

Andreas PRÖMMEL, Kassel und Rolf BIEHLER, Paderborn

## **Instruktionale Unterstützung selbständigen Lernens in der gymnasialen Oberstufe beim Einstieg in die Stochastik**

Für die ersten drei Wochen des Stochastikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe haben wir 2008 ein Unterrichtskonzept entwickelt und erprobt, das einen ganzheitlichen Einstieg in die Stochastik mit computergestützter Simulation (GESIM) ermöglicht. Die zentrale Rolle kommt dabei der selbstständigen Simulation und Modellierung von Zufallsexperimenten zu. Der Erwerb von grundlegenden Fähigkeiten im Umgang mit der Werkzeugsoftware Fathom dient dabei nur als Mittel zum Zweck. Die Lernenden werden in die Lage versetzt, selber aktiv Modelle zu konstruieren und zu untersuchen. Dieser Ansatz bietet didaktische Vorteile gegenüber dem Arbeiten mit fertigen Simulationen. Die durch Simulationen zu erwerbenden stochastischen Grundvorstellungen bzw. intuitiven Wissenselementen beziehen sich auf die folgenden Punkte:

- Rolle des Stichprobenumfangs bei Zufallsexperimenten
- empirisches Gesetz der großen Zahl
- Eigenschaften von Stichprobenverteilungen
- $1/\sqrt{n}$ -Gesetz

Der stärkere Einsatz von stochastischer Simulation im Stochastikunterricht wird seit längerem in der Mathematikdidaktik für sinnvoll gehalten (AK Stochastik, 2003). Allerdings hat sich dies bisher nur punktuell in Lehrplänen und Schulbüchern niedergeschlagen. Die Situation hat verschiedene Ursachen, u.a. fehlende praktikable Unterrichtskonzepte mit integrierter Simulation und fehlende passende Werkzeugsoftware, die für eine Begleitung eines ganzen Stochastikkurses angemessen ist. Für das GESIM-Konzept konnten wir auf verschiedene Vorarbeiten der AG Biehler zurückgreifen, diese integrieren und weiterentwickeln. So hat Thorsten Meyfarth ein Konzept für den Stochastikleistungskurs mit Fathom entwickelt und evaluiert (Meyfarth, 2006, 2008). Tobias Hofmann hat für die Werkzeugsoftware Fathom die videobasierte Lernumgebung eFathom entwickelt. Rolf Biehler und Carmen Maxara haben einen durchgehenden unterrichtsbegleitenden Einsatz von Simulationen begründet (Biehler & Maxara, 2007).

### **Fachdidaktische Aspekte des GESIM-Konzeptes**

Gegenüber dem Meyfarth-Konzept haben wir gezielt fachdidaktische Optimierungen vorgenommen. So stehen simulative und rechnerische Metho-

den mehr im Wechselspiel zueinander, um sich gegenseitig zu ergänzen. Wir unterscheiden die Begriffe „theoretische Wahrscheinlichkeit“ für den theoretischen Zugang über Anteile und Wahrscheinlichkeit als Schätzwert für den experimentellen Zugang über relative Häufigkeiten deutlich. Wir beziehen das empirische Gesetz der großen Zahlen für den Erwartungswert mit ein und implementieren dessen theoretische Berechnung durch ideale Simulation. Schätzen, Skizzieren von Verteilungen und Bilden von Modellen als Arbeitsaufträge sollen die intuitiven und planerischen Elemente stärken. Hinsichtlich des Erwerbs von Werkzeug- und Simulationskompetenzen setzen wir auf den Einsatz von eFathom in der Hausarbeitszeit und die Verwendung von Simulationsplänen.

Aus den vorangegangenen Überlegungen haben wir die folgende Unterrichtsstruktur für etwa 15 Unterrichtsstunden konzipiert:

- Statistische Verteilungen und ausgewählte Kennwerte (Mittelwerte, Quartile, IQR als Streuungsmaß)
- Laplace-Experimente und Erwartungswert in Spielsituationen (empirische und theoretische Betrachtungen, einfache Simulationen)
- Modellierung von stochastischen Situationen durch Urnenmodelle
- Vertiefung „Gesetz der großen Zahl“ (Einfluss des Stichprobenumfangs,  $1/\sqrt{n}$ -Gesetz)

Die Werkzeugsoftware Fathom wird durchgängig eingesetzt für die aktive Schülerarbeit oder als Demonstrationswerkzeug für die Lehrperson. Das Konzept der Unterrichtsstunden selbst folgt der ASPB-Struktur für die entsprechende Unterstützungen bereit gestellt werden.

Phase	Unterstützung
A. Vorbereitung	Didaktisches Handbuch für die Lehrkraft
S. Selbstständige Arbeit	Arbeitsblätter, Simulationsplan, Kooperationskripts (ggf. Handbuch zur Unterstützung durch die Lehrkraft)
P. Schüler-Präsentation	
B. Nachbesprechung, „Was ist „geteiltes“ Wissen?“	Didaktisches Handbuch für die Lehrkraft

Abb. 1: Stundenstruktur und Unterstützungen

### Genauere Betrachtung der S-Phase

Eine typische Arbeitssituation ist, dass Schülerpaare vor dem Rechner sitzen und Simulationsaufgaben mit der Werkzeugsoftware bearbeiten. Die

Komplexität dieser Lernsituation stellt hohe Anforderungen an die Selbstregulation der Lernenden. Aus Untersuchungen ist bekannt, dass Schülerkooperation in Lerndyaden vor dem Rechner nicht zwangsläufig für beide Schüler effektiv sein muss, sondern instruktionaler Unterstützung bedarf (Meyfarth, 2006; Urhahne & Harms, 2006). Als Unterstützungsformen haben wir das in der AG Biehler entwickelte Simulationsschemata und Kooperationskripts eingesetzt. Dabei haben wir für das Simulationsplanschema zwei verschiedene Einsatzformen realisiert:

- „konsekutiv“ zur Planung (vor Beginn der Rechnerarbeit),
- „integrativ“ zur Dokumentation und Begleitung der Rechnerarbeit

In der konsekutiven Form haben die Schülerpaare das Simulationsplanschema soweit als möglich offline ausgefüllt und dann am Rechner umgesetzt. Bei der integrativen Form gab es keine Trennung der Arbeitsphasen.

## Simulationsplan Aufgabe 1

Simulation durch Stichprobenziehung

Zufallsexperiment:

Fragestellungen:

[1] Festlegen der Urnenkollektion	Ausprägungen: Merkmalsname: Fathom-Formel:
[2] Stichprobe ziehen	<input type="checkbox"/> mit Zurücklegen <input type="checkbox"/> ohne Zurücklegen Anzahl der zu ziehenden Kugeln:
[3] Festlegen der Messgrößen	Beschreibung: Ausprägungen: Messgrößenname: Fathom-Formel:
[4] Messgrößen sammeln	Anzahl der gesammelten Messgrößenwerte:
[5] Auswertung:  Verteilung, rel. Häufigkeit, Mittelwerte,...	

Interpretation der Auswertung:

Abb. 2: Simulationsplanschema

## Überblick über Struktur und Ergebnisse der Pilot-Studie

Das GESIM-Konzept wurde 2008 in zwei Leistungskursen der Jacob-Grimm-Schule Kassel und in einem Leistungskurs der Albert-Schweitzer-Schule Kassel eingesetzt und unter drei globalen Fragestellungen untersucht:

- **Feasibility:** Ist das Konzept in der Unterrichtspraxis umsetzbar? Wo gibt es Verbesserungsbedarf?
- **Instruktionales Design und Lernleistung:** Ist der Einsatz der Arbeitsblätter und des Simulationsschemas erfolgreich im Hinblick auf die Qualität der Aufgabenlösungen?
- **Lösungsprozesse:** Wie unterscheiden sich die Lösungsprozesse der Lernenden in Abhängigkeit von instruktionalen Variablen?

Den Lernerfolg bzw. die Leistung haben wir in der Produktqualität gemessen (Arbeitsblätter, Fathomdateien, Simulationspläne). Für die Untersuchung der Lösungsprozesse haben wir die Arbeitsphasen am Rechner mit der Software Camtasia aufgezeichnet.

Zur Feasibility haben wir festgestellt, dass die Unterrichtseinheit zeitlich und organisatorisch gut unterrichtbar ist. Es gab eine hohe Akzeptanz bei Schülern und Lehrern. Der Einsatz eFathom im Hausaufgabenbereich wurde sehr gut angenommen.

Die Trennung von Planung und Rechnerarbeit hat keine nachteiligen Auswirkungen auf die Lernleistung ergeben. Die Aufgaben in der untersuchten Unterrichtseinheit wurden in beiden Gruppen sehr gut bewältigt.

Allerdings haben sich in den Lösungsprozessen Unterschiede gezeigt, die wir genauer untersuchen wollen. Eine unserer Hypothesen ist, dass die Schülergruppen mit Planungsvorlauf einen einheitlicheren Lösungsprozess in der Rechnerarbeit zeigen und weniger Hilfe von außen benötigen. Darüber hinaus interessieren wir uns dafür, wie das Simulationsschema in der Rechnerarbeit genau benutzt wird.

## Literatur

- AK Stochastik der GdM (2003). Empfehlungen zu Zielen und zur Gestaltung des Stochastikunterrichts. *Stochastik in der Schule* 23, H.3, 21-26
- Biehler, R., Hofmann, T., Prömmel, A. (2008). GESIM: Ganzheitlicher Einstieg in die Stochastik mit Unterstützung durch Simulation. Universität Kassel (unveröffentlicht)
- Biehler, R., Maxara, C. (2007). Integration von stochastischer Simulation in den Stochastikunterricht mit Hilfe von Werkzeugsoftware. *MU* 53. Jg., H.3, 45-62
- Meyfarth, T. (2006). Ein computergestütztes Kurskonzept für den Stochastik-Leistungskurs mit kontinuierlicher Verwendung der Software Fathom - Didaktisch kommentierte Unterrichtsmaterialien. KaDiSto. Bd.2. Universität Kassel
- Meyfarth, T. (2008). Die Konzeption, Durchführung und Analyse eines simulationsintensiven Einstiegs in das Kurshalbjahr Stochastik der gymnasialen Oberstufe. Eine explorative Entwicklungsstudie. Dissertation. Universität Kassel
- Urhahne D., Harms, U. (2006). Instruktionale Unterstützung beim Lernen mit Computersimulationen. *Unterrichtswissenschaft* 34. Jg., H.4, 58-77