Romeike²

Abstract: Im Unterricht stellt sich häufig die Frage, wie sich der Lernzuwachs der Schüler so sichtbar machen lässt, dass das tatsächliche Verständnis der erlernten Konzepte und ihrer Zusammenhänge untereinander deutlich wird. Eine Möglichkeit hierfür sind Concept-Maps. Mittels Concept-Maps lassen sich Begriffe und ihre Zusammenhänge in vernetzter Struktur visualisieren. Dies entspricht einer konstruktivistischen Sichtweise, nach der Lernen die Bildung von aufeinander aufbauenden Wissensstrukturen bedeutet. In diesem Beitrag wird der Einsatz von Concept-Maps zur Sichtbarmachung von Wissensstrukturen im Anschluss an ein Physical-Computing-Projekt geschildert, sowie der Prozess und die Ergebnisse der Analyse vorgestellt und diskutiert. Es werden Concept-Maps mit unterschiedlichen Fokusfragen verglichen, um Tendenzen des Einflusses der Fragestellung auf die Qualität der resultierenden Concepts-Maps zu gewinnen. Die Erkenntnisse aus der Analyse werden genutzt, um die Ziele des Projektes mit den tatsächlichen Resultaten zu vergleichen und Schlüsse für die Weiterentwicklung dieses sowie die Entwicklung weiterer Physical-Computing-Projekte zu ziehen.

Keywords: Concept-Maps, Visualisierung von Wissensstrukturen, Physical Computing

1 Einleitung

Im Informatikunterricht, insbesondere dann wenn die Schüler in Projekten arbeiten, stellt sich häufig die Frage, wie sich der Lernzuwachs der Schüler so sichtbar machen lässt, dass das tatsächliche Verständnis der erlernten Konzepte und ihrer Zusammenhänge untereinander deutlich wird. Eine besondere Herausforderung hierbei stellt Physical Computing als Unterrichtsgegenstand dar. Hier lernen die Schüler gleichzeitig in verschiedenen Themenbereichen: Programmierung, eingebettete Systeme, Vernetzung von interaktiven Objekten und Vieles mehr sind in diesem Themenbereich relevant. Mögliche Projekte reichen von interaktiver Kleidung und intelligenten Kuscheltieren über raumfüllende Kunstinstallationen bis hin zu nützlichen Alltagsgegenständen. Aus technischer Sicht haben all diese interaktiven Objekte und Systeme gemeinsam, dass sie Spannungswandler in Form von Sensoren und Aktoren nutzen und kontinuierlich laufen, also stetig mit ihrer Umgebung interagieren. Die Vielseitigkeit möglicher Projekte einerseits, aber auch das große Spektrum relevanter Themengebiete, macht es äußerst schwierig, in einem traditionellen Test, einer Klausur oder auch einer Präsentationsprüfung den Lern-

¹ Universität Potsdam, Institut für Informatik, Didaktik der Informatik, August-Bebel-Str. 89, 14482 Potsdam, przybyll@uni-potsdam.de

² FAU Erlangen-Nürnberg, Department Informatik, Didaktik der Informatik, Martensstr. 3, 91059 Erlangen, ralf.romeike@fau.de

zuwachs der Schüler zu erfassen. Eine Möglichkeit, das Gesamtbild sinnvoll zu ergänzen, bieten Concept-Maps. Hiermit lassen sich Begriffe und ihre Zusammenhänge in vernetzter Struktur visualisieren, statt nur singuläres Faktenwissen darzustellen.

2 Concept-Maps zur Einschätzung des Wissensstandes

Concept-Maps, auch „Begriffsnetze“ oder wörtlich „Konzeptkarten“ genannt, sind grafische Mittel zur Organisation und Darstellung von Wissensstrukturen. Sie bestehen aus in Form von als Knoten dargestellten Begriffen (Konzepten) und mit verbindenden Teilsätzen beschrifteten gerichteten Kanten, über welche die Konzepte miteinander zu Propositionen verbunden werden (Beispiel siehe Abb. 1). Konzepte stellen dabei Bezeichnungen für wahrgenommene Regelmäßigkeiten in Ereignissen oder Objekten dar, Propositionen treffen Aussagen über die Beziehung zwischen zwei Konzepten. Eine Proposition ergibt somit eine semantische Einheit (vgl. [NC08; St04]).

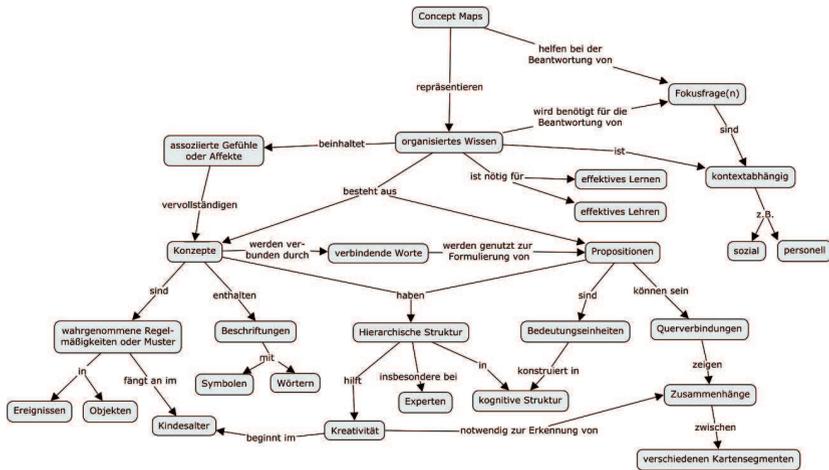


Abb. 1: Concept-Map über Concept-Maps (übersetzt von Novak & Cañas, 2008).

Mit Hilfe solcher Begriffsnetze lassen sich komplexe Sachverhalte anschaulich erklären, insbesondere die Zusammenhänge zwischen einzelnen Fakten. Concept-Maps sollten immer in Verbindung mit einer geeigneten Fokusfrage [NC08] bzw. Aufgabe [RS96] erstellt werden, welche die Denkrichtung bei der Erstellung des Begriffsnetzes lenkt. Bei der qualitativen Analyse von Concept-Maps bietet es sich an, zunächst die Struktur des Begriffsnetzes als Ganzes oder einzelne Teile näher zu betrachten. In der Literatur finden sich im Wesentlichen fünf Strukturtypen: *Kettenstrukturen*, *Ringstrukturen*, *Nabe-Speichen-Strukturen*, *hierarchische Baumstrukturen* und *Netzstrukturen* (vgl. [DSC07; KH08; RS96; Va05; Yi05]). Im Rahmen der Auswertung kann neben der Beurteilung der Struktur bezüglich konkreter Inhalte auch die Analyse der Propositionen fokussiert werden. Um die Güte der Propositionen zu beurteilen, schlägt Ruiz-Primo [Ru00] ein

fünfstufiges Bewertungssystem vor (siehe Tab. 1).

Beurteilung	Beschreibung
Akkurat Exzellent	Herausragende Beschreibung. Vollständig und korrekt. Zeigt tiefes Verständnis der Relation zweier Konzepte.
Akkurat Gut	Vollständige und korrekte Proposition. Zeigt ein gutes Verständnis der Relation zweier Konzepte.
Akkurat Schwach	Korrekte, aber unvollständige Beschreibung. Zeigt teilweises Verständnis der Relation zweier Konzepte.
Nebensächlich	Trotz ihrer Korrektheit wird durch die Proposition kein Verständnis für die Relation zweier Konzepte ersichtlich.
Ungenau/Ungültig	Falsche Proposition.

Tab. 1: Beurteilung der Qualität von Propositionen (In Anlehnung an Ruiz-Primo, 2000)

Nicoll [Ni01] kategorisiert Propositionen mit einem dreistufigen System nach *Nützlichkeit*, *Stabilität* und *Komplexität*. Insbesondere die Nützlichkeit ist ein Merkmal, welches Ausschluss über die Qualität von Concept-Maps geben kann. In dieser Kategorie wird zwischen Propositionen unterschieden, die als nützlich, falsch und unvollständig angesehen werden. Nützlichkeit wird hierbei vom Autor wie folgt definiert: „The utility of the link was interpreted as useful if the link was correct and allowed students to correctly solve chemical problems.“ [ebd.] In den Informatikkontext eingebettet könnten Verbindungen also dann als nützlich angesehen werden, wenn sie korrekt sind und Lernenden ermöglichen, informatische Probleme korrekt zu lösen.

3 Verwendung von Concept-Maps im Projekt „My Interactive Garden“

Das Physical-Computing-Projekt „My Interactive Garden“ (MyIG, vgl. [PR12; PR13]) wurde während des Schuljahres 2014/15 in einem geteilten Wahlpflichtkurs Informatik einer zehnten Klasse eines Gymnasiums durchgeführt. Bei diesem Kurs handelt es sich um Anfangsunterricht, etwa für die Hälfte der Schüler ist es der erste Informatikkurs. Die Teilung des Kurses hatte den Vorteil, dass die Erkenntnisse des ersten Durchlaufs beim erneuten Unterrichten mit der zweiten Teilgruppe bereits zur Verbesserung des Projektablaufs herangezogen werden konnten. Neben weiteren Evaluationsmitteln erstellten beide Schülergruppen am Ende des Projektes Concept-Maps.

3.1 Projektziele

Eines der Hauptanliegen von MyIG ist es, den Zusammenhang von Hard- und Softwarekomponenten in eingebetteten und interaktiven Informatiksystemen begreifbar zu machen. Die Schüler sollen im Projekt lernen, dass die zugrundeliegenden Prinzipien in der Funktionsweise von vielen Dingen in unserem Alltag (z.B. Parkplatzschanke, Torlinien-

technik oder Ausleihstation in der Bibliothek) nicht mystisch sind und dass mit den richtigen Werkzeugen jeder aktiv auf kreative Weise eigene interaktive Systeme gestalten kann. Im Projekt geht es darum, geeignete Sensoren und Aktoren zur Interaktion des eigenen interaktiven Objektes mit der Umwelt zu verwenden und die Funktionalität der einzelnen Bauteilgruppen erklären zu können. Im Einzelnen bedeutet das, dass die Schüler zwischen analogen und digitalen Ein- und Ausgängen unterscheiden können und diese zweckmäßig für analoge und digitale Sensoren (z.B. Lichtwiderstand, Temperatursensor, Potentiometer, Berührungssensor und Kippschalter) und Aktoren (z.B. LEDs, Standard- und kontinuierliche drehende Servomotoren und Piezo-Summer) eines vorgegebenen Physical-Computing-Baukastens (Arduino-basierte MyIG Toolbox³) verwenden. Hierfür müssen sie außerdem in der Lage sein, größtenteils bekannte Operatoren und Kontrollstrukturen aus einer vorangegangenen Unterrichtseinheit mit Scratch⁴ (Sequenzen, Fortlaufend-Schleife, Wiederholung, bedingte Verzweigung) im neuen Kontext sachgemäß zu verwenden, sowie sich die Bedeutung und Funktion von speziellen Blöcken zur Ansteuerung der Hardwarekomponenten mit den bereitgestellten Materialien zu erschließen. Als Programmierumgebung wurde im Unterricht Snap4Arduino⁵ verwendet, welches Scratch sehr ähnelt, jedoch speziell für die Verwendung mit Arduino⁶ konzipiert wurde.

3.2 Ziel der Erhebung

In einem ersten Durchgang soll zunächst das Messinstrument bewertet werden, welches dann optimiert und im zweiten Durchlauf überprüft und gleichzeitig zur Erhebung der eigentlich angestrebten Daten über die Qualität des Lernzuwachses bei den Schülern verwendet wird. Daher ergeben sich für den ersten Durchlauf folgende Fragestellungen:

- (I) Welche Fokusfrage bringt qualitativ hochwertige Concept-Maps hervor?
- (II) Welchen Einfluss hat die Vorgabe bzw. Nicht-Vorgabe von Konzepten auf die resultierenden Concept-Maps?

In der zweiten Erhebung wird beurteilt, ob und in welchem Maße die Ziele des Unterrichts erreicht werden konnten. Hierfür sind folgende Fragestellungen leitend:

- (I) Wurden die Ziele des Unterrichts erreicht?
- (II) Wie wird das Zusammenwirken von Hard- und Software beschrieben?
- (III) Wie werden die Fachbegriffe verwendet und zueinander in Relation gesetzt?
- (IV) Haben die Schüler ein intuitives oder fundiertes Verständnis erlangt?

³ MyIG Toolbox: www.greifbare-informatik.de

⁴ Scratch: www.scratch.mit.edu - Unterrichtseinheit angelehnt an „Programmieren mit Scratch“ <http://www.inf.ethz.ch/personal/gaertner/scratch/ScratchkursNicolet.pdf>

⁵ Snap4Arduino: www.s4a.cat/snap

⁶ Arduino: www.arduino.cc

3.3 Messinstrument und Durchführung

Zunächst wurden aus einer Experten-Map erwartbare Konzepte und Propositionen generiert (vgl. Tab. 2). Diese sollen in der Analyse dazu dienen, Konzepte einzuordnen, um später dann Aussagen über die Propositionen insbesondere zwischen unterschiedlichen Kategorien treffen zu können.

Inhaltliche Kategorie	Subkategorien	Sub-Subkategorie
Bastelmaterial		
Umgebung		
Elektronische Komponenten	Sensor, Aktor, Bauteilgruppe, Mikrocontroller	
Physikalische Größe		
Interaktives Objekt		
Verhalten	Interaktionen Datenfluss	initiativ, reaktiv
Programm	Hardwaresteuerung, Variablen, Operationen, Kontrollstruktur, Daten, Methode	

Tab. 2: Inhaltliche Codes zur Analyse der Konzepte

Ruiz-Primo und Shavelson [RS96] beschreiben drei Arten der Variationen von Concept-Maps: Aufgabenstellung, Rahmenbedingungen und Inhaltsstruktur. Eine Einordnung der hier verwendeten Methode in dieses System ist in Tab. 3 dargestellt.

Aufgabenstellung: Eigenständiges Erstellen einer Concept-Map
Rahmenbedingungen: Begriffe teils vorgegeben, teils nicht vorgegeben; eigene Begriffe sollen hinzugefügt werden; Relationen nicht vorgegeben
Inhaltsstruktur: Teils kettenartige und ringförmige Strukturen in Programmabläufen; netzartige Strukturen beim Zusammenspiel der Komponenten zu erwarten; Hierarchien eher nicht zu erwarten, möglicherweise in der Klassifikation von konkreten elektronischen Bauteilen oder im Erläutern des Programmaufbaus denkbar

Tab. 3: Einordnung des Messinstrument anhand der Klassifikation von [9]

Es war Teil der Untersuchung herauszufinden, welche Rahmenbedingungen für die Ziele der Erhebung geeignet sind. Somit gab es in der ersten Erhebung vier verschiedene Gruppen (siehe Tab. 4).

Fokusfrage	Wie interagiert Dein interaktives Objekt mit der Umgebung / Menschen?	Wie funktioniert Dein interaktives Objekt?
Begriffsvorgabe		
Begriffe vorgegeben	A	C
Keine Vorgabe	B	D

Tab. 4: Gruppen innerhalb der ersten Erhebung

Die Erhebung wurde jeweils am Ende der Projektphase, zu Beginn der ersten Unterrichtsstunde nach dem Projektende durchgeführt. Durchführungsobjektivität wurde somit gewahrt, da alle Schüler einer Gruppe unter den selben Bedingungen arbeiteten. Die Concept-Maps wurden anhand vorab festgelegter Kategorien inklusive Beschreibung und Beispiel beurteilt, so dass eine Objektivität in der Auswertung in diesem praxisrelevanten Rahmen insbesondere bei den aus anderen Untersuchungen übernommenen und diesbezüglich überprüften Kategorien angenommen werden kann. Zur Überprüfung wurde die Interrater-Reliabilität stichprobenartig kontrolliert. Dabei wurde eine durchschnittliche Übereinstimmung zweier unabhängig voneinander arbeitender Beurteiler von 70,8% gemessen. Dieser Wert kann angesichts des hohen inhaltlichen Analyseanteils als positiv eingestuft werden. Bezüglich der Validität wurde aus Gründen der Praxisauglichkeit auf einen Vergleichstest verzichtet. Stattdessen wurden die Ergebnisse der Concept-Maps mit den Eindrücken aus dem Unterricht und Ergebnissen aus einer mündlichen Befragung (außerhalb einer Prüfungssituation) verglichen. Dabei entstand der Eindruck, dass die Concept-Maps die Ergebnisse aus der mündlichen Befragung gut reflektieren.

4 Ergebnisse

Zur Analyse der Begriffsnetze wurde zunächst jeweils die gesamte Concept-Map hinsichtlich Struktur und Umfang bewertet. Anschließend fand eine Begutachtung von Inhalt und Sprache (umgangssprachlich vs. fachsprachlich korrekt, ungenau oder falsch) der Konzepte statt. Danach wurden die einzelnen Propositionen hinsichtlich der Sprache untersucht und inhaltlich beurteilt, ob Verbindungssätze Zugehörigkeiten, Hierarchien, Datenfluss oder Verhalten (Aktionen vs. Wirkweisen) beschreiben. Wie bereits oben erläutert, fand schließlich eine Analyse hinsichtlich Nützlichkeit, Komplexität und Qualität der Propositionen statt.

4.1 Erste Erhebung

In der ersten Erhebung haben die Schüler auf Grund fehlender Zeit vorab keine Einführung ins Concept-Mapping erhalten. Sie hatten daher lediglich eine kurze Erklärung und ein Beispiel auf Papier als Grundlage zum Anfertigen ihrer eigenen Begriffsnetze. Vermutlich ist dies ein Grund für die mangelnde Qualität einiger Concept-Maps, welche nicht den angegebenen Regeln folgen (z.B. fehlen Pfeilspitzen oder Beschriftungen, siehe Abb. 2 li.). Zudem standen die Schüler unter Zeitdruck, da sie eine feste Vorgabe von 20 Minuten zum Erstellen der Concept-Maps als Teil eines größeren Fragebogens bekamen. Einigen Schülern fehlte dadurch am Ende die Zeit, ihre Concept-Maps zu erstellen. Das Ziel war es, die Schüler am Beispiel ihrer selbst erstellten interaktiven Objekte das allgemeine Prinzip eben solcher erklären zu lassen. Was tatsächlich mit den verschiedenen Aufgabenstellungen erreicht wurde, war, dass die Schüler ihre konkreten Objekte erklärten und nicht abstrahierten und allgemeine Prinzipien beschrieben. Dies

wurde neben dem Gesamteindruck bei der Analyse der Begriffsnetze vor allem an zwei Merkmalen deutlich. Betrachtet man die Nennung von Bauteilgruppen im Begriffsnetz, fällt auf, dass diese in keiner der Gruppen vorkommen. Stattdessen wurden immer konkrete Bauteile benannt, wie z.B. *Schalter*, *Servo* oder *LED*. Gleichzeitig werden von lediglich zwei aus insgesamt 89 Propositionen in den Concept-Maps aller Schüler Wirkweisen beschrieben. Die überwiegende Anzahl von Verbindungssätzen erklärt Zugehörigkeiten, wie z.B. *[Safe] – hat → [Knöpfe]* oder konkrete Aktionen, wie z.B. *[Servo] – betätigt → [Schalter]*. Ein wahrnehmbarer Unterschied besteht zwischen den Gruppen A/C und B/D, also in Abhängigkeit davon, ob Begriffe vorgegeben wurden. Die Stabilität der Aussagen von Schülern der Gruppen A/C wurde insgesamt acht Mal (von 45; 17,8%) als vage eingestuft. Bei den Lernenden der Gruppen B/D kam dies kein einziges Mal vor. Dies deutet darauf hin, dass die Vorgabe von Konzepten Schüler dazu anregt, über bisher nicht vorhandene Verknüpfungen nachzudenken und sich den Sinn zu erschließen, während die Aufgaben ohne Konzeptvorgaben nicht dazu anregen, derartige Verknüpfungen zu erstellen.

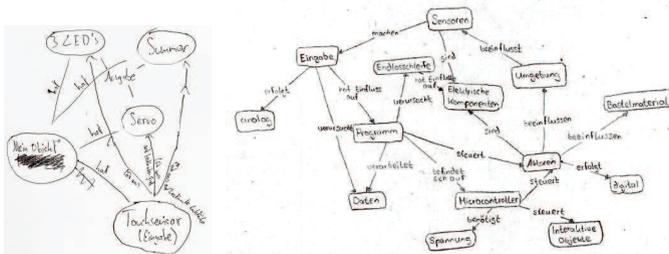


Abb. 2: Fehlerhafte (li.) und gelungene (re.) Concept-Map aus den Schülerdaten.

4.2 Zweite Erhebung

Die Ergebnisse der ersten Erhebung zeigen deutlich, dass die Aufgabenstellung nicht die gewünschten Ziele erreichen konnte. Die Schüler wurden nicht angeregt, das Gelernte in allgemeiner, abstrakter Form zu erklären, sondern blieben auf der Stufe des konkreten Objekts. Um dies zu vermeiden, wurde die Aufgabenstellung für die zweite Erhebung gänzlich überarbeitet. Dazu wurde die Fokusfrage allgemein und für alle Schüler identisch gestaltet, so dass sie ihre selbst erstellten Projekte höchstens aus eigener Initiative für beispielhafte Vergleiche heranziehen: „Wie funktionieren interaktive Objekte?“. Es zeigte sich, dass die Vorgabe von Begriffen den Prozess positiv beeinflusst, daher wurden in der zweiten Erhebung Begriffe vorgegeben. Zusätzlich bekamen die Schüler keine Zeitvorgabe, sondern konnten solange an den Begriffsnetzen arbeiten, bis sie diese abgeben wollten. Vor der Erhebung lernten die Schüler Concept-Maps an Beispielen kennen. Im Vergleich zur ersten Erhebung kann ein deutlicher Anstieg in der Anzahl der verwendeten Konzepte verzeichnet werden. Während in der ersten Erhebung durchschnittlich 5,3 Konzepte verwendet wurden, waren es in der zweiten Erhebung 11,1.

Dies kann an der verbesserten Aufgabenstellung liegen, aber auch auf die zur Verfügung stehende Zeit zurückzuführen sein. Die Zahl ungültiger/ungenauer Propositionen reduzierte sich auf 32,6% (42% in der ersten Erhebung) und es gab einen deutlichen Anstieg in der Beschreibung von Bauteilgruppen statt konkreter Sensoren und Aktoren, was darauf hindeutet, dass die Erklärungen allgemeiner gehalten sind und vom konkreten Objekt abstrahiert. Außerdem wurde mit der Aufgabenstellung erreicht, dass deutlich mehr Propositionen Wirkweisen beschreiben, als beobachtbare Aktionen. Erneut tauchten auch Konzepte und Propositionen auf, die sich bisher keiner der Kategorien zuordnen ließen. Besonders auffällig waren hier Beschreibungen von Voraussetzungen oder Abhängigkeiten, gekennzeichnet durch Worte wie *benötigt*, *benutzt*, *braucht*, etc. Hinsichtlich der oben beschriebenen Fragestellungen (vgl. Abschnitt „Ziel der Erhebung“) konnte Folgendes festgestellt werden:

Wurden die Ziele es Unterrichts erreicht? Insgesamt entsteht der Eindruck, dass die überwiegende Anzahl der Schüler in der Lage ist, zu erklären wie interaktive Objekte funktionieren. Einige auffällige Häufungen bei ungenauen oder ungültigen Beschreibungen finden sich vor allem in der Verknüpfung schwieriger Konzepte (z.B. Pulsweitenmodulation) oder solcher Konzepte, die im Unterricht keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielten (z.B. Spannung). Das Ziel sowohl des verwendeten Baukastens, als auch der Programmierumgebung ist es, solche schwierigen Konzepte für den Anfangsunterricht auf ein einfaches Level mit geringer Einstiegshürde zu bringen, häufig durch die Verwendung von Blackboxen. Auch qualitativ als akkurat-exzellente einzustufende Propositionen, wie sie in einer Expertenmap vorhanden sein könnten, finden sich entsprechend nicht in den Daten wider.

Wie wird das Zusammenwirken von Hard- und Software beschrieben? Die Verknüpfungen zwischen Konzepten sind insgesamt überwiegend umgangssprachlich erfolgt. Sehr häufig wurden dabei fundamentale Fakten genannt, sehr selten Beispiele verwendet. Verbindungen zwischen dem Programm, welches das interaktive Objekt steuert und der Hardware, welche das interaktive Objekt ausmacht, wurden meist sehr oberflächlich behandelt (z.B. *[Mikrocontroller] – hat -> [Programm]*). Die Struktur eines solchen Programms wurde von nur wenigen Schülern erklärt, allerdings auch nur in Hinblick auf die darin vorhandene Endlosschleife, welche als Konzept vorgegeben war. Die Wechselwirkungen zwischen Programmelementen und den Hardwarekomponenten wurde lediglich von einem Schüler etwas detaillierter beschrieben: *[Mikrocontroller] – führt aus -> [Programm] – gibt Arbeitsanweisungen an -> [Aktoren] – und -> [Sensoren]*.

Wie werden die Fachbegriffe verwendet und zueinander in Relation gesetzt? Insgesamt wurde nur wenig Fachsprache in den Propositionen verwendet. Mögliche Gründe hierfür könnten darin liegen, dass die Konzepte selbst größtenteils fachsprachlich sind und sich schnell und einfach mit umgangssprachlichen Begriffen verbinden lassen. Wenn Fachsprache verwendet wurde (egal ob korrekt, ungenau oder falsch), dann typischerweise zwischen zwei Konzepten unterschiedlicher Art, z.B.: *[Sensoren] – scannen -> [Umgebung]* oder *[Programm] – verarbeitet -> [Daten]*. Die Qualität der Propositi-

onen wurde überwiegend als akkurat schwach (36%) oder akkurat gut (26%), aber auch häufig als ungenau/ungültig (33%) eingestuft. Die Nützlichkeit der Verbindungssätze wurde überwiegend als unterstützend (35%) oder fundamentale Fakten (31%), aber auch häufig als unnütz (26%) eingestuft.

Haben die Schüler ein eher intuitives oder fundiertes Verständnis erlangt? Aus den Begriffsnetzen wurde deutlich, dass die Schüler ein eher oberflächliches Verständnis erlangt haben. Sie handeln nicht rein intuitiv, sondern können die vorgegebenen Begriffe in der Mehrzahl der Fälle in korrekte Zusammenhänge zueinander bringen, jedoch kommen die Wenigsten über ein Verständnis hinaus, welches Ursache und Wirkung beschreibt. Zwar werden in den Concept-Maps Wirkweisen häufiger als konkrete Aktionen beschrieben, jedoch selten Begründungen gegeben. Dies zeigt sich auch darin, dass ein großer Anteil der als nützlich eingestuften Verbindungssätze fundamentale Fakten beschreibt (78,9%), und nur vereinzelt Verbindungen durch umliegende Verbindungen erklärt werden (12,7%). Eine weitere Ursache könnte bei einzelnen Schülern sein, dass es ihnen schwer fällt, sich sprachlich gewandt auszudrücken, was dann zu verkürzten Darstellungen führen könnte, die nicht dem tatsächlichen Verständnis entsprechen. Möglicherweise könnten die Concept-Maps und damit verbunden auch die gebildeten Wissensstrukturen eine höhere Qualität erreichen, wenn dieses Werkzeug im Unterricht regelmäßig zum Lernen und zur Evaluation genutzt werden würde.

5 Fazit und Ausblick

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die zweite Durchführung für die Schüler in vielerlei Hinsicht Verbesserungen brachte. Dies kann nicht ausschließlich auf Veränderungen im Unterricht zurückgeführt werden, denn auch die Fokusfrage der Concept-Maps wurde überarbeitet. Mit der entsprechenden Aufgabenstellung wurde ein Weg gefunden, komplexe und vernetzte Wissensstrukturen, wie sie Schüler in einem Physical-Computing-Projekt erlangen, sichtbar zu machen. Um die Concept-Maps auszuwerten, wurde ein umfangreiches Kategoriensystem entwickelt. Dies muss für den praxistauglichen Einsatz überarbeitet werden. Aus den Daten der Interrater-Agreement-Analyse gehen wichtige Hinweise hervor, welche Codes uneindeutig sind und überarbeitet werden müssen. Eine Analyse der Korrelationen zwischen den Kategorien wird außerdem Aufschluss über möglicherweise redundante Codes geben. Die vorhandenen Daten bieten zahlreiche Möglichkeiten zur tiefergehenden Analyse. So ist beispielsweise vorstellbar, dass durch den Vergleich der Schüler-Maps mit der Expertenmap insbesondere auf nicht vorhandene Verknüpfungen zwischen Konzepten geschaut wird, um zu sehen, welches Verständnis man als Lehrer voraussetzt, das bei den Schülern möglicherweise gar nicht vorhanden ist. Für die Weiterentwicklung des Projektes „My Interactive Garden“ kann vor allem die Schlussfolgerung gezogen werden, dass einige Inhalte, so sie denn als Lernziele verstanden werden, explizit im Unterricht besprochen werden müssen, da die Konzeptionierung des Baukastens und der verwendeten Programmierum-

gebung das Erstellen interaktiver Objekte stark erleichtern und somit das tiefere Verständnis für die zugrundeliegenden Wirkweisen nicht aus sich heraus erfordern.

Literaturverzeichnis

- [DSC07] Derbentseva, N.; Safayeni, F.; Cañas, A.J.: Concept maps: Experiments on dynamic thinking. *Journal of Research in Science Teaching* 44, 3 (2007), S. 448–465.
- [KH08] Keppens, J.; Hay, D.: Concept map assessment for teaching computer programming. *Computer Science Education* 18, (2008), S. 31–42.
- [Mo09] Moen, P.: Concept Maps as a Device for Learning Database Concepts. *Proceedings of TLAD'09, Higher Education Academy Subject Network for Information and Computer Sciences (2009)*, S. 29–48.
- [MH12] Mühlhling, A.; Hubwieser, P.: Towards Software-Supported Large Scale Assessment of Knowledge Development. *Proceedings of the 12th Koli Calling International Conference on Computing Education Research, (2012)*, 2010–2011.
- [Ni01] Nicoll, G.: A three-tier system for assessing concept map links: a methodological study. *International Journal of Science Education* 23, (2001), S. 863–875.
- [NC08] Novak, J.D.; Cañas, A.J.: *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. IHMC CmapTools, (2008)*, S. 1–36.
- [PR12] Przybylla, M.; Romeike, R.: My Interactive Garden – A Constructionist Approach to Creative Learning with Interactive Installations in Computing Education. *Proceedings of Constructionism 2012, (2012)*, S. 395–404.
- [PR13] Przybylla, M.; Romeike, R.: *Physical Computing mit „My Interactive Garden“*. Department of Computer Science, CAU Kiel, 2013.
- [RS96] Ruiz-Primo, M.A.; Shavelson, R.J.: Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching* 33, 1996, S. 569–600.
- [Ru00] Ruiz-Primo, M.A.: On the Use Of Concept Maps As An Assessment Tool in Science: What We Have Learned so Far. *Revista Electrónica de Investigación Educativa* 2, 1 (2000), S. 29–52.
- [Ru04] Ruiz-Primo, M.A.: Examining Concept Maps as an Assessment Tool. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping 1, (2004)*, S. 555–563.
- [St04] Stracke, I.: *Einsatz computerbasierter Concept Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie*. Waxmann Verlag, Münster, 2004.
- [Va05] Vanides, J., et. al.: Using Concept Maps in the Science Classroom. *Science Scope* 28, 8 (2005), 27–31.
- [Yi05] Yin, Y. et al.: Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science Teaching* 42, 2 (2005), 166–184.