

Automatox: Ein Spiel für den Informatikunterricht

Ulrike Klein¹

Das Spiel ist der Weg der Kinder zur Erkenntnis der Welt, in der sie leben.

Maxim Gorki

Abstract: Ein Spiel für den Informatikunterricht, das Schülerinnen und Schülern ohne Vorkenntnisse einerseits eine Vorstellung von endlichen Automaten vermittelt, andererseits auch die Prinzipien der Speichersysteme Stack und Schlange verdeutlicht. Außerdem ein Spiel, das Spaß macht und die Allgemeinbildung fördert.

Keywords: Spiel, Informatikunterricht, Automat, Stack, Schlange, Allgemeinbildung

1 Spiele im Informatikunterricht

Kinder lernen durch Spielen. Das ist allgemein akzeptiert. Doch im Schulunterricht führen Spiele ein Nischendasein. Sie werden zur Abwechslung herangezogen oder als Belohnung versprochen oder um die letzte Stunde vor den Ferien auszufüllen, wenn kein „richtiger Unterricht“ sinnvoll erscheint. Dabei können Spiele durchaus gewinnbringend eingesetzt werden. Sie bringen Freude in den Unterricht, motivieren zum Lernen, fördern soziale Kompetenzen, sind handlungsorientiert, unterstützen die Selbstbestimmung — kurz: sie leisten das, was man von einem modernen Unterricht erwartet. Hilbert Meyer widmet dem Spielen im Unterricht eine ganze Lektion in seinen Unterrichtsmethoden [Me87]. Er sieht aber auch einen Widerspruch: Während Spiele an sich nach seiner Charakterisierung zweckfrei sind, haben didaktische Spiele durchaus „das Ziel, die sozialen, intellektuellen und ästhetischen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu fördern.“ ([Me87, S.344] Dieses Dilemma erkennt auch Gerd Busse: „Didaktische Intentionen und das Wesen des Spiels sind weitgehend nicht deckungsgleich.“ ([Bu03]) Dass für Schülerinnen und Schüler die Begriffe „Spaß“ und „Lernen“ im Widerspruch zueinander stehen und dadurch der Spaßfaktor eines Lernspiels als Ausschlusskriterium für den Lernerfolg vonseiten der Schülerinnen und Schüler empfunden wird, stellt Nadine Hansen in ihrer Dissertation fest. ([Ha10]) Sie führt dort eine empirische Vergleichsstudie über den Lernerfolg von Lernspielen im Vergleich zum fragend-entwickelnden Unterricht an über 300 Gymnasialisten verschiedener Jahrgangsstufen durch. Ihr Ergebnis ist, dass das Lernspiel in Bezug auf Lernerfolg nicht signifikant besser abschneidet als der Frontalunterricht. Andererseits stellt sie fest, dass die „motivationalen Werte auf ein methodisches Gestaltungselement deuten, das von den Schülerinnen und Schülern bestens angenommen wird.“ ([Ha10, S.288])

¹ Bertha-von-Suttner-Schule, An den Nussbäumen 1, 64546 Mörfelden-Walldorf, ulrike_sabine.klein@stud.tu-darmstadt.de

Daraus schließe ich, dass Lernspiele im Unterricht ihren Platz haben als ein Mittel zur abwechslungsreichen Methodik und dass sie durchaus geeignet sind, verschiedene Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler anzusprechen und sie zu motivieren. In den folgenden Abschnitten wird ein Gesellschaftsspiel beschrieben, das ich für den Informatikunterricht entwickelt und auch ausprobiert habe.

Man kann nun aber die Frage stellen: Wenn im Informatikunterricht gespielt wird, warum ist es dann kein Computerspiel? Da kann man mit dem Edsger W. Dijkstra zugeschriebenen Satz antworten: „In der Informatik geht es genauso wenig um Computer wie in der Astronomie um Teleskope.“ Wie Jens Gallenbacher in seinem Buch „Abenteuer Informatik“ ([Ga12]) und in der gleichnamigen Ausstellung vormacht, braucht man keine Computer, um Informatik zu lehren. Er stellt das „Begreifen“ der Thematik und die „Aha“-Effekte, hervorgerufen durch Einfachheit und Verständlichkeit, in den Mittelpunkt. Sein Fazit: „Es ist nicht nur möglich, Informatik ohne Computer zu lehren, sondern entsprechende Konzepte sind in verschiedener Hinsicht sogar besser und nachhaltiger geeignet, den Kern der Wissenschaft zu vermitteln.“ ([Ga09, S.36])

2 Automatox — Ein Spiel für den Informatikunterricht

2.1 Spielidee

(Ausführliche Spielanleitung, Spielmaterialien und Bastelanleitung findet man unter <http://www.mutam.de/automatox>.)

Der Spielplan simuliert einen endlichen Automaten. Die Kreise stellen die Zustände dar. Dabei sind ein Startzustand und verschiedene Zielzustände — gekennzeichnet durch Tierbilder — ausgezeichnet. Gespielt wird mit einem einzigen Spielstein, der den aktuellen Zustand des Automaten anzeigt. Anfangs befindet sich der Automat im Startzustand. Die Pfeile mit den Buchstaben geben an, welche Zustandsübergänge möglich sind. Durch Eingabe eines Buchstabens wird der Automat in den entsprechenden nächsten Zustand überführt. Ziel des Spieles ist es, den Automaten in die verschiedenen Zielzustände zu bringen.

Die Reihenfolge, in der die Ziele erreicht werden müssen, wird durch Aufdecken von Zielkarten ermittelt. Es sind immer drei Zielkarten aufgedeckt, von denen das vorderste Ziel zuerst erreicht werden muss. Wird ein Ziel erreicht, so erhält der Spieler, der das geschafft hat, diese Karte. Dann rücken die anderen Zielkarten einen Platz vor und die nächste wird aufgedeckt und hinten angelegt, was dem Prinzip einer Schlange entspricht.

Um den Zustand des Automaten zu ändern, gibt es Buchstabenkarten. Jeder Spieler hat drei Karten auf der Hand und bis zu zwei Ablage-Stacks, die er verwenden kann. Dazu legt er eine Karte in das entstehende Wort und zieht den Spielstein weiter. Wenn er nicht mehr legen kann oder möchte, legt er eine Karte auf einem seiner Stacks ab. Bei der Verwendung der Stack-Karten ist zu beachten, dass immer zuerst die oberste verwendet werden muss. Schafft es ein Spieler, alle Handkarten in das Spiel zu legen, so darf er sofort neue Handkarten ziehen und weiterspielen.

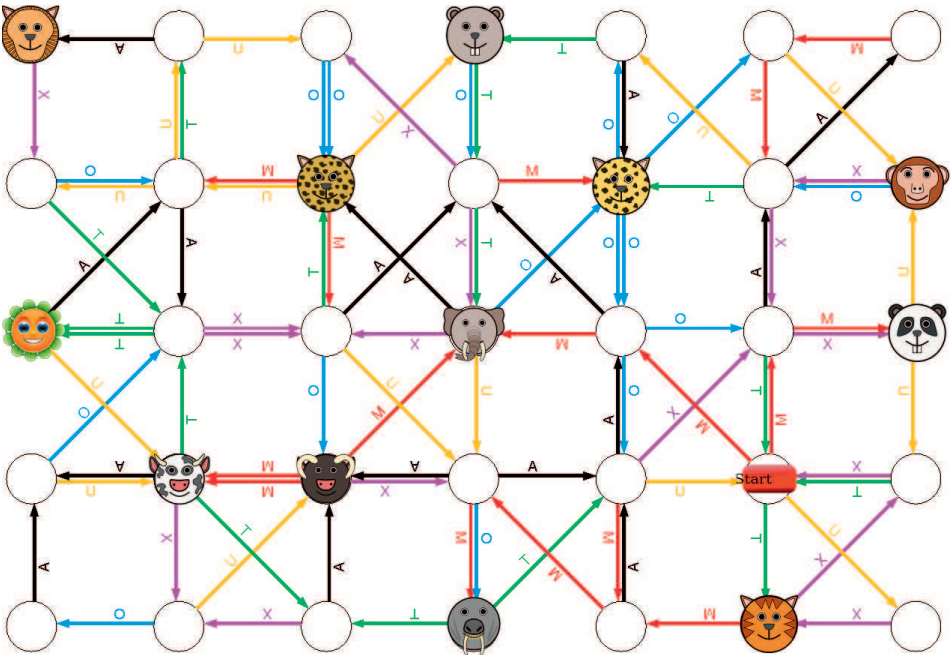


Abb. 1: Ein mögliches Spielfeld

Das Spiel endet, wenn das letzte Ziel erreicht wurde. Sieger ist, wer die meisten Zielkarten gesammelt hat.

2.2 Informatisches Konzept und Lehrplanbezug

Als Automaten bezeichnet man technische Geräte, die zu gewissen Eingaben nach einem schematischen (algorithmischen) Verfahren nach endlich vielen Schritten erwartete Ausgaben liefern. ([SS11, S.261])

Im Alltag versteht man unter einem Automaten eine Maschine, die bestimmte Abläufe selbstständig (also: „automatisch“) ausführen kann. Beispiele sind Fahrkarten-, Kaugummi-, Spielautomaten, Ampelschaltungen, Aufzüge.

In der Informatik ist ein Automat eine abstrakte Maschine, die bestimmte Zustände annehmen kann. Durch Eingabezeichen wird der Automat abhängig vom aktuellen Zustand und der Eingabe in einen Folgezustand überführt. Es werden viele Arten von Automaten unterschieden wie Moore- und Mealey-Maschinen, Turing-Maschine, Kellerautomaten, neuronale Netze und andere mehr. Automaten spielen in der Informatik eine große Rolle, weil sie eine einfache Struktur bieten, um komplexe Zusammenhänge übersichtlich darzustellen.

Daher ist es sinnvoll, dass Automaten auch im Informatikunterricht in der Schule vorkommen. Der Lehrplan Informatik für die Oberstufe in Hessen [Le10] sieht als Thema für die Q3 „Konzepte und Anwendungen der Theoretischen Informatik“ vor. Dort werden explizit

Automaten als Unterrichtsgegenstand aufgeführt, wobei alle Kurse Endliche Automaten behandeln und die Leistungskurse auch Kellerautomaten und Turing- oder Registermaschinen. Schubert-Schwill [SS11] widmet einen ganzen Abschnitt der Automatentheorie.

Zwei andere informatische Konzepte kommen auch in dem Spiel vor: Die Speicherverwaltungen First In – First Out (FIFO) und Last In - First Out (LIFO). FIFO bedeutet, dass die Elemente, die zuerst gespeichert werden, auch zuerst entnommen werden. Man nennt das auch „Schlange“ und es handelt sich um das Prinzip, mit dem man z. B. an einer Kasse ansteht. Dagegen bedeutet LIFO, dass das Element, das als letztes in den Speicher gegeben wurde, als erstes wieder entnommen wird. Das nennt man „Stack“ oder auch „Keller“ und wird beispielsweise bei einem Bücherstapel angewandt. Diese Begriffe finden nicht nur innerhalb der Informatik Verwendung, sondern auch in der Warenwirtschaft oder der Produktionstechnik. Im Lehrplan kommen diese speziellen Bezeichnungen auch vor: Bei der Beschreibung der Q1 „Objektorientierte Modellierung“ [Le10, S.17] wird auf die Konstruktion von Klassen hingewiesen mit „Die abstrakten Datentypen Keller und Schlange können beispielsweise als spezielle lineare Listen aufgefasst und daher von einer vorgegebenen Listenklasse abgeleitet werden.“ Ferner heißt es beim Wahlthema „Betriebssysteme“ in der Q4: „Konzepte und Strategien zur Prozess-, Speicher- und Dateiverwaltung können unabhängig von einer speziellen Realisierung thematisiert werden.“ [Le10, S.26] und es wird die „prioritätsgesteuerte Warteschlange“ erwähnt. Michael Fothe hat diese Prinzipien in seinem Buch „Kunterbunte Schulinformatik“ im Zusammenhang mit dem Informatiksystem Taschenrechner direkt thematisiert und mit einer anschaulichen Grafik versehen. [Fo10, S.48]

2.3 Fachdidaktisches Konzept

Mit diesem Spiel werden informatische Prinzipien vorgestellt und zwar sehr dezent. Es sind keinerlei informatische Vorkenntnisse nötig, um das Spiel zu spielen. Man kann das Spiel auch einfach aus Spaß spielen, ohne zu merken, dass man es mit informatischen Prinzipien zu tun hat. Man kann das Spiel spielen und sich anhand des informatischen Anhangs zur Spielanleitung über die enthaltenen informatischen Zusammenhänge informieren. Beabsichtigt ist aber folgende Vorgehensweise: Man spielt das Spiel und nimmt es zum Anlass, die darin enthaltenen informatischen Prinzipien zu thematisieren und Bezüge zum Alltag zu suchen. Beispiele findet man genug, wenn man seine „Informatik-Brille“ (als Analogon zur „Mathe-Brille“ von Heinrich Winter [Wi95]) aufsetzt und sich aufmerksam in der Lebenswelt umschaute. Die im Spiel vorgeführten Prinzipien Automat, Stack und Schlange sind ja weniger kompliziertes informatisches Fachwissen als vielmehr ein Teil der Allgemeinbildung, die jeder haben sollte. Differenziert man nach Heymann ([Wi03]) genauer zwischen den Aufgaben der Allgemeinbildung, so würde man dieses Spiel der „Weltorientierung“ zuordnen: Die Jugend soll mit Wissen über die Welt ausgestattet werden. Die Fakten sollen fächerübergreifend in das Weltbild eingepasst werden. Auch zum Bereich „Stiftung kultureller Kohärenz“ lassen sich Bezüge finden, da hier zentrale Ideen angesprochen werden. Es kann auch zur „Stärkung des Schüler-Ichs“ beitragen, wenn sie Alltag die Prinzipien erkennen und dann ihren Eltern erklären können, worum es sich handelt.



Abb. 2: Das aufgebaute Spiel im Spielverlauf

2.4 Spielkonzept

Das Spiel „Automatox“ ist ein Gesellschaftsspiel, das für Kinder ab etwa 10 Jahren geeignet ist. Die Anzahl der Spieler ist nicht festgelegt. Ich empfehle 2–6 Spieler, es kann aber durchaus auch einer mehr sein. Das verlängert nur die Wartezeiten.

Die Spieldauer beträgt ca. 30 Minuten.

Das Spiel enthält sowohl strategische als auch zufällige Elemente, wobei der Zufall überwiegt. Das Spiel ist so konzipiert, dass der Spaßcharakter im Vordergrund steht und sich die didaktischen Absichten nicht aufdrängen.

Auch wenn sich die Spielanleitung erst kompliziert anhört, so ist das Spiel doch schnell zu lernen und hat nur wenige Regeln. Die Regeln des Kartenziehens und des Ablegens auf Stacks sind an das Spiel „Skip-Bo“ angelehnt, das relativ bekannt ist.

Damit das Spielfeld nicht immer gleich aussieht, wird es aus einzelnen quadratischen Elementen zusammgebaut. Sie enthalten die Kanten des Graphen. Die Knoten des Graphen werden durch runde Spielchips dargestellt, von denen eines mit dem Startzeichen beklebt ist und zwölf andere mit Zielbildern.

Es wurden verschiedene Varianten des Spieles ausprobiert. Bei einem zu kleinen Spielfeld mit zu wenigen verschiedenen Buchstaben sind die Ziele zu leicht zu erreichen und mit ein wenig Glück kann man ganz viel auf einmal „abräumen“. Bei einem größeren Spielfeld mit zu vielen verschiedenen Buchstaben stockt das Spiel, weil man zu selten etwas

Passendes zieht. Als brauchbare Variante hat sich ein Spiel mit 24 Spielfeldkarten (also 35 Knoten) und sechs verschiedenen Buchstaben herausgestellt. Statt die ersten sechs Buchstaben A, B, C, D, E und F des Alphabets zu verwenden, heißen sie jetzt A, U, T, O, M und X. Damit erhöht sich die Chance, dass das erhaltene Wort, das von einem Ziel zum nächsten gebildet wird, auch aussprechbar ist.

Damit jede Kombination des Aneinanderlegens der Spielfeldkarten einen zum Spielen möglichen Graphen ergibt, ohne dass es Sackgassen oder unerreichbare Knoten gibt, wurde die Bedingung gestellt, dass zu jeder Ecke mindestens ein Pfeil hingehen und mindestens einer weggehen muss. Wenn man eine minimale Anzahl von Pfeilen pro Spielfeldkarte vorsieht, wurde dadurch die Anzahl der Grundmuster abgesehen von Farbe und Orientierung der Pfeile auf zwei verschiedene eingeschränkt.

3 Erprobung im Unterricht

3.1 These

Untersucht werden sollte die These: „Mit Hilfe des Spieles „Automatox“ ist es möglich, Schülerinnen und Schülern, die noch keine fachspezifischen Vorkenntnisse besitzen, eine Vorstellung von den informatischen Prinzipien eines Automaten und der Speicherverwaltungen FIFO und LIFO zu vermitteln.“

3.2 Vorgehensweise der Erprobung und Fragebögen

Um diese These zu überprüfen, wurde mit Schülergruppen ein Testspiel durchgeführt. Zu Beginn erhielten die Schülerinnen und Schüler einen Fragebogen, um ihre Vorkenntnisse und die alltäglichen und intuitiven Vorstellungen herauszufinden. Dann spielten sie in Kleingruppen das Spiel, von dem ich drei Exemplare erstellt hatte. Anschließend erhielten sie einen zweiten Fragebogen, in dem abgefragt wurde, wie sich die Vorstellungen durch das Spiel verändert haben. Die beiden Fragebögen wurden von den Schülern mit einem Zeichen markiert, um sie einander zuordnen zu können.

3.2.1 Fragen des ersten Fragebogens

- In welcher Klassenstufe befindest du dich?
- Hast du Informatikvorkenntnisse (abgesehen vom letzten halben Jahr Unterricht)?
- Was verstehst du unter einem Automaten?
- Hast du schon etwas von „First In – First Out“ und von „Last In – First Out“ gehört?
 Ja Nein
- Was könnte man darunter verstehen?
- Unterstreiche die Wörter, die du in dem folgenden Graphen findest.
ABC — CA — DAA — ADAAD — EBC — AAB

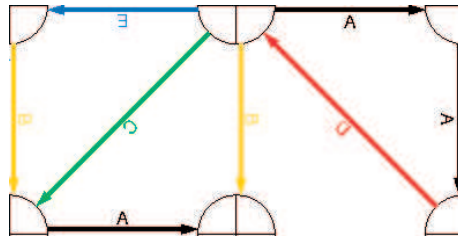


Abb. 3: Der in den Fragebögen verwendete Graph

3.2.2 Fragen des zweiten Fragebogens

- Das Spiel simuliert einen Automaten. Versuche zu formulieren, was man in der Informatik unter einem Automaten versteht. (Hinweis: Spielanleitung)
- Die Prinzipien „First In – First Out“ und von „Last In – First Out“ kommen in dem Spiel für die verschiedenen Kartenstapel (Zielkarten und Ablagestapel) vor. Beschreibe, wo diese Prinzipien vorkommen und was sie bedeuten.
- Suche Beispiele, wo diese Prinzipien im Alltag vorkommen.
- Schreibe fünf Wörter auf, die du in dem folgenden Graphen findest.

3.3 Durchführung der Erprobung

Die Erprobung wurde mit zwei Lerngruppen an einer integrierten Gesamtschule mit Oberstufe durchgeführt.

Die erste Lerngruppe ist ein Informatikkurs in der Einführungsphase, den ich seit einem halben Jahr unterrichte. An der Erprobung haben elf SchülerInnen (ein Mädchen und zehn Jungen) teilgenommen. Sie spielten das Spiel aufgeteilt in drei Gruppen. Die im Spiel vorkommenden Prinzipien wurden im Unterricht noch nicht behandelt.

Bei der zweiten Lerngruppe handelt es sich um Schülerinnen und Schüler einer 9. Klasse, die ich während der Projektwoche betreue. Die Teilnahme an der Erprobung erfolgte dort auf freiwilliger Basis. Nachdem recht viele den ersten Fragebogen ausgefüllt hatten, zogen es einige vor, beim Spiel nur zuzuschauen. Gespielt haben dann zwei Gruppen, eine mit vier Mädchen und eine mit drei Jungen, so dass ich hier sieben Antworten habe.

In beiden Fällen war genug Zeit vorhanden, so dass die Gruppen das Spiel bis zum Ende spielen konnten.

3.4 Ergebnisse

Bei der Frage nach der Klassenstufe stellte sich heraus, dass alle SchülerInnen der E-Phase in der 11. Klasse sind, also alle von der IGS kommen und nicht von einem Gymnasium mit G8.

Vorkenntnisse gibt es wenige: In der E-Phase gaben zwei Programmierkenntnisse an, einer

einen Kurs in Klasse 10 und zwei „Ja“ ohne nähere Angabe. In Klasse 9 wurde einmal ein Kurs besucht und einmal „Ja“ ohne nähere Angabe gesagt.

Bei der Frage nach Automaten wurden im ersten Fragebogen unabhängig von der Jahrgangsstufe verschiedene Automaten aufgezählt. Einige versuchten sich an Definitionen: „ein automatisch ablaufender Prozess“ (11), „ein Gerät, das nicht von einem Menschen bedient wird, sondern von einem Computer“ (11), „selbst arbeitendes Programm für bestimmte Aktionen und Bereiche“ (11), „Elektronische Objekte, die verschiedene Aufgaben erfüllen. Sie werden von Elektronik angetrieben.“ (9), „Ein beliebig einsetzbares Gerät, das auf maschineller Basis mittels eines Elektronengehirns arbeitet.“ (9), „etwas, das automatisch Dinge tut, wenn man zum Beispiel einen Knopf drückt und etwas passiert“ (9), „Ein Gerät, das ohne Hilfe von Menschen funktioniert, nur zum Starten oder Abschalten“ (9).

Inwieweit hat sich das Bild des Automat im zweiten Fragebogen verändert? In der Spielanleitung stand eine Definition, aber die hat niemand übernommen. In der 9. Klasse kam zum Thema Automat nichts Neues dazu. In der 11. Klasse gab es Bezüge zum Spiel und Antworten wie „Man hat vorgegebene Pfade“ (zweimal), „Ein Gerät, das über Befehle mit Schaltkreisen ein Ziel erreicht.“, „Mehrere zielführende Wege.“, „Es gibt verschiedene Zustände in einem Automat.“ (zweimal), „Um ein Ziel zu erreichen, müssen verschiedene Zustände nacheinander geschaltet werden.“ „Dass man mit verschiedenen Wegen an sein Ziel ankommt, obwohl man manchmal wieder zurück gehen muss.“

Mit der Frage nach FIFO oder LIFO konnte im ersten Fragebogen unabhängig vom Jahrgang niemand etwas anfangen. Es gab ein paar Übersetzungen, die aber keinen Bezug zu einem Inhalt hatten. Im zweiten Fragebogen wurde durch die Fragestellung schon deutlich der Bezug zum Spiel hergestellt und das Beschreiben glückte in vielen Fällen. Bei den 11-Klässlern gaben ca. die Hälfte die richtige Antwort, die anderen ließen das Feld immer noch frei. Als Beispiel für LIFO kam mehrmals der Essensautomat. Es kommt zuerst das, was vorne ist. Bei dieser Frage zeigte sich die 9. Klasse kreativer. Der Anteil, der die Frage über Karten richtig beantwortete war höher und es kamen viele Beispiele (oft nicht nach LIFO und FIFO sortiert): Abheften von Blättern im Schnellhefter, an der Kasse, Toasts im Toaster (?), Schlange im Supermarkt, Snack-Automat. Mit der 11. Klasse diskutierte ich im Anschluss an den Fragebogen noch über diese Prinzipien. Und sobald sie ein bisschen in diese Richtung gelenkt wurden, fanden auch sie eine Reihe von Beispielen, die jetzt aber nicht auf den Bögen festgehalten sind.

Hingegen war das Finden von Wörtern im Graphen für die meisten intuitiv klar und schon im ersten Fragebogen kein Problem. Die wenigen, die im ersten Fragebogen noch nichts mit der Frage anfangen konnten, waren bei der zweiten Befragung in der Lage, Wörter zu finden.

Zusätzlich zu den Fragebögen fragte ich noch nach Verbesserungsvorschlägen zum Spiel. Die meisten hatten — ihrer eigenen Aussage und meiner Beobachtung nach — Spaß am Spiel. Dabei muss man bemerken, dass bei den Neuntklässlern nur die gespielt haben, denen solche Gesellschaftsspiele Spaß an machen. Der Zufall ist bei diesem Spiel ein erheblicher Faktor. Dadurch war die Mädchengruppe bei den Neuntklässlern sehr viel schneller fertig als die Jungengruppe. Bei den Mädchen kam der Wunsch nach einem größeren Spielfeld, bei den Jungen die Bitte um mehrere verschiedene Buchstaben an einem Pfeil.

Interessant ist auch, dass ganz ohne Nachfrage über Spielstrategien reflektiert wurde: „Oft ist es sinnvoll, in die falsche Richtung zu gehen, wenn man dadurch seine Karten los wird und wieder neu ziehen darf.“

4 Fazit

Das Spiel „Automatox“ ist ein Spiel, das Spaß macht und informatische Prinzipien beinhaltet. Das Spielen allein bewirkt jedoch nicht, dass man hinterher die Definition für einen Automaten angeben kann. Das liegt vielleicht auch daran, dass in der Alltagssprache das Wort „Automat“ immer mit einem technischen Gerät verknüpft ist, so dass die Verbindung eines abstrakten Graphen zu einem Automaten nicht gesehen wird. Das Spiel liefert aber Beispiele und hilft Vorstellungen, die vielleicht noch nicht wirklich ausformuliert sind, zu entwickeln. Wenn man dann eine Frage stellt in der Art „Wo kommt so etwas denn im normalen Leben vor?“, dann werden auch Analogien gefunden. Um ein informatischen Gewinn zu ziehen, sollte man nach dem Spiel noch anregen, darüber nachzudenken, welche Prinzipien vorkamen und Beispiele zu suchen. Aus diesem Grund ist das Spiel auf jeden Fall zur Einführung in eines der genannten Themen geeignet. Ich halte es aber auch für sinnvoll, das Spiel zu spielen, wenn sich nicht direkt ein Unterricht darüber anschließt, sondern einfach aus Gründen der Motivation und der Allgemeinbildung.

Literaturverzeichnis

- [Bu03] Busse, G.: Spielen im Unterricht — Ein Dilemma. Paulo Freire Verlag 3/2003, 2003. <http://www.freire.de/node/69>, Stand: 27.1.2015.
- [Fo10] Fothe, M.: Kunterbunte Schulinformatik. LOG IN Verlag, Berlin, 2010.
- [Ga09] Gallenbacher, J.: Abenteuer Informatik — „Informatik begreifen“ wörtlich gemacht. Jgg. 156, Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 28–37, 2009. <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings156/28.pdf>, Stand: 28.1.2015.
- [Ga12] Gallenbacher, J.: Abenteuer Informatik. Springer Spektrum, Berlin Heidelberg, 2012.
- [Ha10] Hansen, N.: Spielend lernen? Lernspiele in divergierendem Fächerkontext der Sekundarstufe I und II und ihre Auswirkungen auf Lernerfolg bei Kindern und Jugendlichen. Dissertation Universität Duisburg-Essen, DuEPublico, Duisburg-Essen, 2010. http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-25012/Diss_Hansen.pdf, Stand: 27.1.2015.
- [Le10] Lehrplan Informatik Hessen, Gymnasialer Bildungsgang, Gymnasiale Oberstufe, https://verwaltung.hessen.de/irj/servlet/prt/portal/prtroot/slimp.CMReader/HKM_15-/HKM_Internet/med/f9a/f9a5418f-7d7a-921f-012f-31e2389e4818,22222222-2222-2222-2222-222222222222,true, Stand: 28.1.2015.
- [Me87] Meyer, H.: Unterrichtsmethoden II: Praxisband. Cornelsen, Berlin, 1987.
- [SS11] Schubert, S.; Schwill, A.: Didaktik der Informatik, 2. Auflage. Spektrum Verlag, Heidelberg, 2011.

- [Wi95] Winter, H.: Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. Jgg. 61. GM Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, S. 37–46, 1995.
- [Wi03] Witten, H.: Allgemeinbildender Informatikunterricht? Ein neuer Blick auf H. W. Heymanns Aufgaben allgemeinbildender Schulen. S. 53–69, 2003. <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings32/GI-Proceedings.32-7.pdf>, Stand: 28.1.2015.