

Silke LADEL, Schwäbisch Gmünd

Multiple externe Repräsentationen (MERs) – Gestaltungsprinzipien und deren Umsetzung bei Software für den Anfangsunterricht Mathematik

1. Multiple mentale Repräsentationsannahmen

In den 1970er und 1980er Jahren wurde davon ausgegangen, dass Verstehen auf die Verarbeitung kategorialen Wissens beschränkt ist, das propositional repräsentiert ist. Heutzutage gehen die meisten Autoren - u.a. auf Grund neuropsychologischer Forschungsbefunde - von multiplen mentalen Repräsentationssystemen aus (vgl. u.a. Engelkamp & Zimmer 2006, Schnotz 2002, Mayer 2005). Im Hinblick auf multimediales Lernen ist die kognitive Theorie multimedialen Lernens (CTML) von Mayer besonders hervorzuheben (Abb. 1).

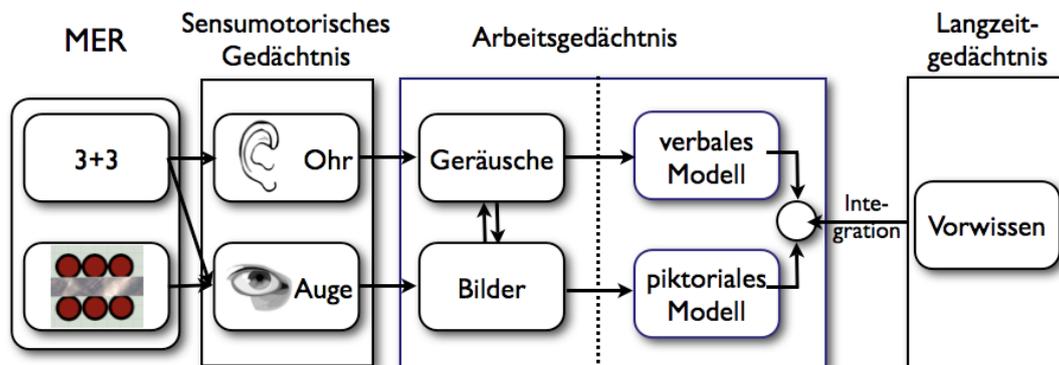


Abb. 1: CTML

Quelle: nach Mayer (2005)

Mayer geht von zwei Eingangskanälen aus, einen für die visuelle Wahrnehmung und einen für die auditive. Diese gelangen über das sensumotorische Gedächtnis ins Arbeitsgedächtnis, wo deren Aufnahme nur eine begrenzte Speicherkapazität zur Verfügung steht. Das verbale und das piktoriale Modell müssen hier zudem erst noch miteinander verknüpft werden, bevor die Integration des Vorwissens erfolgt. Diese Verknüpfung ist der entscheidende Schritt im multimedialen Lernen – und nicht nur im multimedialen Lernen, sondern auch im mathematischen Lernprozess. Das Operationsverständnis ist bei einem Kind erst dann voll entwickelt, wenn es in der Lage ist mental Verbindungen zwischen den verschiedenen Repräsentationsformen herzustellen. Genau hier liegt jedoch die Schwierigkeit, mit der viele Kinder zu kämpfen haben. Aebli forderte bereits 1987 jede neue, symbolischere externe Darstellung mit der vorangehenden konkreten in möglichst enge Verbindung zu bringen. Diese Verbindung findet auf der zweiten Stufe im mathematischen Lernprozess statt, wo der Übergang von konkretem Handeln über abstraktere, bildhafte und insbesondere statische Darstellungen zur ziffernmäßigen Form erfolgt. Diese Forderung Aebli's steckt auch im so ge-

nannten **Multimedia Principle** von Mayer, der dieses auf der Grundlage seiner CTML formulierte. Demzufolge erzeugt eine MER ein tieferes Verständnis wie eine einzelne Repräsentation. Daraus folgend wird im Computereinsatz die Chance gesehen, durch eine Verlinkung multipler äquivalenter Repräsentationen (MELRs) die mentale Verbindung und damit den Prozess der Verinnerlichung zu unterstützen. Um dies jedoch zu erreichen, müssen bestimmte Gestaltungsprinzipien eingehalten werden.

2. Gestaltungsprinzipien und deren Umsetzung

Die Unterscheidung Mayers in ein verbales und ein piktoriales Modell reicht m.E. im Zusammenhang mit dem mathematischen Lernprozess nicht aus, weshalb im Folgenden weiter differenziert wurde (vgl. Ladel 2008). Im hier vorgestellten Prototyp wurden speziell die *schematisch-virtuell-enaktive* Repräsentationsform, die *schematisch-ikonische* sowie die *nonverbal-symbolische* umgesetzt (Abb. 2).

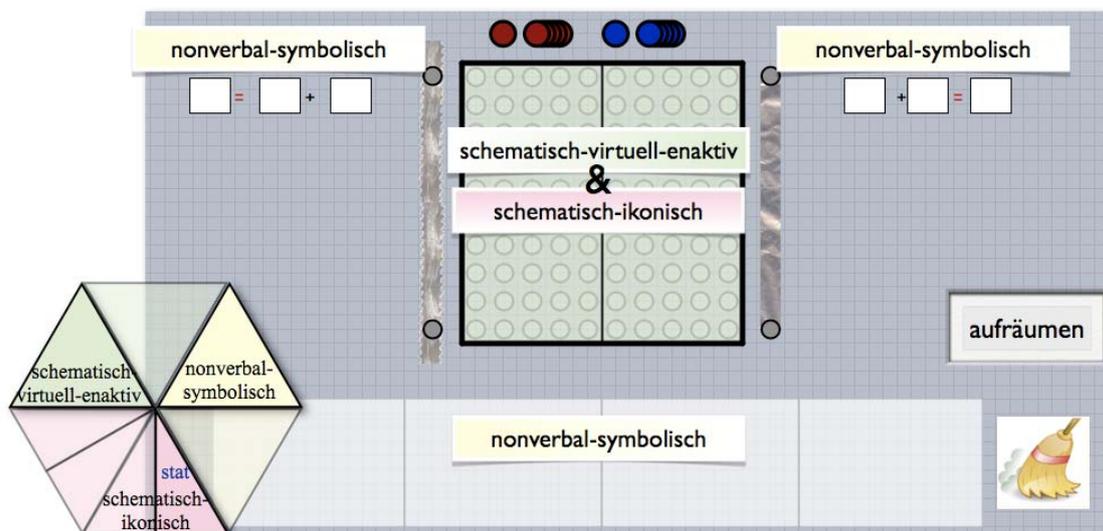


Abb. 2: Die verschiedenen Repräsentationsformen im Prototyp DOPPELMOPPEL¹

Zunächst ist das **Temporal and Spacial Contiguity Principle** von besonderer Bedeutung. Die verschiedenen Repräsentationsformen müssen von Beginn an zugleich sichtbar sein und eine feste räumliche Position haben. Die räumliche und zeitliche Nähe der Darstellungen befreit den Arbeitsspeicher der Kinder von der mentalen Integration und macht Arbeitsspeicher frei. Des Weiteren ist bei der virtuell-enaktiven Repräsentationsform ein **schnelles und strukturiertes Darstellen** von Anzahlen erforderlich. Dies wird im vorliegenden Prototypen durch zweifarbige Plättchen realisiert, die einzeln oder im Fünferpack auf eine strukturierte Arbeitsfläche gezogen werden können. Nach dem **Signaling Prin-**

¹ Programmiert von Kortenkamp, U. in Cinderella

ciple erscheinende Pfeile weisen die Kinder darauf hin, dass sie sich den intermodalen Transfer in eine andere Repräsentationsform anzeigen lassen können. Dieser ist auf Wunsch in sämtliche Richtungen möglich. Damit haben die Kinder die vollständige Kontrolle darüber, in welcher Repräsentationsform sie arbeiten und ob sie einen automatisierten intermodalen Transfer sehen wollen oder nicht.

3. Ausgewählte Ergebnisse

In einer Untersuchung mit 28 Erstklässlern erwies sich das virtuell-enaktive Material zunächst als geeignetes Diagnosetool für das beim Kind vorhandene **Zahlkonzept**. So konnte das ordinale Zahlkonzept sowie das Teil-Ganze-Konzept beim Legen verschiedener Anzahlen beobachtet werden (Abb. 3).

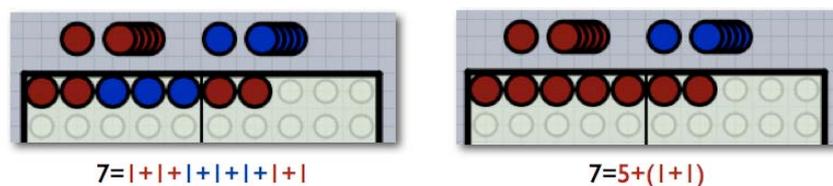


Abb. 3: Ordinales Zahlkonzept (links) und Teil-Ganze-Konzept (rechts)

In einer weiteren Erprobung zeigte sich, dass die Fünferpäckchen außerdem sehr gut geeignet sind, um mit den Kindern die Effektivität des Teil-Ganze-Konzepts im Vergleich zum zählenden Rechnen zu erarbeiten und es ihnen aufzuzeigen. Die Gestaltung der Arbeitsfläche zeigte Auswirkungen auf die Art der Kinder die Plättchen beim Legen **visuell zu strukturieren**. So wurde in einer Vorversion des aktuellen Prototypen sehr unstrukturiert gelegt und es konnten kaum Muster beobachtet werden (Abb. 4 links). Nach einer Änderung der Arbeitsfläche wurden verstärkt Muster gelegt. Außerdem hatte die Vorversion gezeigt, dass den Kindern unbedingt eine Hilfe zur Strukturierung der Plättchen an die Hand gegeben werden sollte. Eine solche wurde durch eine Taste realisiert, über die das Programm die Plättchen automatisch sortiert. Diese wurde von den Kindern häufig in Anspruch genommen und bewirkte einen Rückgang des Zählens, da die Anzahl durch die Strukturierung schneller festgestellt werden konnte (Abb. 4 rechts).

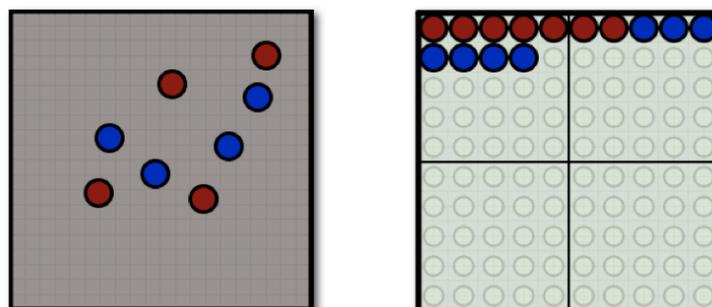


Abb. 4: Unstrukturiertes und strukturiertes Legen von Anzahlen

Interessant im Hinblick auf den **automatisierten intermodalen Transfer** ist, dass dieser verstärkt von der virtuell-enaktiven in Richtung der nonverbal-symbolischen Darstellung in Anspruch genommen wurde – also genau in die andere Richtung als aktuelle Software derzeit anbietet. Das deutet darauf hin, dass der Stand der Kinder im mathematischen Lernprozess eher auf der zweiten Stufe zu verorten ist und sie die Handlung noch nicht verinnerlicht haben, als dass sie sich auf der dritten Stufe (Umgang mit reinen Zahlen mit dem Ziel der Automatisierung) befinden. Auch beim Vergleich des Umgangs der Kinder mit den zwei Versionen **MER ohne Möglichkeit zum intermodalen Transfer** und **MELR** konnten Unterschiede festgestellt werden. So konnten die Ergebnisse der Studien von Ainsworth, Bibby und Wood (1997) bestätigt werden, insofern, dass Kinder im Alter von sechs Jahren MERs effektiv nutzen können, wenn diese angemessen gestaltet sind. Des Weiteren wurde ebenfalls beobachtet, dass die Kinder die einzelnen Repräsentationsformen unabhängig voneinander betrachteten und mit diesen ohne Zusammenhang arbeiteten. Bei MELRs fand ein verstärkter Wechsel der Repräsentationsformen während der Aufgabenbearbeitung statt. Thompson (1992) und Clements (2002) bestätigen ein bedeutungsvolleres Handeln mit Symbolen durch die Möglichkeit zum automatisierten intermodalen Transfer, was hier ebenfalls beobachtet werden konnte.

4. Fazit

Allein die multiple Repräsentation mathematischer Inhalte bewirkt beim Kind keine mentale Verknüpfung. Die Möglichkeit dazu, sich diese extern automatisch anzeigen zu lassen zeigt den Kindern jedoch den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Repräsentationsformen auf und bewirkt einen bedeutungsvolleren Umgang mit Symbolen. Es sind jedoch noch weitere und größer angelegte Studien notwendig, um diese ersten Beobachtungen zu bestätigen.

Literatur

- Aebli, H. (1987): Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart: Klett-Cotta
- Ainsworth, S., Bibby, P., Wood, D. (1997): Information Technology and Multiple Representations: new opportunities new problems. In: Journal of Information Technology for Teacher Education, Vol. 6, No. 1
- Clements, D. (2002): Computers in Early Childhood Mathematics. In: Contemporary Issues in Early Childhood, Vol. 3, No. 2
- Engelkamp, J., Zimmer, H. (2006): Lehrbuch der kognitiven Psychologie. Göttingen, Bern, Wien: Hogrefe
- Ladel, S. (2008): Zur Darstellung von Arithmetik bei der Gestaltung von Software für den Anfangsunterricht. In: Beiträge zum Mathematikunterricht
- Mayer, R. (2005): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. New York: Cambridge University Press
- Richter-Gebert, J., Kortenkamp, U. (2006). The Interactive Geometry Software Cinderella, version 2.0. URL: <http://cinderella.de>
- Schnotz (2002): Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen. In: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Weinheim: Beltz
- Thompson, P.W. (1992): Notations, Conventions and Constraints: Contributions to Effective Uses of Concrete Materials in Elementary Mathematics. Journal for Research in Mathematics Education, 23(2), 123-147