

Martin HENNECKE, Würzburg

## **LEGO<sup>®</sup> MINDSTORMS<sup>®</sup>: Eine informatische Erweiterung des mathematischen Schülerlabors**

### **1. Einführung**

An der Universität Würzburg ist seit 2009 mit dem M!ND-Center ein interdisziplinäres Didaktikzentrum im Aufbau. An ihm sind die Fachdidaktiken der Mathematik, der Informatik und der Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Geographie und Physik beteiligt. Gemeinsamer Kern sind Lehr-Lern-Labore, in denen Schülerinnen und Schüler, Lehramtsstudierende, Referendarinnen und Referendare und Lehrerinnen und Lehrer gemeinsam von- und miteinander lernen sollen.

Das Mathematik-Labor folgt dabei den Phasen Experimentieren, Mathematisieren und Simulieren. Beim Experimentieren arbeiten die Schülerinnen und Schüler mit Realmodellen und sammeln Erfahrungen, die die Mathematisierung vorbereiten. In der zweiten Phase findet eine Mathematisierung statt. Insbesondere werden funktionale Zusammenhänge erarbeitet. Anhand von Simulation überprüfen die Schülerinnen und Schüler schließlich ihre Modellierung und finden ergänzende Einsichten. Weitere Informationen finden sich z. B. bei Appell, Roth und Weigand (2008) oder in diesem Band bei Baum (2012).

Bei einigen Aufgaben des Mathematik-Labors bietet sich die thematische Fortsetzung im Rahmen des Informatik-Labors an. Beispielsweise berechnen die Schülerinnen und Schüler im Labor „Bagger“ die Bewegungsmöglichkeiten eines Baggararms (vgl. Roth 2010) und können aufbauend auf diesem Wissen Assistentensysteme, die z. B. die Schaufel senkrecht heben, mit LEGO<sup>®</sup> MINDSTORMS<sup>®</sup> umsetzen. Nachfolgend soll eine derartige Fortsetzung am Beispiel des Labors „Einparken“ (vgl. Roth 2008a, 2008b) dargestellt werden. Ergänzende Hinweise zur Modellierung finden sich z. B. auch bei Herrmann (2007).

### **2. „Einparken“ im Mathematik- und im Informatik-Labor**

Die zurzeit eingesetzte Version des Mathematik-Labors „Einparken“ fokussiert darauf, dass die Schülerinnen und Schüler den Wendekreis als eine der zentralen Größen beim Einparken erkennen und für das Paralleleinparken die S-Kurve als Einparklinie entwickeln. Hierfür berechnen sie die minimale Lückengröße. Ein anschließendes Informatik-Labor kann diese Vorkenntnisse nutzen, um mit einem autonom fahrenden LEGO<sup>®</sup> Modell an möglichen Parklücken vorbeizufahren, deren Länge auszumessen und ggf. auf der im Mathematik-Labor gefundenen S-Kurve einzuparken.

Als LEGO<sup>®</sup> Modell kommt im Informatik-Labor das LEGO<sup>®</sup> Technic Modell 8081 (Extreme Cruiser) zum Einsatz. Um autonom fahren zu können wurde es mit LEGO<sup>®</sup> MINDSTORMS<sup>®</sup> Komponenten aufgerüstet. Wie beim richtigen Auto gehören hierzu Ultraschallsensoren vorn und hinten sowie ein seitlicher Entfernungssensor zur Ausmessung der Parklücke.

Eine erste wichtige Vorübung für die Schülerinnen und Schüler ist das Kennenlernen der Fahrzeugsteuerung und deren Programmierung. Im Rahmen dieser Vorübung sind insbesondere Fahrversuche zu unternehmen, mit denen der funktionale Zusammenhang der Motorumdrehungen und der zurückgelegten Strecke bestimmt wird. Das empirische Vorgehen ist hier notwendig, da die rechnerische Bestimmung anhand des Reifendurchmessers deutlich fehlerhaft wäre (Antriebsverluste).

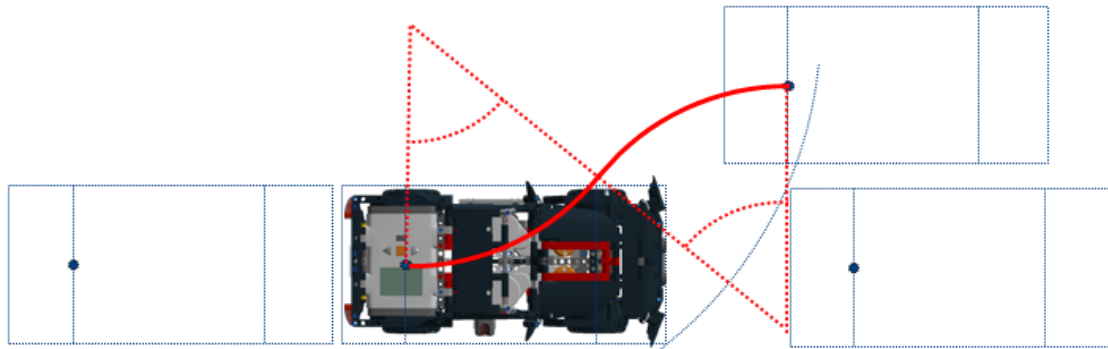
Im Rahmen der Fahrversuche lernen die Schülerinnen und Schüler auch viele der technischen Komponenten (z. B. den im LEGO<sup>®</sup> NXT Motor verbauten Drehsensor) sowie alle relevanten Sprachkonzepte kennen (z. B. wie eine Schleife zu programmieren ist, die abbricht, wenn eine bestimmte Umdrehungszahl erreicht ist). Um bei den Fahrversuchen möglichst gerade Linien zu fahren, wird das LEGO<sup>®</sup> Modell durch einen Lichtsensor entlang einer schwarzen Linie geführt und durch einen PID-Regler gesteuert. Auf den PID-Regler kann als fertiger Block zugegriffen werden.

Nun können die Schülerinnen und Schüler den Wendekreis des LEGO<sup>®</sup> Modells bestimmen. Dies kann durch Abfahren eines Halbkreises unter Umstellung bekannter Formeln vergleichsweise einfach erfolgen. Nebenbei bemerken die Schülerinnen und Schüler, dass die Antriebsverluste bei Kurvenfahren etwas größer als bei Geradeausfahrten sind.

Die minimale Lückengröße für das LEGO<sup>®</sup> Modell ist mit dem mathematischen Modell bestimmbar. Fährt das Modellauto an einer möglichen Parklücke vorbei, kann es diese mit dem seitlichen Entfernungssensor erkennen und deren Länge bestimmen. Die Umrechnung der Motorumdrehungen in Zentimeter erfolgt mit der bereits empirisch bestimmten Formel.

Die Schülerinnen und Schüler werden im weiteren Verlauf bemerken, dass das im Mathematik-Labor bestimmte mathematische Modell zur Bestimmung der minimalen Lückengröße insofern zu einem guten Ergebnis führt, als dass es dem programmierten Modell in der Tat gelegentlich gelingt, erfolgreich einzuparken. Viel zu oft stößt das Modell jedoch beim Einparken vorn rechts oder hinten an. Diese Beobachtung steht nicht im Widerspruch zur mathematischen Modellierung, da im Mathematik-Labor lediglich die minimale Lückengröße berechnet wurde. Beim realen Einparken notwendige Sicherheitsabstände vorn und hinten wurden dabei nicht modelliert.

Das eigentliche Einparken erfolgt nun rückwärts entlang einer S-Kurve. Im Mathematik-Labor wird die Startposition dieser S-Kurve aus Zeitgründen lediglich zeichnerisch bestimmt. Dabei konstruieren die Schülerinnen und Schüler ausgehend von der Endposition eine S-Kurve, für deren Umlenkpunkt sie einen Winkel von rund  $40^\circ$  nutzen.



Um dem mathematischen Modell geeignete Werte für das Einparken mit dem LEGO<sup>®</sup> Fahrzeug entnehmen zu können, fehlen damit wichtige Informationen. Die Berechnung des Umlenkpunkts wäre, wie z. B. Roth (2008) oder Herrmann (2007) zeigen, leicht im bestehenden mathematischen Modell möglich. Abhängig vom seitlichen Sicherheitsabstand dürfte er beim eingesetzten LEGO<sup>®</sup> Fahrzeug bei ca.  $50^\circ$  liegen. Zudem wäre der im Modell fehlende Sicherheitsabstand vorn und hinten bei der Berechnung der optimalen Startposition zu berücksichtigen (siehe oben).

Ausgehend von den im Mathematik-Labor gemachten Beobachtungen (Winkel um  $40^\circ$  und Startposition beim Lückenende) lassen sich die Werte für Umlenkwinkel und Startposition jedoch auch experimentell mit geringem Aufwand nachoptimieren. Dies mag mathematisch nicht elegant sein, berücksichtigt aber zusätzlich nicht modellierte Faktoren wie Lenkungs- oder Antriebsunregelmäßigkeiten. Aus Sicht eines Informatik-Labor ist systematisches Testen sicherlich auch nicht nur verwerflich.

Nachdem das Modellfahrzeug nun auf den berechneten Bahnen autonom einparkt, bleibt aus informatischer Sicht sicherlich noch einiges Feintuning. So lässt sich der bisher nicht genutzte vordere und hintere Ultraschallsensor einsetzen um beim autonomen Fahren vor plötzlich auftretenden Hindernissen (z. B. auf die Fahrbahn laufende Personen) automatisch zu halten. Für den Fall, dass sich während der autonomen Rückwärtsfahrt irgendwelche physikalischen Probleme aufsummieren kann der rückwärtige Ultraschallsensor ein Anstoßen an der hinteren Lückenbegrenzung verhindern. Auch könnte das Fahrzeug so programmiert werden, dass es sich unter Nutzung beider Ultraschallsensoren mittig in der Parklücke positioniert.

### **3. Fazit und Ausblick**

Das Informatik-Labor „Einparken“ ist bisher nur teilweise mit Schülern der 7. bis 9. Schuljahrgangsstufe erprobt. Diese brachten bereits Vorkenntnisse in der Programmierung von LEGO® MINDSTORMS® Roboter mit. Insofern ist es zu früh in einem ersten, vorläufigen Fazit über Erfahrungen im Einsatz des Labors zu schreiben.

Was bleibt, ist ein Fazit aufgrund der Konzeption des Labors. So sollte der Nutzen der mathematischen Modellierung für die technische Umsetzung sehr schön deutlich werden. Insbesondere müssen alle im Mathematik-Labor experimentell gewonnenen Erfahrungen zum Einparkvorgang, die bestimmten Formeln oder die im Rahmen der Konstruktion des S-Kurve gewonnen Einsichten zur Startposition bei der informatischen Umsetzung genutzt werden. Selbst dort, wo die Grenzen oder Lücken der bestehenden mathematischen Modellierung sichtbar werden, reicht das mathematische Modell aus, um experimentell zügig zu guten Lösungen zu kommen.

Auch aus informatischer Sicht stellt sich die Kombination beider Labore als sehr interessant dar. Sie ermöglicht eine Konzentration auf informatische Fragestellungen und verbessert die Realisierbarkeit eines derartigen Projekts damit essentiell. Zudem dürfte die Bedeutung einer guten Modellierung sichtbar werden. Dies ist auch aus Sicht der Informatikdidaktik sehr wünschenswert.

Es bleibt vor allem die weitere Erprobung des Informatik-Labors und die Analyse, welche weiteren Mathematik-Labore sich ggf. für eine derartige Kombination eignen würden. Um sinnvolle Gruppengrößen bedienen zu können, bedarf es sicherlich noch zwei oder drei weiterer Aufgaben. Mit dem Bagger (s.o.) bietet sich die erste dazu regelrecht an.

### **Literatur**

- Appell, K., Roth, J. & Weigand, H.-G. (2008): Experimentieren, Mathematisieren, Simulieren – Konzeption eines MATHEMATIK-Labors. In E. Vásárhelyi (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2008, 25-28.
- Baum, S. (2012): Das Mathematik-Labor und seine Verzahnung mit dem Schulunterricht. Erscheint in: Beiträge zum Mathematikunterricht 2012.
- Herrmann (2007): Mathematik ist überall. 3. Auflage, München: Oldenbourg.
- Roth, J. (2008a): Experimentelle Geometrie und Projektarbeit am Beispiel „Einparken“. In: R. Oldenburg & M. Ludwig (Hrsg.): Experimentelle Geometrie. Hildesheim, Berlin: Franzbecker.
- Roth, J. (2008b): Wie parkt man richtig ein? In: Mathematik lehren, Heft 149, 8, 46-51.
- Roth, J. (2010): Baggerarmsteuerung – Zusammenhänge rekonstruieren und Problemlösungen erarbeiten. In: Der Mathematikunterricht, 5 (56).