

Johann Seibert<sup>1</sup>  
 Matthias Marquardt<sup>1</sup>  
 Vanessa Lang<sup>1</sup>  
 Luisa Lauer<sup>1</sup>  
 Markus Peschel<sup>1</sup>  
 Franziska Perels<sup>1</sup>  
 Johannes Huwer<sup>2</sup>  
 Christopher W. M. Kay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Weingarten

## **AR-MEI-SE: Augmented Reality Multitouch Experiment Instruction in Science Education**

### **Einleitung**

Die immer weiter voranschreitende Digitalisierung unserer Schulen stellt Lehrer\*innen, aber auch Lehramtsstudierende, vor die Herausforderung nach dem (didaktisch und fachlich) sinnvollen Einsatz digitaler Medien im Unterricht. Einen inhaltlich verbindlichen Rahmen hat dafür die Kultusministerkonferenz 2017 (KMK, 2017) mit den „Kompetenzen in der digitalen Welt“ geschaffen. Doch sind diese Kompetenzen eher nationale, fächerübergreifende Bildungsstandards, die in den jeweiligen Fächern fachdidaktisch aufbereitet und spiralcurricular erworben werden müssen. Es ist also die Aufgabe der einzelnen Schulfächer, diese allgemeinen Kompetenzen für ihr Fach abzuleiten und fachdidaktisch eingebettet für den Unterricht nutzbar zu machen. Für diese Anforderungen gibt es allerdings nach wie vor deutlichen Entwicklungsbedarf didaktisch sinnvoller und fachlich wertvoller digitaler Anwendungen, die zur Orchestrierung im Naturwissenschaftsunterricht gewinnbringend eingesetzt werden können (Weinberger, 2018). Der Naturwissenschaftsunterricht hat dabei eine besondere Rolle, da hier das Experiment als Methode im Zentrum der Erkenntnisgewinnung steht und entsprechende Digitalisierungen sehr sensibel entwickelt werden müssen. Dieser Beitrag widmet sich der Möglichkeit, diesen naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess im Experiment mit Augmented Reality (AR)-Technik (displaybasiert, s. Klammerbeitrag) anzureichern. Konkret wird beschrieben, wie individualisierte, gestufte Hilfestellungen beim Experimentieren mittels digitalen Zusatzinformationen umgesetzt werden können oder die Schüler\*innen auf eine komplett digitale Variante zurückgreifen können, wenn z.B. die manuellen Schwierigkeiten beim Experimentieren vom inhaltlichen Lernprozess ablenken bzw. diesen digital mit Hilfen unterstützen können.

### **Multitouch Experiment Instruction als volldigitale und digital erweiterte Variante**

Multitouch Experiment Instructions (kurz: MEI) sind nach Seibert, Huwer und Kay (2019) digitale Lernwerkzeuge, welche in der aktuellen Unterrichtssituation kognitive Lernprozesse fördern sollen. Sie ermöglichen das Lernen z.B. in Form einer interaktiven Multitouch-Versuchsanleitung. Die Art der Darstellung der Versuchsanleitung kann volldigital als interaktives eBook (Seibert et al., 2019a), aber auch digital erweitert, als AR (Seibert et al., 2019b) dargeboten werden. Den Schüler\*innen wird neben dem eBook (volldigital) oder der AR auf dem iPad (digital erweitert) die standardmäßige reale Laborausstattung zum Experimentieren bereitgestellt. Hierbei dient die MEI als Lernwerkzeug, um bei eventuell auftretenden Schwierigkeiten beim Experimentieren unterstützen zu können. Diese Unterstützung kann auf experimentier-, geräte-, sprach- oder verständnisbasierter Ebene wirken. Neben diesen individuellen (gestuften) digitalen Hilfestellungen haben die Schüler\*innen die Möglichkeit, ihre Ergebnisse aus dem Experiment direkt in der MEI (Augmented Reality, eBooks) zu dokumentieren und den Lernzuwachs zu fixieren. Das chemische Experiment selbst wird um eine digitale und vor allem interaktive Versuchsanleitung zur verbesserten individuellen Förderung beim Experimentieren ergänzt, ersetzt also das praktische experimentelle Handeln nicht. Bei der

Entwicklung der didaktischen digitalen Unterstützungen werden neben fachdidaktischen Konzepten sowohl bildungswissenschaftliche als auch mediendidaktische Gestaltungskriterien beachtet. Auf Grundlage vorangegangener Arbeiten zu digitalen Funktionen von Tablets im Chemieunterricht und Schülerlabor sowie dem Einsatz von Multitouch Learning Books als Lernbegleiter werden die MEIs gezielt auf ein bestimmtes/spezielles Experiment zugeschnitten (Seibert et al., 2019c; Huwer, Bock & Seibert, 2017; Huwer et al., 2019a). Dabei sind besonders die kognitiven Lernprozesse bei der Erstellung einzelner Tools im eBook bzw. der AR prioritär zu beachten, da grundlegende Aspekte der Cognitive Load Theory of Multimedia Learning von Mayer (2005) eine zentrale Rolle bei der Anordnung und Strukturierung der digitalen Materialien spielen. Hierbei wird besonders großer Wert darauf gelegt, dass durch eine klar strukturierte Benutzeroberfläche und anschauliche Darbietung der Hilfestellungen Split-Attention-Problematiken vermieden werden, was mittels Overlay-Attention erzeugt/gelöst wird.

Insgesamt soll durch die Implementierung von MEIs das Selbstregulierte Lernen (SRL) von Schüler\*innen gefördert werden. Dieses Selbstregulierte Lernen kann in drei Hauptphasen unterteilt werden, welche der Planung, Durchführung und Evaluation des eigenen Experimentierens stark ähnelt. In der präaktionellen Phase liegt der Fokus auf der theoretischen Vorbereitung des Experiments. Für die aktionelle Phase sollen die Schüler\*innen selbstständig experimentieren und ihre Ergebnisse dokumentieren. Die postaktionelle Phase beinhaltet die Auswertung der Ergebnisse, wobei die Schüler\*innen direktes Feedback von der MEI zu ihrem Experiment erhalten, um die Ergebnisse reflektieren zu können. Diese drei Aspekte werden durch eine kontinuierliche vierte Dimension, ein Lerntagebuch, zur Förderung des SRL ergänzt, welches die Experimente unterstützt und durch regelmäßiges Feedback der Lehrkraft zur Reflexion beiträgt. So werden die drei Phasen der SRL erreicht: Planung, Durchführung und Reflexion des Experimentierens. Diese drei Phasen werden durch gezielte Darbietung in der MEI implementiert. Beide Varianten – digitale Materialien in Form eines eBooks und einer Augmented Reality-Versuchsanleitung – wurden zu einem ausgewählten Experiment erstellt und die jeweiligen Wirkungsprinzipien erforscht.

#### *Multitouch Experiment Instruction als interaktives eBook*

Die volldigitale Variante der interaktiven Versuchsanleitung wird über ein eBook den Schüler\*innen bereitgestellt. Alle Teilaufgaben erhalten eine eigene Buchseite und sind identisch aufgebaut. Auf der linken Seite erhalten die Lernenden Anweisungen zum Dokumentieren und zum Erklären. Durch eine gezielte Auswahl der Buttons soll der Fokus auf die oben beschriebenen drei Phasen des Selbstregulierten Lernens gelegt werden.

Im Zuge des differenzierenden Unterrichtens erhalten die Schüler\*innen zu jedem Telexperiment verschiedene Arten von Hilfestellungen. Diese Art der Unterstützung soll dazu dienen, dass den Lernenden selektierter geholfen werden kann. Zudem kann so das eigenständige Experimentieren und somit Lernen gefördert werden.

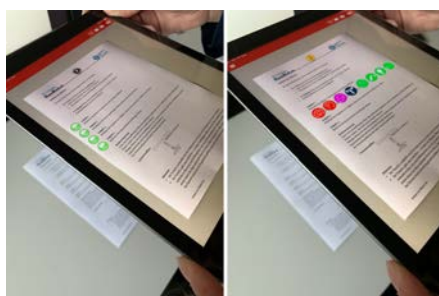
#### *Multitouch Experiment Instruction als Augmented Reality*

Die Kernidee dieser Art digitaler Materialien liegt in einer natürlichen Interaktion (Information On Demand) zwischen Schüler\*innen und Lehrer\*innen begründet.<sup>1</sup> Mit Hilfe eines augmentierten Aufgabenblatts kann genau diese lehrerorientierte Handlung interaktiv mit digitalen Medien abgebildet werden (Huwer et al., 2018a). Die Schüler\*innen erhalten wie bei der analogen Umsetzung des Experiments ein Arbeitsblatt, auf dem die Anweisung zum

---

<sup>1</sup> Der/die Schüler\*in kommt mit einem Arbeitsblatt zur Lehrperson und zeigt auf eine Stelle auf dem Arbeitsblatt und sagt: „Ich habe an der Stelle ein Problem (z.B. Ich verstehe das Wort „molares Volumen“ nicht).“ und bekommt von der Lehrperson unmittelbar Hilfe.

Experiment fixiert ist. In dieser Art des mit Trigger (Erläuterung) versehenen Aufgabenblattes erhalten die Lernenden die gewünschten Hilfestellungen „on demand“ per Tablet, wenn er sie einfordert. Dies hat im gleichen Maß zur Folge, dass die Schüler\*innen zunächst frei und unabhängig von der Lehrperson experimentieren kann; die Hoffnung ist, dass dabei auch die Gefahr eines Cognitive Overload minimiert wird, was erforscht wird.



*Abb. 1 Strukturierung der Hilfen je Teilaufgaben (links) und inhaltliche Strukturierung der Overlays in der Augmented Reality (rechts)*

### **Didaktische Begründung zum Einsatz von Augmented Reality Multitouch Experiment Instructions im Chemieunterricht**

Der Einsatz digitaler Medien sowie die Konzeption digitaler Materialien, insbesondere von Augmented Reality, im Chemieunterricht bedarf natürlicherweise einer didaktischen Planung (Marquardt et al., 2020). Besonderes Augenmerk wurde auf verschiedene Aspekte der unterrichtlichen Einbindung und die damit verbundene Einordnung der Materialien in das CAMR-Modell (Huyer et al., 2019b) gelegt, welches in Anlehnung an das SAMR-Modell von Puentedura (2006) entwickelt wurde. Diese methodische Implementierung stellt die verschiedenen Betriebsarten digitaler Medien abseits des Status quo dar: CONSERVATION (Beibehalten) der vorherrschenden Methode mit analogen Medien, AUGMENTATION (Erweitern) bestehender Methoden mit Hilfe innovativer Ansätze durch den Einsatz digitaler Techniken, MODIFICATION (Verändern) der Methode, die das wesentliche Design der Aufgabe charakterisieren und REDEFINITION (Neudefinieren), bei denen verschiedene Anwendungen Aufgaben ermöglichen, die bisher nicht möglich waren. Im Fall der hier vorgestellten MEI handelt sich danach um eine Erweiterung der vorherrschenden Methode (bisher: analoge Versuchsanleitung mit analogen, lehrerzentrierten, individuellen Hilfestellungen) durch digitale Informationen mit Hilfe der AR on-Demand Technologie. Somit können die Materialien zum selbständigen Erkenntnisgewinn beim Experimentieren im Chemieunterricht eingesetzt werden und somit zu einem erhöhten Kompetenzerwerb führen.

### **Ausblick**

In einer Studie mit circa 200 Schüler\*innen aus 10 Klassen der Klassenstufe 10 des Gymnasiums werden in einem 2x2x2-Design die beiden entwickelten Materialien (digital erweitert vs. volldigital) gegen eine vollständig analoge Variante des Experimentierens und des Feedbacks bzw. Reflexion getestet. Hierbei werden Selbstregulationsaspekte, wie Kognition, Motivation und Metakognition besonders betrachtet. Diese Studie befindet sich in der Vorbereitung der Hauptphase, nachdem der Prätest die besonderen Umgangsweisen mit der Technik verifiziert hat und spezifische Erweiterungen der AR und iBook-Umgebung ergeben hat soll nun die Lernwirksamkeit der oben beschriebenen Materialien untersucht werden.

### Literatur

- KMK (2017) Bildung in der digitalen Welt—Strategie der Kultusministerkonferenz. Abgerufen von [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2018/Strategie\\_Bildung\\_in\\_der\\_digitalen\\_Welt\\_idF\\_vom\\_07.12.2017.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF_vom_07.12.2017.pdf)
- Huwer, J., Lauer, L., Seibert, J., Thyssen, C., Dörrenbächer-Ulrich, L., & Perels, F. (2018). Re-Experiencing chemistry with Augmented Reality: New possibilities for individual support. *World Journal of Chemical Education*, 6(5), 212-217. doi: 10.12691/wjce-6-5-2
- Huwer, J., Bock, A., & Seibert, J. (2018). The School Book 4.0: The Multitouch Learning Book as a Learning Companion. *American Journal of Educational Research*, 6(6), 763-772. doi:10.12691/education-6-6-27
- Huwer, J., & Seibert, J. (2018). A new way to discover the chemistry laboratory: The Augmented Reality Laboratory-License. *World Journal of Chemical Education*, 6(3), 124-128. DOI: 10.12691/wjce-6-3-4
- Huwer, J., Irion, T., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Transformation of Science Education in the Age of Digitalization in Germany - Consequences for primary, secondary and teacher education. *World Journal of Chemistry Education*.
- Huwer, J., Seibert, J., & Brünken, J. (2018) Multitouch Learning Books als Versuchsanleitungen beim Forschenden Experimentieren am Beispiel von Süßungsmitteln. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 2018(03),181-186.
- Marquardt, M., Seibert, J., Lauer, L., Lang, V., Peschel, M. & Kay, C. W. M. (2020). AR als Werkzeug: Verknüpfung des PSE mit dem Bohr'schen Atommodell. In C. Maurer (Ed.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen (GDCP Tagungsband)*. Regensburg.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31–48). Cambridge: Cambridge UP.
- Puentedura, R. R. (2006). Transformation, Technology, and Education <http://www.hippasus.com/resources/tte/> (Abgerufen am 27.09.2019)
- Seibert J., Luxenburger-Becker, H., Marquardt, M., Lang, V., Perels, F., Kay, C.W.M., Huwer, J. (2019a). Multitouch Experiment Instruction for a Better Learning Outcome in Chemistry Education, *World Journal of Chemical Education* (angenommen)
- Seibert, J., Marquardt, M., Pinkle, S., Carbon, A., Lang, V., Perels, F., Kay, C.M.W., Huwer, J. (2019b). Linking Learning Tools, Learning Companion and Experimental Tools in a Multitouch Learning Book, *World Journal of Chemical Education* (Eingereicht)
- Seibert, J., Marquardt, M., Schmoll, I., & Huwer, J. (2019c). Potenzial für "mehr Tiefe" - Augmented Reality im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Computer + Unterricht*, 114, 32-34.
- Seibert, J., Huwer, J. & Kay, C. W. M. (2019) - EXPlainistry - Documentation, explanation and visualization of chemical experiments supported by ICT in schools. *Journal of Chemical Education*. doi: 10.1021/acs.jchemed.8b00819.
- Ulrich, N., & Huwer, J. (2017). Digitale (Schul-)Bücher – Vom E-Book zum Multitouch Learning Book. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Eds.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (pp. 63-71). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Weinberger A. (2018) Orchestrierungsmodelle und -szenarien technologie-unterstützten Lernens. In: Ladel S., Knopf J., Weinberger A. (eds) *Digitalisierung und Bildung*. Springer VS, Wiesbaden