

Mareike OBERTHÜR, Paderborn, Rolf BIEHLER, Paderborn

Bewegungsdaten automatisch erfassen und mit Funktionen modellieren als Bestandteil von Lernumgebungen mit Schülerexperimenten

Die Lernumgebung „Experimentelle Mathematik – Bewegungsdaten erfassen und mit Funktionen modellieren“ ist im Rahmen des Paderborner Projekts cool.MATH (<http://cool.math.upb.de>) entstanden. Dies Projekt hat als Ziel die Entwicklung und Beforschung mathematischer Lernumgebungen für das Schülerlabor coolMINT.paderborn (<http://www.coolmint-paderborn.de>). Das Schülerlabor ist eine Kooperation der Universität Paderborn und des Heinz-Nixdorf-Museumsforums. Es ist ein außerschulischer Lernort, an dem Schulklassen einen Vor- oder Nachmittag verbringen können, um dort an Lerninhalten mit MINT-Schwerpunktsetzung zu arbeiten. Im Folgenden wird die Lernumgebung vorgestellt und über erste Ergebnisse einer Voruntersuchung berichtet.

1. Die Lernumgebung

Die Lernumgebung besteht aus drei Stationen: „Graphenlaufen“, „Ball auf schiefer Ebene“ und „Springender Ball“. In allen drei Stationen sollen die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe von Ultraschallsensoren (Vernier Go!Motion) die entsprechenden Bewegungsdaten erfassen und mit Software-Unterstützung (Logger Pro 3, Fathom) Weg-Zeit-Diagramme erstellen und interpretieren. Ziel ist es, die Steigung in den Weg-Zeit-Graphen als Geschwindigkeiten interpretieren zu lernen und zu lernen, wie man geeignet Funktionen an reale Daten zwecks Modellierung anpassen kann. Die Software erstellt die Diagramme in Echtzeit, so dass die Schülerinnen und Schüler während des Experimentierens auf dem Monitor das entsprechende Diagramm entstehen sehen können. Dieses direkte Feedback hat laut Mokros und Tinker (1989) einen positiven Einfluss auf die Fähigkeit, Graphen zu interpretieren und verringert typische Fehler, wie zum Beispiel den Graph-als-Bild-Fehler (s.u.).

Bei der Gestaltung der Lernumgebung haben Erkenntnisse aus mehreren Bereichen Einfluss genommen. An dieser Stelle sollen nur die wichtigsten dieser Prinzipien kurz genannt werden: experimenteller Zugang (vgl. Barzel und Ganter 2010), Nutzung von realen, selbst erhobenen Daten (vgl. Engel 2010, Riemer 2011, Biehler et al. 2011), und Embodied Cognition (vgl. Robutti 2006, Radford 2009). Letzteres ist für die Gestaltung der Station „Graphenlaufen“ relevant. Eine weitere wichtige Rolle spielt der modulare Aufbau der Lernumgebung. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Stationen in der folgenden vorgegebenen Reihenfolge *Station 1: Graphen-*

laufen, Station 2: Ball auf schiefer Ebene, Station 3: Springender Ball bearbeiten. Jede Aufgabe innerhalb der Stationen läuft anhand des Dreischritts Vorüberlegung – Experimentieren – Reflektion ab. Danach erfolgt eine Festigungsphase, in der weiterführende Fragen zum Überprüfen des Verständnisses gestellt werden.

Genauere Informationen zum Inhalt der Lernumgebung sind auf der Internetseite (s.o.) zu finden.

2. Erste Ergebnisse der Voruntersuchung

In der Voruntersuchung wurden eine Hauptschulklasse und zwei Gymnasialklassen der Jahrgangsstufe 9 sowie zwei Realschulklassen der Jahrgangsstufe 10 bei der Bearbeitung der Lernumgebung beobachtet, Video- und Audioaufnahmen angefertigt und interpretiert sowie Arbeitsblätter ausgewertet. Es wurde eine Machbarkeitsstudie durchgeführt und untersucht, ob die Materialien geeignet sind, die erwünschten Lernziele zu realisieren. Bezüglich des zweiten Punkts soll über erste Ergebnisse bezüglich des Auftretens des Graph-als-Bild-Fehlers sowie über das Umgehen der Schülerinnen und Schüler mit dem direkten Feedback der Software berichtet werden.

Aufgrund der Rückmeldungen sowie der gezielten Beobachtungen konnten die Materialien angepasst sowie einzelne Fehler korrigiert werden. Es wurde festgestellt, dass die Lernumgebung in unterschiedlichen Jahrgangsstufen und Schulformen einsetzbar ist, da die Aufgaben wie geplant selbstdifferenzierend sind. Die positiven Aspekte überwiegen in der Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler deutlich, sehr häufig zurückgemeldet wurden Äußerungen wie: „Das Experimentieren war gut.“, „Es hat mir gut gefallen, weil wir so viel selber machen konnten.“, „Ich fand gut, dass wir in Gruppen zusammen gearbeitet haben.“.

Graph-als-Bild-Fehler

Nachdem die Schülerinnen und Schüler selber einen vorgegebenen Graphen (siehe Abb. 1) beschrieben hatten und gelaufen waren, wurden ihnen fünf unterschiedliche Beschreibungen eben dieses Graphen vorgelegt. In vier der Beschreibungen waren unterschiedliche Fehler eingebaut, bei einem Fehler handelte es sich um den Graph-als-Bild-Fehler, bei dem der Anstieg und das Fallen des Graphen als Besteigung einer Anhöhe anstelle Entfernen vom und Annähern an den Sensor missinterpretiert wurde. Die Schülerinnen und Schüler sollten nun jeweils entscheiden, ob die

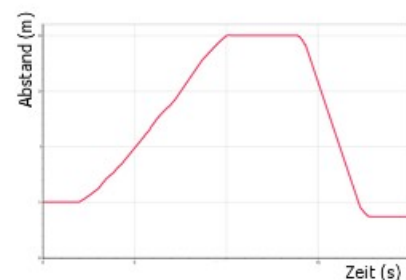


Abbildung 1: Erster Graph, den die Schülerinnen und Schüler nachlaufen sollen

| Welche Beschreibung ist richtig? | Gym 1 (n = 8) | Gym 2 (n = 4) | RS 1 (n = 4) | RS 2 (n = 3) |
|---|--------------------------------------|-------------------------|---|---|
| Beschreibung 1: Person steigt auf Anhöhe | 50% | 25% | 50% | 100% |
| Beschreibung 2: richtige Beschreibung | 100% | 100% | 75% | ≈67% |
| Beschreibung 3: Person startet und endet direkt vor dem Sensor | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Beschreibung 4: Unterscheidung Geschwindigkeit der Person fehlt | 50% | 50% | 0% | ≈33% |
| Beschreibung 5: Person läuft schnell vom Sensor weg und geht langsam auf den Sensor zu | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Entscheidung nach Hinweis, dass nur eine Beschreibung richtig ist | Frage existierte noch nicht | viermal Antwort 2 | einmal Antwort 1 dreimal Antwort 2 | einmal Antwort 1 zweimal Antwort 2 |

Abbildung 2: Auftreten des Graph-als-Bild-Fehlers nach dem Lauf des Graphen aus Abbildung 1; n = Anzahl der Kleingruppen, Größe der Kleingruppen 3 - 4 Personen

Beschreibung richtig oder falsch war (vgl. Abb. 2). Auffallend ist, dass die Hälfte der Gruppen der Gymnasialklasse 1 und die Hälfte bzw. alle Gruppen aus den RS-Klassen nicht erkennen, dass die Beschreibung fehlerhaft ist, obwohl sie alle kurz zuvor diesen Graphen selber „erlaufen“ haben und dafür nicht auf eine Anhöhe steigen mussten. Auch nach dem Hinweis, dass nur eine der fünf vorgegebenen Beschreibungen vollständig richtig ist, blieb jeweils eine der Gruppen aus den beiden RS-Klassen bei ihrer Meinung. Sie hatten vorher zusätzlich die richtige Lösung

als falsch identifiziert. Dieses Ergebnis mit der starken Ausprägung des Graph-als-Bild-Fehlers steht im Widerspruch zu den Ergebnissen von Tinker und Mokros (1989), die gerade hier eine der Stärken der Echtzeit-Datenerfassung sehen und dies soll in der Hauptstudie genauer untersucht werden.

Umgang der Schülerinnen und Schüler mit direktem Feedback der Software

Eine weitere Gefahr, die dem Lernerfolg entgegenstehen könnte, besteht darin, dass die Schülerinnen und Schüler durch das direkte Feedback dazu verleitet werden könnten, auf die Reflektion zu verzichten und nach dem Prinzip Versuch-und-Irrtum vorzugehen (vgl. Radford 2009). Die Auswertung der erfassten Daten hat folgendes Vorgehen der Schülerinnen und Schüler ergeben: Verinnerlichung der Grundbewegung durch Erstellen des Plans sowie Nutzen des Feedbacks durch die entstehende Grafik zur Verfeinerung des Plans. In dem Schülerdokument (vgl. Abb. 3) sind die Grundbewegungen enthalten. Unter „normaler“ Geschwindigkeit ist der Gegensatz zu „schnell“ bei der zweiten Bewegungsphase zu verstehen. Die Gruppe notiert die erste Wartezeit nicht. Vor der ersten Durchführung des Laufs wird aber deutlich, dass ihnen diese Phase präsent ist und sie ledig-

| Anweisungen an den/die Experimentator/in | Anweisungen an den/die Messingenieur/in |
|--|---|
| Nehmt Euch Zeit und überlegt gemeinsam wie der /die Experimentator/in laufen muss, damit der Lauf möglichst genau mit dem Graphen übereinstimmt. Notiert Euren Plan. | |
| Erst normal bis 4m, dann 4 sek stehen | |
| bleiben, schnell zurück gehen und dann | |
| bei 0,8 m stehen bleiben | |

Abbildung 3: Plan zum Lauf des Graphen aus Abb. 1 (Klasse 10, RS)

benötigen sie nun allerdings das direkte Feedback der Software, da sie in ihrem Plan mit den relativen Geschwindigkeitsangaben „normal“ und „schnell“ gearbeitet haben. Sie laufen nun den Graphen mehrmals, bis sie ein zufriedenstellendes Ergebnis erhalten und speichern dieses. Die Frage, was ihnen mehr geholfen hat, die Erstellung des Plans oder das Feedback durch den Monitor, beantworten sie damit, dass ihnen beides geholfen habe, der Plan sei gut „damit man vorher schon weiß wie ungefähr man laufen muss“, beim Laufen selber haben sie dann mehr auf den Monitor geschaut „auf die Linien, die da gekommen sind“. Eine abschließende Reflexion, ob der Plan vollständig ist und tatsächlich den gewünschten Graphen ergeben hat (oder ergeben würde), was bei dieser Gruppe ja nicht der Fall ist, erfolgt nicht. In der Hauptstudie soll unter anderem untersucht werden, welche Ursachen dem zu Grunde liegen können. Hypothesen sind: (1) Der erzeugte Graph stimmt mit dem vorgegebenen überein. Es besteht keine Notwendigkeit zur Überprüfung des Plans. (2) Auf dem Arbeitsblatt war kein Platz für eine schriftliche Beantwortung der Frage vorgesehen, daher wurde sie als nicht so wichtig erachtet. Das beschriebene Vorgehen konnte bei den meisten Gruppen beobachtet werden.

lich vergessen haben, sie zu notieren. Sie haben also die Grundstruktur der Bewegung verinnerlicht. Um den Graphen akkurat nachzulaufen,

Literatur

- Barzel, B. & S. Ganter (2010). "Experimentell zum Funktionsbegriff." Praxis der Mathematik in der Schule **31**: 14-19.
- Biehler, R. et al. (2011). Daten und Zufall mit Fathom. Unterrichtsideen für die SI mit Softwareeinführung. Braunschweig, Schroedel.
- Engel, J. (2010). Anwendungsorientierte Mathematik: Von Daten zur Funktion. Eine Einführung in die mathematische Modellbildung für Lehramtsstudierende. Berlin Heidelberg, Springer.
- Radford, L. (2009). "No! He starts walking backwards!": interpreting motion graphs and the question of space, place and distance." ZDM **41**(4): 467-480.
- Riemer, W. (2011). "Bewegung mit GPS untersuchen: Grundvorstellungen der Analysis "erfahren". " mathematik lehren **160**: 54-58.
- Robutti, O. (2006). "Motion, Technology, Gestures in Interpreting Graphs." International Journal for Technology in Mathematics Education **13**(3): 117-126.<
- Tinker, R. F. & J. Mokros (1987). "The Impact of Microcomputer-Based Labs on Children's Ability to Interpret Graphs." Journal of Research in Science Teaching **24**(4): 369-383.