

Denis VOGEL, Heidelberg, Markus VOGEL, Heidelberg,
Hendrik KASTEN, Heidelberg & Hendrik LOHSE-BOSSENZ, Heidelberg

Grundlagen und -ideen zur Umsetzung der Heidelberger Mathematik-Medienplattform MaMpf

Motivation

Mathematikstudierende sehen sich der Herausforderung gegenüber, abstrakte Zusammenhänge strukturell zu erfassen, zu vernetzen und sich selbst neues mathematisches Wissen zu erschließen. Das Lernen mathematischer Inhalte zielt in dieser Hinsicht wesentlich auf Prozeduralisierung und den Aufbau prozeduralen Wissens (Anderson, 2001, S. 291). Der universitäre Vorlesungsbetrieb sieht sich vor der Herausforderung, die im Fortgang des Mathematiktreibens entstandene deduktive Welt mathematischen Wissens um Problemstrukturen, denen optimale Lösungen zugeführt wurden, den Studierenden zugänglich zu machen. Eine lediglich sequenzierte Stoffdarbietung läuft jedoch Gefahr, zielgerichtet die bloße Weitergabe von optimalen Lösungen und Verfahren anstelle deren Genese und deren strukturelles Nachvollziehen durch die Studierenden anzustreben. Wenn aber „eigentliche Mathematik als Fertigfabrikat“ vermittelt wird (Freudenthal, 1973, S. 112), sind Schwierigkeiten der Studierenden zu erwarten, die deduktive logische Struktur der Sachebene („concept definitions“) und die Struktur ihrer Vorstellungen dazu („concept images“; Tall & Vinner, 1981) in Einklang zu bringen. Stattdessen sollten mathematische Entdeckungsräume eröffnet werden, die den Studierenden Gelegenheit zum eigenen mathematischen Tun und zur persönlichen Ausgestaltung von Lernwegen geben. Aufgrund ihrer nicht-linearen Struktur und ihren technischen Möglichkeiten sind digitale Hypermediasysteme prädestiniert, dies zu leisten.

Die Heidelberger Mathematik-Medienplattform MaMpf (<https://mampf.mathi.uni-heidelberg.de/>) folgt konsequent den Paradigmen einer de-linearisierten Stoffdarbietung und der Ausschöpfung multimedialer Unterstützungsmöglichkeiten, wenn im Vorlesungsbetrieb adaptive Lern- und Zugangswege für den Vorstellungsaufbau eröffnet werden.

Theoretischer Hintergrund

Mit ihren multimedialen Repräsentationsmöglichkeiten versprechen moderne digitale Hypermediasysteme, einen Beitrag zur Verbindung von mathematischer Sachebene und persönlicher Vorstellungsebene im mathematischen Wissensaufbau leisten zu können. Ein Mehrwert einer multipel repräsentierenden Lernumgebung wie der eines digitalen Hypermediasystems ist

aber per se nicht zu erwarten, sondern ist von der Gestaltung einerseits (characteristics of the provided representations) und von individuellen Dispositionen der Nutzer andererseits (learner characteristics; Ott, Brünken, Vogel, & Malone, 2018) abhängig.

Für die Gestaltung einer multimedialen Lernumgebung wie der eines Hypermediasystems sind Clark and Mayer (2011) zufolge grundsätzlich acht Designprinzipien zu beachten: Multimediaprinzip, Kontiguitätsprinzip, Modalitätsprinzip, Redundanzprinzip, Kohärenzprinzip, Personalisierungsprinzip, Worked-Examples(-Prinzip) und Praxis(-Prinzip). Diese begründen sich auf der weithin rezipierten Theorie multimedialen Lernens von Mayer (2005) – der Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML). Die genannten Prinzipien verstehen sich im Sinne von Gestaltungsrichtlinien, die darauf hinzielen, die Kohärenzbildung bei den Adressaten zu unterstützen, ohne die kein Benefit im Umgang mit multiplen Repräsentationssystemen zu erwarten ist (Seufert, 2003). Die Kohärenzbildung ist zum einen auf die Ebene der Informationskodierung zu beziehen und zum anderen auf die semantische Ebene dahingehend, dass multiple Zugänge zum Sachgegenstand, wie etwa einer mathematischen Theorie, möglich sind.

Empirische Befunde zeigen, dass die Befolgung der Gestaltungsrichtlinien allein nicht die erfolgreiche Kohärenzbildung und damit den Lernerfolg gewährleisten (Gerjets, Scheiter, Opfermann, Hesse, & Eysink, 2009). Die notwendige Orientierung und Navigation in dem nicht-linearen Informationsraum eines Hypermediasystems können jedoch durch die konzeptuelle Organisation in Concept-Maps und semantische Stützen effektiv unterlegt werden (Schnotz & Heiß, 2009). Forschungserkenntnisse zur Wechselwirkung mit Steuerungsmöglichkeiten und Strukturierungsgraden können gezielt genutzt werden, um Hypermediasysteme adaptiv im Sinne der individuellen Lerndispositionen der Nutzer zu gestalten (Ruttun & Macredie, 2012).

Technische Realisierung in MaMpf

Unter Federführung von Denis Vogel wurde MaMpf als cloudbasierte Medienplattform aufgesetzt und wird in Kooperation des Autorenteam unter Berücksichtigung der oben genannten Designprinzipien zu einem umfangreichen mathematischen Hypermediasystem mit den Leittechniken von Hyper-Video, Hyper-Concept-Maps und Hyper-Text ausgebaut und erforscht. Der in MaMpf integrierte Hypermediaplayer und -editor THymE ermöglicht es, in mathematischen Videos – wie etwa Vorlesungsaufzeichnungen – die kleinteilige Gliederung mathematischer Argumentationsketten in Definitionen, Sätzen und Beweisen darzustellen. Darüber hinaus können zeit- bzw. seitengenaue Referenzen auf beliebige Videos bzw. Manuskripte aus der

MaMpf-Datenbank realisiert werden. So sind beliebige Querverbindungen sowohl innerhalb einer Vorlesung als auch über verschiedene Vorlesungen hinweg möglich (unter Einschluss standortübergreifender Verknüpfungen). Sämtliche in MaMpf eingestellten Medien können zusätzlich mit sogenannten Tags verschlagwortet werden, die sich ebenfalls miteinander verlinken lassen. Die aus diesen Informationen von MaMpf dynamisch generierten Hyper-Concept-Maps stellen eine weitere semantische Navigationsebene dar.

Prototypisch für in MaMpf angebotene Unterstützungen sind Worked-Example-Videos, Quizzes oder Auffrischungsvideos. MaMpf ist quelloffen unter der MIT-Lizenz, wird in Ruby on Rails entwickelt und läuft virtualisiert über Docker. Der Quellcode von MaMpf kann auf Github eingesehen werden. Technisch ist MaMpf inzwischen soweit ausgereift und erprobt, dass ein großer universitärer Studiengang mit all seinen Lehrveranstaltungen und Studierenden bedient werden kann.

Projekt Blend-A-MATH

In dem hochschulübergreifenden Projekt Blend-A-MATH von Universität und Pädagogischer Hochschule Heidelberg werden sukzessive im Rahmen verschiedener Mathematikvorlesungen expertengenerierte und evaluierte semantische Lernpfade in mathematische Concept-Maps eingearbeitet und in der Hypermedia-Plattform MaMpf vernetzt abgebildet. Inhaltlich orientieren sich die semantischen Lernpfade an von Experten als sinnvoll erachteten stofflich-inhaltlichen Zusammenhängen. Die Evaluation adressiert die Frage der Förderwirksamkeit im Sinne von Schritten einer learning progression (Bertholt, Neumann, & Sumfleth, 2018). Die hypermediale konzeptuelle Organisation und das Netz an semantischen Lernpfaden erlauben den Adressaten nach eigener Auswahl eine Möglichkeit an sinnvollen, weil vorstrukturierten, Lernwegen zu gehen, die der Gefahr des „lost in hyper-space“ (Conklin, 1987) vorbeugen. Es werden im Zusammenspiel zwischen physischem Unterricht und in MaMpf eingestellten Hypermedien hybride Lernräume in einer volldigitalisierten Umgebung geschaffen.

Durch die bereitgestellten hybriden Lernräume soll die Kohärenzbildung der Studierenden im Sinne des eingangs genannten Vorstellungsaufbaus („concept image“) unterstützt werden: Sie können sich Hilfen an Ort und Stelle ihrer Bearbeitung abrufen und unmittelbar anschließend mit der eigentlichen mathematischen Prozedur fortfahren. Inhaltsferne kognitive Aktivitäten der Informationsakquise anderenorts entfallen. Durch Lernpfadevaluationen lassen sich jeweils Lernstrategien von Studierenden aufdecken und mit dem Lernerfolg in Beziehung setzen. Diese Strategien und Evaluationen können

den Adressaten über MaMpf zugänglich gemacht werden, so dass über inhaltliche Aspekte hinaus auch strategische Überlegungen zum Mathematiklernen Gegenstand persönlicher Einsicht werden können.

Eingebettet in diesen Projektrahmen versteht sich MaMpf über die instrumentelle Bezeichnung im engeren Sinn hinaus als generisches Prinzip für eine hypermediale Aufbereitung sachlogisch strukturierter Themengebiete. So lässt sich auf Fernsicht eine sukzessive Ausweitung des Projektes Blend-A-MATH auf die Ebenen von Hochschule, Schule und Lehrerfortbildung und auf den Bereich von MINT („Blend-A-MINT“) plausibel begründen.

Literatur

- Anderson, J. R. (2001). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Bernholt, S., Neumann, K. & Sumfleth, E. (2018). Learning Progressions. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Vol. 40, S. 209-225). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_13
- Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2011). *E-Learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (3. ed.). Pfeiffer essential resources for training and HR professionals. San Francisco, Calif.: Pfeiffer.
- Conklin. (1987). Hypertext: An Introduction and Survey. *Computer*, 20, 17-41.
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematik als pädagogische Aufgabe*. Stuttgart: Klett.
- Gerjets, P., Scheiter, K., Opfermann, M., Hesse, F. W. & Eysink, T. H. S. (2009). Learning with hypermedia: The influence of representational formats and different levels of learner control on performance and learning behavior. *Computers in Human Behavior*, 25, 360-370.
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge, U.K., New York: Cambridge University Press.
- Ott, N., Brünken, R., Vogel, M. & Malone, S. (2018). Multiple symbolic representations: The combination of formula and text supports problem solving in the mathematical field of propositional logic. *Learning and Instruction*, 58, 88-105.
- Ruttun, R. D. & Macredie, R. D. (2012). The effects of individual differences and visual instructional aids on disorientation, learning performance and attitudes in a Hypermedia Learning System. *Computers in Human Behavior*, 28, 2182-2198.
- Schnotz, W. & Heiß, A. (2009). Semantic scaffolds in hypermedia learning environments. *Computers in Human Behavior*, 25, 371-380.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 227-237.
- Tall, D. & Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educational Studies in Mathematics*, 12, 151-169.