

Lernräume adaptiv gestalten

Ein blickbewegungsbasierter Ansatz

Zusammenfassung

Beim Lernen mit Multimedia werden Lernende mit einer Vielzahl an Informationen in unterschiedlichen Darbietungsformaten konfrontiert, die zur Konstruktion eines elaborierten mentalen Modells zusammengeführt und miteinander verbunden werden müssen. Auf Grund individueller Lernvoraussetzungen stellt diese Aufgabe Lernende vor unterschiedliche Herausforderungen. Hier sollten den Lernenden passend zu ihren Lernvoraussetzungen Unterstützungsmaßnahmen angeboten werden. Im Folgenden wird das Konzept für ein adaptives multimediales Lernsystem vorgestellt, in welchem Blickbewegungsparameter zur adaptiven Anpassung eines multimedialen Lernraums an die Voraussetzungen des Lernenden eingesetzt werden.

1 Adaptive multimediale Lernsysteme

Multimediale Lernumgebungen zeichnen sich durch die Darstellung von Repräsentationen unterschiedlicher Formate aus. Der Grundannahme des Multimedialernens folgend lernen Menschen aus Text und Bild (multiple Repräsentationen) besser als aus Text allein (Mayer, 2009). Die Integration von Informationen aus unterschiedlichen Formaten ermöglicht den Lernenden, ein elaboriertes mentales Modell über den zu erlernenden Sachverhalt zu konstruieren, welches „Verstehen“ konstituiert und Transfer erlaubt (z.B. Mayer, 2009; Schnotz & Bannert, 2003). Dazu müssen die unterschiedlichen Informationsquellen und Repräsentationen mental zueinander in Verbindung gebracht werden, was Lernenden aber vielfach Schwierigkeiten bereitet (z.B. Ainsworth, 2006; Cierniak, Scheiter & Gerjets, 2009). Daher ist zur Förderung des Lernerfolgs entsprechende Unterstützung bei der Integration der Informationen erforderlich (z.B. Kombartzky, Plötzner, Schlag & Metz, 2010). Eine Förderungsmaßnahme kann entweder „post-hoc“ nach dem Lerngeschehen Lerndefizite identifizieren und die Misskonzepte korrigieren oder aber schon während des Wissenserwerbs „online“ intervenieren. Dieser Beitrag widmet sich der zweiten Variante, nämlich der Lernförderung durch adaptive Lernsysteme im Lernverlauf.

Adaptivität in computergestützten Lernumgebungen kann als die Anpassung eines „intelligenten“ Systems an die Bedürfnisse von Lernenden verstanden werden. Shute und Zapata-Rivera (2008) stellen einen solchen adaptiven Zyklus in einem Vier-Phasen-Modell vor, der den Prozess der Adaptivität basierend auf der Interaktion eines Lernenden mit einem Computersystem beschreibt (Abbildung 1). Dieser Zyklus besteht aus vier Komponenten: Erfassung, Analyse, Auswahl und Präsentation.

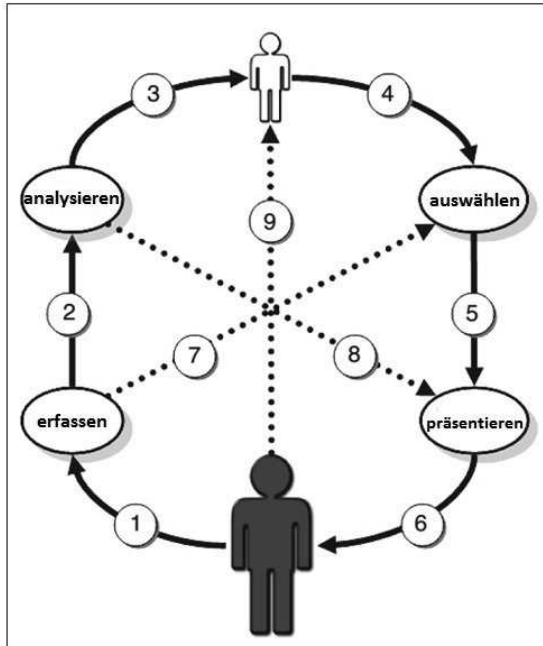


Abb. 1: Zyklus eines adaptiven Systems in Anlehnung an Shute und Zapata-Rivera (2008, S. 281)

In einem ersten Schritt erfasst das System Daten über den Lernenden, während dieser in einem multimedialen Lernraum mit dem Computer interagiert. Beispielsweise könnte das System Tippverhalten, Blickbewegungen oder die Hautleitfähigkeit aufzeichnen. Diese Informationen bilden die Grundlage für das im Folgenden entstehende Lernermodell. Die Datenerfassung findet während des gesamten Lernprozesses statt und dient dazu, das Modell über den Lernenden zu aktualisieren. Im zweiten Schritt werden die gewonnenen Daten einer Analyse unterzogen, um ein erstes Lernermodell zu erstellen, das auf den inhaltspezifischen Informationen der Lernumgebung beruht. Im Idealfall gibt

das Lernermodell den vollständigen Wissensstand sowie die damit verbundenen Lerndefizite des Lernenden an. Diese Informationen können genutzt werden, um über die Notwendigkeit und Art einer Intervention zu entscheiden. Daher werden im dritten Schritt die intervenierenden Maßnahmen bestimmt. Diese können einen Hinweis, Prompt oder/und eine Erklärung beinhalten. Die hier stattfindende Auswahl der adäquaten Maßnahme macht das Kernstück eines adaptiven Systems aus. Die Angemessenheit der Auswahl wird über vordefinierte Entscheidungsregeln und Schwellenwerte bestimmt, die wiederum im weiteren Lernverlauf dynamisch aktualisiert werden können. Der finale Schritt beschäftigt sich lediglich mit der Präsentation der ausgesuchten adaptiven Interventionsmaßnahme.

Das beschriebene Modell hat zunächst einen linearen Verlauf, jedoch sind Rücksprünge und regressive Analysen im weiteren Verlauf unvermeidbar, um mit den Entwicklungen des Lernenden Schritt zu halten. Ist das anfängliche Modell eher grob und unspezifisch, so wird es mit der Zeit facettenreicher und genauer. Das Lernermodell ist somit kein statisches, sondern vielmehr ein dynamisches, sich selbst aktualisierendes Spiegelbild des Lernenden. Nachfolgend wird auf die Bedeutung von Blickbewegungen zur Erfassung von Lernenden-Daten sowie auf Rapid Assessment Tasks zur Identifikation und Analyse von Lerndefiziten und Prompts als Unterstützungsmaßnahmen in adaptiven Lernsystemen eingegangen.

1.1 Bedeutung von Blickbewegungen in adaptiven multimedialen Lernsystemen

Die Integration unterschiedlicher Repräsentationsformen und verschiedener Informationsquellen in multimedialen Lernumgebungen ist für viele Lernende schwierig (z.B. Ainsworth, 2006; Cierniak, Scheiter & Gerjets, 2009). Um bereits im Lernverlauf korrigierend eingreifen zu können – bevor sich falsche Konzepte festigen – müssen Informationen über die Prozesse gewonnen werden, die Lernende zur Integration der Informationen in einer multimedialen Lernumgebung nutzen.

Der Einsatz von Eye-Tracking ist für die Untersuchung multimedialer Lernsysteme besonders geeignet. Die Entwicklung valider und reliabler Messinstrumente erlaubt hierbei die Nutzung von Blickbewegungen, welche nicht nur als Indikator für visuelle Aufmerksamkeitsallokationen genutzt werden können (D’Mello, Olney, Williams & Hays, 2012; Conati & Merten, 2007). Blickbewegungen der Lernenden geben Aufschluss darüber, welchen Informationsquellen für wie lange Aufmerksamkeit geschenkt wird, wann Lernende dies tun und in welcher Reihenfolge sie diese betrachten. Diese Angaben können genutzt werden, um Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozesse sichtbar zu machen und die verwendeten multimedialen Lernmaterialien zu optimie-



Abb. 2: Aufbau eines Eyetracking-Experiments mit multimedialer Lernumgebung und Eyetracker (li.) und Versuchsleitungsplatz (re.)

ren (Van Gog & Scheiter, 2010). Weiter liefern Blickbewegungsdaten hilfreiche Informationen zur Erklärung bekannter Effekte, wie sie beispielsweise aus der Cognitive Load Theory (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011) für das Lernen mit Multimedia abgeleitet werden können (z.B. Modality Effect, Split Attention Effect; Van Gog & Scheiter, 2010).

Vor dem Hintergrund bisheriger Befunde aus der Blickbewegungsforschung können Lernsysteme entwickelt werden, die Blickbewegungen bereits im Lernverlauf erfassen und direkt analysieren. Auf diese Weise können schwierige Lernsituationen sofort aufgedeckt werden, um ein unmittelbares Eingreifen zu ermöglichen. Conati und Merten (2007) zum Beispiel konnten zeigen, dass die Aufzeichnung von Online-Blickbewegungen half, ein präziseres mentales Modell von Lernenden zu zeichnen. Zudem geben Blickbewegungen Hinweise auf den motivationalen Zustand von Lernenden (D’Mello et al., 2012).

In den vergangenen Jahren konnten einige Blickbewegungsindikatoren identifiziert werden, die Aufschluss über Lernprozesse erlauben. So werden Wechsel zwischen Text und Bild als Integration von Text- und Bildinformationen interpretiert (Mason, Pluchino, Tornatora & Ariasi, 2013): Die Anzahl von Wechsels ist mit einem höheren Lernerfolg assoziiert. Ergänzend kann die Länge dieser Wechsel (auch Sakkaden genannt) Aufschluss darüber geben, ob Personen Informationen eher auf lokaler oder globaler Ebene integrieren (Jian, Wu & Su, 2014). Längere Sprünge zurück im Material, sogenannte Regressionen, können als intensive Verarbeitung bis hin zu Verständnisschwierigkeiten inter-

pretiert werden (Hyönä, Radach & Deubel, 2003). Weiter kann zwischen Blickbewegungen erster und zweiter Instanz unterschieden werden (Hyönä et al., 2003). Blickbewegungen erster Instanz beziehen sich auf die erste visuelle Betrachtung des Materials, wogegen Blickbewegungen zweiter Instanz sich auf alle darauf folgenden Re-Inspektionen beziehen. Während den Blickbewegungen erster Instanz Enkodierungs- und Selektionsprozesse zugeschrieben werden, beschäftigen sich Blickbewegungen zweiter Instanz mit Organisations- und Integrationsprozessen. Insgesamt kann die bisherige Befundlage zu Blickbewegungen als vielversprechend bewertet werden. Diese Erkenntnisse können genutzt werden, um spezifische Prompts (vgl. Kap. 1.3) einzusetzen, welche die Aufmerksamkeit der Lernenden neu ausrichten und schließlich den Lernerfolg fördern.

Neben Blickbewegungsdaten könnte das erste Modell eines Lernenden durch weitere personenspezifische Daten ergänzt werden. Shute und Towle (2003) plädieren in diesem Zusammenhang für die Inklusion von Vorwissen, kognitiven Fähigkeiten und Interesse, um ein präziseres Lernermodell zu konstruieren. Die Aufnahme dieser Variablen gibt Auskunft über die Lernvoraussetzungen, mit denen das Individuum in die Lernsituation eintritt. Es wird davon ausgegangen, dass eine optimale Adaptivität stets die Interaktion dieser Variablen mit den Lernanforderungen berücksichtigen sollte. Die Bedeutung dieser Variablen soll am Beispiel der Gedächtniskapazität demonstriert werden. Die individuelle Gedächtniskapazität ist positiv mit dem Verständnis von multimedialen Aufgaben assoziiert (Pazzaglia, Toso & Cacciamani, 2007); sie steht jedoch negativ im Zusammenhang mit der Fähigkeit Distraktoren im Lernverlauf auszublenden (Sanchez & Wiley, 2006). Weiterhin konnte belegt werden, dass Lernende mit niedriger Gedächtniskapazität von eher invasiven Interventionen profitieren können, wogegen dieselben Maßnahmen bei Lernenden mit hoher Gedächtniskapazität eher lernhinderlich sein können (Skuballa, Schwonke & Renkl, 2012). Folglich könnte die Gedächtniskapazität im Vorfeld bestimmt werden, um bei der Interpretation von Blickbewegungen herangezogen zu werden und die Auswahl geeigneter Interventionsmaßnahmen, wie zum Beispiel Prompts, zu erleichtern.

1.2 Identifikation von Lerndefiziten in einem adaptiven multimedialen Lernsystem

Ein adaptives Lernsystem sollte Verständnis- und Wissenslücken frühzeitig aufdecken und auf den Lernenden zugeschnittene Fördermaßnahmen darbieten, um eben diese Defizite zu schließen (Kopp, Britt, Millis & Graesser, 2012). Mit Bezug auf das Vier-Phasen-Modell von Shute und Zapata-Rivera (2008; 2012) stellt sich die Frage, wie festgestellt werden kann, ob Lernende Wissensdefizite

aufweisen. Kurze in die Lernumgebung eingestreute Bestandsaufnahmen des Wissensstatus könnten helfen, Weichen für weitere Datenanalysen und somit auch Interventionen zu stellen. Eine solche Abfrage sollte möglichst bescheiden sein und den Lernprozess wenig stören. Für diesen Zweck haben sich Rapid Assessment Tasks (RATs) als geeignete Technik bewährt (Kalyuga, 2006a; 2006b). RATs sind kurze in die Lernumgebung eingestreute Fragen, welche die aktuelle kognitive Architektur des Lernenden erfassen sollen. Diese Fragen können im offenen oder im Multiple-Choice-Format präsentiert werden. Eine besondere Form des Multiple-Choice-Formats sind sogenannte Verifikationsaufgaben, die Lernende dazu auffordern, auf den Lerninhalt abgestimmte Aussagen als richtig oder falsch zu beurteilen. Unzutreffend bearbeitete Fragen geben Aufschluss über Wissenslücken und können genutzt werden, um die Art der Intervention zu bestimmen. Dieses Verfahren kann als zeitsparend und nicht-reaktiv beurteilt werden (Rübel, 2011).

1.3 Bedeutung von Prompts in einem adaptiven multimedialen Lernsystem

Unter den vielfältigen Interventionsmaßnahmen zur Behebung von Lernproblemen konzentriert sich dieser Beitrag auf die Darbietung von Prompts während der Wissensaneignung. Als Prompts werden Strategieaktivatoren in Form von Hinweisen oder Fragen bezeichnet, durch welche die Lernenden zur Verwendung passender Strategien angeregt werden sollen (Reigeluth & Stein, 1983). Diese Art der instruktionalen Unterstützung ist besonders hilfreich, wenn Lernende nicht in der Lage sind, die gewünschten Lernaktivitäten spontan zu zeigen.

In zahlreichen Untersuchungen (z.B. Graesser, Jeon & Dufty, 2008; Nückles, Hübner, Dümer & Renkl, 2010) konnte die Effektivität von Prompts nachgewiesen werden. Prompts wurden hierbei vorwiegend eingesetzt, um Lernprozesse oder die Verwendung von Lernstrategien zu unterstützen. Darüber hinaus kann Prompting aber auch eingesetzt werden, um spezifische Wissenslücken von Lernenden zu schließen. Die Herausforderung dieses Vorgehens besteht in der angemessenen Balance zwischen Über- und Unter-Prompting. Wenn Grenzwerte für die Auslösung von unterstützenden Hilfemaßnahmen gesetzt werden, müssen Designer entscheiden, welche Fehlerart weniger wiegt: falsch negative Diagnose, die zu Über-Prompting, oder falsch positive Diagnose, die zu Unter-Prompting führen kann. Im Kern dieser Entscheidung steht die Aufgabe, die Wahrscheinlichkeit für wahre positive und wahre negative Diagnosen durch Ausschöpfung von Informationen über den Lernenden und seine Charakteristika zu erhöhen (Conati & Merten, 2007). Gleichzeitig sollte das Regelwerk, welches der Auslösung von adaptiven Interventionen zugrunde liegt, ökonomisch sein

und somit nur relevante und bedeutungshaltige Informationen in die Analysen einbeziehen.

Einhergehend mit der eingangs beschriebenen Modifikation des Lernermodells im Lernverlauf kann sich auch die Relevanz der Variablen, die der Lernende in die Situation mitbringt, verändern. Es ist daher durchaus vorstellbar, dass Variablen wie Vorwissen und Interesse die ersten Zyklen des adaptiven Systems maßgeblich mitbestimmen, jedoch im weiteren Verlauf an Bedeutung verlieren und von neuen Geschehnissen, wie zum Beispiel aktuellen Wissenserkenntnissen abgelöst werden. Aus dieser Sicht scheint die Forderung nach einer in Echtzeit arbeitenden Lernumgebung, die sich dynamisch an die gegenwärtigen Lernzustände anpasst, plausibel und erstrebenswert. Ein erstes Modell für ein solches adaptiv agierendes multimediales Lernsystem, welches die beschriebenen Elemente Blickbewegungen, Rapid Assessment Tasks und Prompting miteinander vereint, wird im nachfolgenden Kapitel vorgestellt.

2 Adaptives Prompting basierend auf Blickbewegungen

2.1 Vorstellung eines Modells für ein adaptives multimediales Lernsystem

Aufbauend auf den beschriebenen theoretischen Annahmen wurde eine multimediale Lernumgebung entwickelt, in welcher ausgehend von einem Lernermodell adaptive Lernhilfen angeboten werden. In Anlehnung an das Vier-Phasen-Modell von Shute und Zapata-Rivera (2008) werden die Blickbewegungen eines Lernenden via Eyetracker erfasst und online analysiert. Werden bei dieser Analyse Ausprägungen von Blickbewegungsmustern erkannt, die auf eine potentielle Wissenslücke hinweisen, führt dies zur Auswahl einer spezifischen Verifikationsaufgabe, um das Vorhandensein der Wissenslücke zu verifizieren oder zu falsifizieren. Wird die vermutete Wissenslücke mittels Rapid Assessment Task verifiziert, wird ein passender Prompt präsentiert, welcher das Schließen der Wissenslücke unterstützen soll.

Basierend auf der frei verfügbaren Online-Lernplattform ILIAS (Integriertes Lern-, Informations- und Arbeitskooperations-System) wurde eine multimediale Lernumgebung zum Thema Strategisches Management entwickelt. Dem Lernenden werden mehrere Lerneinheiten präsentiert, die jeweils aus einer Kombination von Text und Bild oder nur aus einem Textabschnitt bestehen. Auf auditiv präsentierte Inhalte wird verzichtet. Die Online-Lernplattform ILIAS wurde dahingehend erweitert, dass die Blickbewegungen eines Lerners während der Arbeit mit einer Lerneinheit online aufgezeichnet und direkt analysiert werden können (Wassermann, Hardt & Zimmermann, 2012). Die Blickbewegungen werden umgehend verarbeitet, um die Lernumgebung adap-

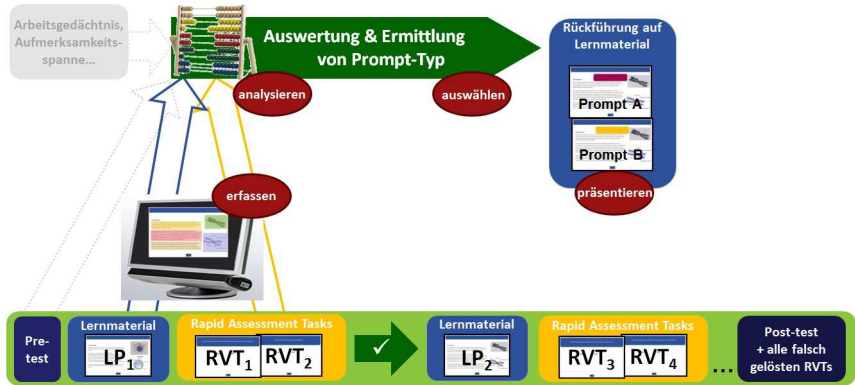


Abb. 3: Schematische Darstellung der adaptiven Lernumgebung

tiv an den Lernenden anpassen zu können. Dafür werden die bereits beschriebenen Blickbewegungsindikatoren genutzt, welche als aufschlussreich hinsichtlich des Lernprozesses identifiziert werden konnten (z.B. Blickdauer und Anzahl an Fixationen, Jarodzka, Balslev, Holmqvist, Nyström, Scheiter, Gerjets & Eika, 2012).

Zur Generierung des Lernermodells und zur Online-Diagnostik von Wissenslücken werden zunächst fest platzierte Verifikationsaufgaben (siehe RATs) verwendet. Diese RATs beziehen sich auf die Inhalte der jeweiligen Lerneinheit, sodass zu deren Beantwortung sowohl Informationen aus dem Text als auch aus vorhandenen Bildern notwendig sein können. Bei falscher Beantwortung eines RATs wird ein Prompt ausgelöst, wobei zwei Varianten von Prompts eingesetzt werden. Die falsche Beantwortung einer Aufgabe, die auf fehlendes deklaratives Wissen verweist (Restudy-Fragen), führt zur Auslösung eines Prompts mit optischer Unterstützung durch das Hervorheben relevanter Textpassagen und gegebenenfalls dazu gehörender Bilder in der Lernumgebung (Spotlight-Prompts, Abb. 4). Diese Prompt-Variante soll die lokale Verarbeitung der Informationen fördern. Ist die falsche Beantwortung der Verifikationsaufgabe auf fehlendes prozedurales Wissen zurückzuführen (Concept-Frage), wird ein Prompt ausgelöst, welcher dem Lernenden zusätzliche Informationen zur jeweiligen Thematik bietet und ihn dazu anregen soll, sich mit den entsprechenden Inhalten nochmals intensiv auseinanderzusetzen (Think-Prompts, Abb. 4). Diese Prompt-Variante soll die holistische Verarbeitung der präsentierten Inhalte anregen.

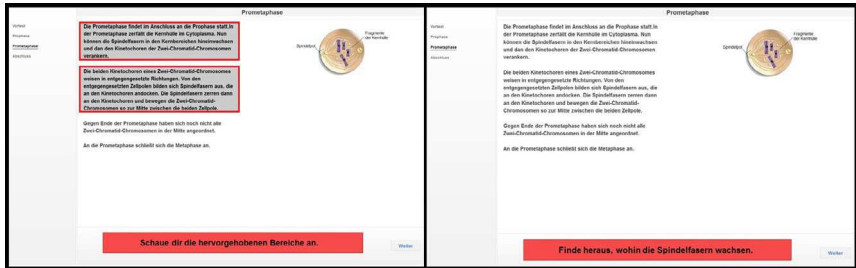


Abb. 4: Multimedia-Lernumgebung mit Spotlight-Prompt (li.) und Think-Prompt (re.)

Die Online-Diagnostik mittels fest platzierter Verifikationsaufgaben soll im ersten Schritt Blickbewegungsmuster aufdecken, die in Verbindung mit dem Lernprozess stehen. Hierzu wurde eine Voruntersuchung ($N = 16$) durchgeführt, um die Entscheidungsregeln und Schwellenwerte für das adaptive System zu bestimmen. Die Blickbewegungsparameter der Probanden (Blickdauer auf einen semantisch relevanten Bereich, Anzahl der Fixationen, Anzahl der Übergänge zwischen relevanten Bereichen) wurden in Abhängigkeit der Lösungsgüte der Rapid Assessment Tasks (richtig versus falsch) gesetzt. So wurde bestimmt, wie sich gute von schlechten Lösern hinsichtlich ihrer Blickbewegungen unterscheiden. Diese Angaben wiederum dienen als Referenz für die Schwellenwerte, wann ein RAT ausgelöst werden muss. Die falsche Beantwortung eines RATs führt dann zur Auslösung eines Prompts, wohingegen bei richtiger Beantwortung kein Prompt ausgelöst und die Lernphase direkt fortgeführt wird. Zudem wurde die Voruntersuchung genutzt, um das Lernmaterial, den Vorwissens- sowie den Lernerfolgstest zu prüfen. Auf diese Weise sollten eventuelle Boden- und Deckeneffekte aufgedeckt und vermieden werden.

In einem weiteren Schritt wird die Online-Diagnostik von Wissenslücken adaptiv umgesetzt. Hierzu werden die gefundenen Entscheidungsregeln und Schwellenwerte in die Lernumgebung integriert. Gegenwärtig wird im Rahmen einer ersten Hauptuntersuchung die Adaptivität des Systems auf Effektivität geprüft. Es werden insgesamt drei Bedingungen getestet und miteinander verglichen. In der ersten Bedingung erhalten Probanden Rapid Assessment Tasks, sobald ihre Blickbewegungen die in der Voruntersuchung bestimmten Schwellenwerte unter- bzw. überschreiten; Probanden in der zweiten Bedingung erhalten wie in der Voruntersuchung nach jeder Lerneinheit RATs und bei falscher Beantwortung Prompts – unabhängig von ihrem Blickverhalten; die letzte Bedingung dient als Kontrollgruppe. Die Probanden dieser Gruppe erhalten keinerlei RATs und Prompts. Insgesamt sollen ca. 100 Personen untersucht werden, die den drei Bedingungen randomisiert zugeteilt werden. Wir nehmen an, dass die adaptive Präsentation von Rapid Assessment Tasks basierend auf Blickbewegungsparametern der festen Präsentation von RATs überlegen ist, um

Wissenslücken zu identifizieren und deren Behebung zu unterstützen. Diese von uns angenommene Überlegenheit gilt es nun empirisch zu überprüfen.

2.2 Ausblick

Nach Abschluss der ersten Überprüfung der adaptiven Lernumgebung kann analysiert werden, ob die genutzten Blickbewegungsparameter weiter differenziert werden können und schließlich fein genug sind, um auf die Verifikation der angenommenen Wissenslücken mittels Rapid Assessment Tasks zu verzichten und ausschließlich ausgehend von Blickbewegungen unterstützende Prompts präsentieren zu können.

Hinsichtlich der Unterstützungsmaßnahmen wird weiter angenommen, dass Prompts, die von den Lernenden die Produktion eines externalen Produkts, zum Beispiel eines kurzen Textes, erfordern, hinsichtlich des Schließens von Wissenslücken effektiver sind, als Prompts, die ausschließlich mentale Prozesse anregen. Auch dies gilt es in weiteren Studien zu verifizieren.

Die Ausprägungen von Blickbewegungsparametern sind oftmals von wissensbezogenen Variablen abhängig, wie z.B. dem Vorwissen. So können kurze Fixationen eines relevanten Inhalts bei Lernern mit hohem Vorwissen bedeuten, dass die präsentierten Inhalte bereits bekannt sind, während dasselbe Verhalten bei Lernern mit geringem Vorwissen auf fehlende Aufmerksamkeit oder fehlende Verarbeitungstiefe hindeuten kann (D’Mello et al., 2012). In einem ganzheitlich gestalteten adaptiven multimedialen Lernsystem sollten in die Erstellung des Lernermodells, von welchem aus die adaptive Anpassung der Lernumgebung gesteuert wird, daher neben Blickbewegungen und RATs auch wissensbezogene Variablen einbezogen werden, um eine umfassende Online-Diagnostik und eine ideale Anpassung der Lernumgebung an die Individualität des Lernenden zu gewährleisten. Auch hier gibt es noch weiteren Entwicklungsbedarf.

Die Nutzung von Blickbewegungsdaten bringt auch einige Nachteile mit sich. Nicht von allen Lernenden können die Blickbewegungen in derselben Güte aufgezeichnet werden. So können zum Beispiel ein dichter Wimpernkranz oder unterschiedliche Brillenmodelle die Erfassung der Blickbewegungen beeinträchtigen. Zudem erschwert der Einbezug von Blickbewegungsdaten die flexible Nutzung des entwickelten adaptiven multimedialen Lernsystems, da es nur an einem Arbeitsplatz verwendet werden kann, der mit einem Eyetracker ausgestattet ist. Diese sind meist nur im forschungsbezogenen Kontext und dann auch nur in geringer Anzahl vorhanden, sodass das Lernen im Einzelsetting stattfindet. Das wiederum nimmt der Lernsituation ihren natürlichen Charakter. Aktuelle technologische Entwicklungen weisen darauf hin, dass diese Eingrenzung in Zukunft durch flexibel einsetzbare Eyetracker aufgelöst werden kann. Um den

heutigen Anforderungen Lernender gerecht zu werden und ein solches adaptives Lernsystem einer größeren Menge an Lernenden zugänglich zu machen, soll zukünftig daher auch dessen Umsetzung auf mobilen Geräten getestet werden.

Literatur

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183–198. doi:10.1016/j.learninstruc.2006.03.001.
- Cierniak, G., Scheiter, K. & Gerjets, P. (2009). Explaining the split-attention effect: is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load? *Including the Special Issue: State of the Art Research into Cognitive Load Theory*, 25, 315–324. doi:10.1016/j.chb.2008.12.020.
- Conati, C. & Merten, C. (2007). Eye-tracking for user modeling in exploratory learning environments: an empirical evaluation. *Knowledge-Based Systems*, 20, 557–574. doi:10.1016/j.knosys.2007.04.010.
- D’Mello, S., Olney, A., Williams, C. & Hays, P. (2012). Gaze tutor: a gaze-reactive intelligent tutoring system. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70, 377–398. doi:10.1016/j.ijhcs.2012.01.004.
- Graesser, A. C., Jeon, M. & Dufty, D. (2008). Agent technologies designed to facilitate interactive knowledge construction. *Discourse Processes*, 45, 298–322. doi:10.1080/01638530802145395.
- Hyönä, J. (2010). The use of eye movements in the study of multimedia learning. *Learning and Instruction*, 20(2), 172–176. doi:10.1016/j.learninstruc.2009.02.013.
- Hyönä, J., Radach, R. & Deubel, H. (Eds.). (2003). *The mind’s eye: cognitive and applied aspects of eye movement research*. Amsterdam: Elsevier.
- Jarodzka, H., Scheiter, K., Gerjets, P. & Van Gog, T. (2010). In the eyes of the beholder: how experts and novices interpret dynamic stimuli. *Learning and Instruction*, 20(2), 146–154. doi:10.1016/j.learninstruc.2009.02.019.
- Jarodzka, H., Balslev, T., Holmqvist, K., Nyström, M., Scheiter, K., Gerjets, P. & Eika, B. (2012). Conveying clinical reasoning based on visual observation via eye-movement modelling examples. *Instructional Science*, 40, 813–827. doi:10.1007/s11251-012-9218-5.
- Jian, Y.-C., Wu, C.-J. & Su, J.-H. (2014). Learners’ eye movements during construction of mechanical kinematic representations from static diagrams. *Learning and Instruction*, 32, 51–62. doi:10.1016/j.learninstruc.2014.01.005.
- Kalyuga, S. (2006a). Rapid assessment of learners’ proficiency: a cognitive load approach. *Educational Psychologist*, 26(6), 735–749. doi:10.1080/01443410500342674.
- Kalyuga, S. (2006b). Rapid cognitive assessment of learners’ knowledge structures. *Learning and Instruction*, 16, 1–11. doi:10.1016/j.learninstruc.2005.12.002.
- Kombartzky, U., Ploetzner, R., Schlag, S. & Metz, B. (2010). Developing and evaluating a strategy for learning from animations. *Learning and Instruction*, 20, 424–433. doi:10.1016/j.learninstruc.2009.05.002.

- Kopp, K. J., Britt, M. A., Millis, K. & Graesser, A. C. (2012). Improving the efficiency of dialogue in tutoring. *Learning and Instruction*, 22, 320–330. doi:10.1016/j.learninstruc.2011.12.002.
- Kriz, S. & Hegarty, M. (2007). Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65, 911–930. doi:10.1016/j.ijhcs.2007.06.005.
- Mason, L., Pluchino, P., Tornatora, M. C. & Ariasi, N. (2013). An eye-tracking study of learning from science text with concrete and abstract illustrations. *The Journal of Experimental Education*, 81, 356–384. doi:10.1080/00220973.2012.727885.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Nückles, M., Hübner, S., Dümer, S. & Renkl, A. (2010). Expertise reversal effects in writing-to-learn. *Instructional Science*, 38, 237–258. doi:10.1007/s11251-009-9106-9.
- Pazzaglia, F., Toso, C. & Cacciamani, S. (2007). The specific involvement of verbal and visuospatial working memory in hypermedia learning. *British Journal of Educational Technology*, 39, 110–124. doi:10.1111/j.1467-8535.2007.00741.x.
- Reigeluth, C. M. & Stein, F. S. (1983). The elaboration theory of instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional Design Theories and Models: An Overview of Their Current Status* (S. 335–382). Hillsdale, NJ, USA: Erlbaum.
- Rübel, N. (2010). *Rapid Assessment: Schnelle Online-Erfassung des Leistungsstands – Diagnostisches Verfahren oder auch lernförderliche Intervention?* (Unveröffentlichte Diplomarbeit). Freiburg: Institut für Psychologie der Universität Freiburg.
- Sanchez, C. A. & Wiley, J. (2006). An examination of the seductive details effect in terms of working memory capacity. *Memory & Cognition*, 34, 344–355. doi:10.3758/BF03193412.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *External and Internal Representations in Multimedia Learning*, 13, 141–156. doi:10.1016/S0959-4752(02)00017-8.
- Shute, V. & Towle, B. (2003). Adaptive e-learning. *Educational Psychologist*, 38, 105–114. doi:10.1207/S15326985EP3802_5.
- Shute, V. J. & Zapata-Rivera, D. (2008). Adaptive technologies. In J. M. Spector, D. Merrill, J. van Merriënboer & M. Driscoll (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology (3rd Edition)* (pp. 277–294). New York, NY: Lawrence Erlbaum Associates, Taylor & Francis Group.
- Shute, V. J. & Zapata-Rivera, D. (2012). Adaptive educational systems. In P. J. Durlach & A. M. Lesgold (Eds.), *Adaptive technologies for training and education* (pp. 7–27). Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Skuballa, I. T., Schwonke, R. & Renkl, A. (2012). Learning from narrated animations with different support procedures: working memory capacity matters. *Applied Cognitive Psychology*, 26, 840–847. doi:10.1002/acp.2884.
- Sweller, J., Ayres, P. L. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer.
- Van Gog, T. & Scheiter, K. (2010) Eye tracking as a tool to study and enhance multimedia learning. *Learning and Instruction*, 20(2), 95–99. doi:10.1016/j.learninstruc.2009.02.009.

- Wassermann, B., Hardt, A. & Zimmermann, G. (2012). *Generic gaze interaction events for web browsers: using the eye tracker as input device*. WWW2012 Workshop: Emerging Web Technologies, Facing the Future of Education. Paper online verfügbar: http://www2012.org/proceedings/nocompanion/EWFE2012_006.pdf.