

Carmen MAXARA, Kassel

Stochastische Simulationen mit dem Computer - Kompetenzen und Schwierigkeiten bei Studierenden

Das Konstruieren stochastischer Simulationen mit der Werkzeugsoftware FATHOM™ ist seit einiger Zeit fester Bestandteil der einführenden Vorlesung "Elementare Stochastik" für Lehramtsstudierende (GHR) an der Universität Kassel geworden. Zur Bearbeitung von Simulationsaufgaben haben wir für die Studenten eine dreistufige Anleitung mit einem stochastischen Part und Softwareaktivitäten entwickelt. In einer explorativen Studie haben wir den Problemlöseprozess von Studierenden anhand einer Simulationsaufgabe untersucht, die sowohl Fathomkompetenzen wie auch stochastische Kompetenzen zur Bearbeitung erforderte. Auf Grundlage der Analyse haben wir die theoretische Konzeptualisierung stochastischer und computerbezogener Kompetenzen und ihre Wechselwirkung ausgearbeitet.

Einleitung

Die Werkzeugsoftware FATHOM™ wird kontinuierlich in der Veranstaltung eingesetzt, da sie in geeigneter Weise das Modellieren und Simulieren von stochastischen Zufallssituationen, das Analysieren von Daten sowie das Erforschen von Methoden und Konzepten unterstützt. Ein wichtiger Aspekt bei der Behandlung der elementaren Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Veranstaltung ist die Simulation von Zufallsexperimenten bei dem wie bei einem Ansatz von Konold [4] gesuchte Wahrscheinlichkeiten durch Simulation geschätzt werden sollen. Die Simulation mit Fathom wird parallel zum Wahrscheinlichkeitskonzept, zu Zufallsgrößen und Ereignissen eingeführt. Zufallssituationen werden mathematisch modelliert, simuliert und wenn möglich miteinander verglichen. In Übungen sollten die Studierenden zu stochastischen Situationen ein stochastisches Modell angeben und mit Fathom Modelle zu diesen Zufallssituationen konstruieren. Ereignisse und Zufallsgrößen sollten angegeben und in Fathom-Sprache übersetzt werden. Anschließend sollten die Studierenden Fathom als Datenanalysewerkzeug nutzen und ihre Arbeit in Fathom dokumentieren.

Die Studie

Die Studie ist Teil eines Forschungsprogramms, in dem das Lehren von Statistik/Stochastik mit Fathom, in elementaren Stochastikkursen der Universität Kassel und in verschiedenen Klassen an Kasseler Schulen, im Mittelpunkt steht (vgl. [1]). Hier werden die Ergebnisse einer Fallstudie mit acht Studenten eingebracht, die ein stochastisches Problem mit Fathom simulieren sollten. Die Simulationsaufgabe wurde von den Studenten paar-

weise bearbeitet. Die Bearbeitung wurde videografiert und die Softwareaktivitäten wurden mit einem Screenshot-Programm aufgezeichnet. Anschließend wurden mit den Studenten Einzelsitzungen (Methodenmix aus halbstrukturiertem Interview und "stimulated recall") durchgeführt.

Um Fathom für das Modellieren, Simulieren und Experimentieren nutzen zu können, benötigen die Studierenden bestimmte "Fathomkompetenzen". Zwei unserer Forschungsfragen waren daher: Welche Fathomkompetenzen benötigen die Studierenden? Und in welchem Maß erwerben Studierende Fathomkompetenzen? Ein zweiter Forschungsgegenstand ist die Verknüpfung von Fathomaktivitäten mit stochastischen Inhalten. Fathom erlaubt den Studierenden Probleme zu lösen, die sie noch nicht theoretisch lösen können. Kombinatorische Kompetenzen werden dann durch Fathomkompetenzen ersetzt. Konzentrieren sich Studierende dadurch mehr auf stochastische Aspekte (z.B. die Modellierung oder das Verteilungskonzept) während des Problemlöseprozesses? Fathom bietet weiterhin das Konzept der *Messgröße* an, dass Ereignisse und Zufallsgrößen anschaulicher, in empirischer Weise repräsentiert. Unterstützt Fathom die Verwendung stochastischer Konzepte als empirische Konzepte im Modellierungskontext?

Idealtypisches Arbeiten mit Simulationen - Kompetenzen und Schwierigkeiten

In einer vorgeschalteten didaktischen Analyse der Simulationsmöglichkeiten in Fathom haben wir Konzepte und Vorstellungen entwickelt, um Fathom als Simulationswerkzeug einzusetzen. Studierende sollten in drei Schritten mit Simulationen arbeiten: Sie sollten 1. ein stochastisches Modell des Zufallsexperimentes aufstellen, 2. einen Simulationsplan erstellen und diesen 3. in Fathom realisieren. Zur Orientierung haben wir einen 4-Schritte-Plan entwickelt, der aus einem stochastischen Part und einem Part mit Fathom-Objekten und Operationen besteht, welche sich schrittweise entsprechen. Die konkrete Beschreibung der vier Simulations-schritte in Fathom nennen wir "Simulationsplan". Dieser lehnt sich an Biehler [2] an.

	Stochastische Konzepte	Fathom Objekte & Operationen
M	Modellierung einer realen Situation	
1	Konstruktion des Modells, des Zufallsexperiments (ZE)	Wahl der Simulationsart ; Definition einer Kollektion, Simulation des ZE
2	Identifikation von interessierenden Ereignissen (ER) und Zufallsgrößen (ZG)	Umsetzung von ER und ZG als Messgrößen einer Kollektion
3	Wiederholung des Modellexperiments und Sammeln von Daten	Sammeln von Messgrößen in einer neuen Messgrößenkollektion

4	Datenanalyse: rel. Häufigkeiten (ER); empirische Verteilung (ZG)	Verwendung von Fathom als Datenanalysesoftware
I	Interpretation und Validierung	

Didaktische Intentionen des Simulationsplans sind, dass die Studierenden den Simulationsplan nutzen ihre Simulationen zu strukturieren, ihre Aktivitäten zu reflektieren und zu dokumentieren. Eine Hypothese ist, dass der Simulationsplan ein hilfreiches metakognitives Tool für die Studierenden ist und Fathom die Entwicklung von Simulationskompetenz in einfacher Weise unterstützt. (Zur Unterscheidung der Simulationsarten im ersten Schritt vgl. [5]).

Studierende benötigen verschiedene stochastische Kompetenzen sowie Fathomkompetenzen, um Zufallsexperimente mit Fathom simulieren zu können. Unsere Arbeitsgruppe hat dazu vier verschiedene Fathomkompetenzen unterschieden (siehe [3] für eine erste Anwendung dieser Konzepte): die *allgemeine Fathomkompetenz*, die die Kenntnis grundlegender Objekte und Werkzeuge sowie deren Funktionsweise beinhaltet, die *Formelkompetenz*, die die Handhabung und Kenntnis von Formeln und dem Formeleditor umschließt, die *Simulationskompetenz*, die zur Übersetzung eines Zufallsexperiments in eine Fathom-Simulation nötig ist, und *strategische und generalisierende Kompetenzen*, die den Umgang und die Vermeidung von Fehlern beinhaltet. Wir haben diese Fathomkompetenzen und das Schema des Simulationsplans verwendet um die Aktivitäten des Problemlöseprozesses bei den Studierenden zu analysieren. Auf allen Stufen des 4-Schritte-Plans können bei den Studierenden Schwierigkeiten auftreten. Folgende Schwierigkeiten wurden identifiziert: 1. Übertragung des Zufallsexperiments in eine Simulation (Wahl der Simulationsart, fehlende Formelkompetenz, Benennung von Objekten), 2. Schwierigkeiten im Zusammenhang mit Messgrößen (Benennung von Messgrößen, fehlende Formelkompetenz, Definieren und Sammeln von Messgrößen in unterschiedlichen Kollektionen) und 3. Probleme bei stochastischen Aspekten (Auslassen von stochastischen Schritten, z.B. Beschreibung und Unterscheidung von Ereignissen und Zufallsgrößen, stochastische Konzepte hinter den Messgrößen, Interpretation simulierter Werte). Um diese Schwierigkeiten zu bewältigen, benötigen die Studierenden verschiedene stochastische Kompetenzen und Fathomkompetenzen. Zum Beispiel werden zur Übertragung des Zufallsexperiments in eine Simulation Simulations- und Formelkompetenzen benötigt, bei der Interpretation von simulierten Ergebnissen werden dagegen eher stochastisch Kompetenzen erfordert. Schwierigkeiten im Zusammenhang mit Messgrößen sowie die Unterscheidung von Ereignissen und Zufallsgrößen hängen mit Fathomkompetenzen sowie

stochastischen Kompetenzen zusammen, aber auch mit der Fähigkeit beide Seiten zu verknüpfen.

Ergebnisse

Abgesehen von einigen Schwierigkeiten konnten alle Studierenden die stochastische Situation simulieren. Sie hatten dazu die nötige Softwarekompetenz erworben und akzeptierten den Simulationsplan als Hilfsmittel. Weiterhin erwarben alle eine allg. Fathomkompetenz. Die anderen Fathomkompetenzen wurden in unterschiedlichen Ausprägungen erworben. Für die Studierenden stellte es keine Schwierigkeit dar kombinatorische Kompetenzen durch Simulationskompetenzen zu ersetzen. Diese wurden sogar soweit ersetzt, dass stochastische Begriffe wie Ereignis und Zufallsgröße fast nie während des Problemlöseprozesses erwähnt wurden. In diesem Zusammenhang hat auch das Messgrößenkonzept von Fathom nicht die gewünschte verbindende Funktion zu den stochastischen Konzepten erfüllt. Die Konzepte blieben in ihren "Welten" (Fathom-Welt – stochastische Welt) isoliert. Als Konsequenz scheint es sinnvoll eine stärkere Gewichtung auf erklärende und reflektierende Momente des Simulationsplans zu legen und die beiden Welten enger aufeinander zu beziehen, indem stärker Vergleiche gezogen und die Konzepte enger miteinander verknüpft werden.

Literatur

- [1] Rolf Biehler: *Interrelated learning and working environments for supporting the use of computer tools in introductory classes*. Paper presented at the IASE satellite conference on Statistics Education, Berlin 2003, <http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/6/Biehler.pdf>
- [2] Rolf Biehler: Simulation als systematischer Strang im Stochastikcurriculum. In H.-W. Henn (Ed.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2003*. Franzbecker, Hildesheim 2003
- [3] Carolin Keitzer. *Selbständig-kooperative Bearbeitung von stochastischen Simulationsaufgaben am Computer - Qualitative Analysen zu Schülerkompetenzen und Arbeitsweisen*. Unpublished: Freie wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades: "Diplom-Handelslehrerin", Universität Kassel, Kassel 2006
- [4] Cliff Konold: Teaching Probability through Modeling Real Problems. *The Mathematics Teacher*, 87(4), 1994
- [5] Carmen Maxara. *Einführung in die Stochastische Simulation mit Fathom* In R. Biehler: KaDiSto 1. Kassel: Universität Kassel 2006, <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:34-2006082514477>