

Blickverhalten beim Experimentieren mit Augmented Reality

Unerlässlich sind Experimente für den Chemieunterricht (An et al., 2020; Bates, 1978; Carnduff & Reid, 2003; Hofstein & Hugerat, 2022). Sie folgen einem bestimmten Schema: Ausgehend von einem Problem oder einer Frage wird eine Hypothese aufgestellt, die die Planung und Durchführung des Experiments lenkt (Hofstein et al., 2004). Es erfolgt eine Beobachtung, die dann zur Auswertung führt, oft auf submikroskopischer und symbolischer Ebene (Johnstone, 1982).

Experimente sind als komplett real bis hin zu komplett virtuell möglich (Stolze et al., 2022). Die Unterteilungen der verschiedenen Stufen von real bis hin zu virtuell werden im Reality-Virtuality-Kontinuum von Milgram deutlich (Milgram et al., 1995). Im Folgenden interessiert nur der Bereich der Augmented Reality (AR) (Milgram et al., 1995). AR beschreibt die Anreicherung der Realität mit virtuellen Ergänzungen (Milgram et al., 1995). AR kombiniert reale und virtuelle Inhalte, die 3D registriert sind, interaktiv und in Echtzeit vorhanden sein können (Azuma, 1997). Alle Ebenen (submikroskopisch, symbolisch und makroskopisch) könnten mit AR beim Experimentieren somit gleichzeitig angeboten werden. Dabei haben die Gestaltungsprinzipien von multimedialem Lernen und Demonstrationsexperimenten für die Visualisierung der Ebenen mit AR in einem experimentellen Umfeld bestimmte Einflüsse (Mayer, 2009; Schmidkunz, 1990). Um diese identifizieren zu können untersuchen wir das Blickverhalten von Lernenden bei verschiedenen Ausprägungen der Gestaltungsparameter von AR-Lernumgebungen (Krug et al., 2022; Krug et al., 2021), die sich auf die Gestaltungsprinzipien beziehen, speziell für Experimente. Im Folgenden wird daher auf die Gestaltungsparameter eingegangen und das Forschungsdesign sowie erst Ergebnisse für das erste Experiment "brennende Kerze" erläutert.

Gestaltungsparameter von AR-Lernumgebungen

Krug et al. (2022) haben mittels eines Reviews 6 Gestaltungsparameter für AR-Lernumgebungen identifiziert. Zwei dieser Gestaltungsparameter lassen sich in verschiedenen Levelstufen unterteilen (Adaptivität: Level 1-4, Interaktivität: Level 1-6) (Krug et al., 2022). Die anderen 4 Gestaltungsparameter (Immersion, Spiel-Elemente, Inhaltliche Nähe zur Realität, Kongruenz mit der Realität) werden anhand verschiedener Indikatoren und der Summe aus diesen unterschieden (Krug et al., 2022).

AR-Lernumgebung "Aggregatzustände von Wachs"

Die Untersuchungsgrundlage bildet das Experiment "brennende Kerze", bei dem die Zustände des Waxes auf makroskopischer Ebene beobachtbar sind und durch AR-Visualisierungen submikroskopisch sowie symbolisch dargestellt werden können. Auf submikroskopischer Ebene kann das Teilchenmodell des flüssigen, festen und gasförmigen Zustandes des Waxes animiert dargestellt werden. Die symbolische Ebene beinhaltet die Begriffe flüssig, fest und gasförmig, die die Schüler*innen mit den Modellen und der makroskopischen Ebene in Verbindung bringen. Als Frage wird den Schüler*innen gestellt, was denn bei einer Kerze brennt.

Ziel der Lerneinheit ist herauszuarbeiten, dass der Docht für das Entzünden der Kerze und zum Transport des flüssigen Wachses zuständig ist sowie das gasförmige Wachs brennt. Ein weites Lernziel ist die richtige Zuordnung der Bereiche, in denen die verschiedenen Aggregatzustände bei einer brennenden Kerze vorhanden sind.

Hierbei stellte sich die Frage, wie verhalten sich Blickbewegung der Teilnehmenden bei der Verwendung unterschiedlicher Augmented Reality Lernumgebungen zur brennenden Kerze? Um dieser Frage gerecht zu werden, wurden drei unterschiedliche AR-Designs entwickelt, die sich nur in einem Gestaltungsparameter, Kongruenz mit der Realität unterscheiden (Tabelle 1). Beim ersten Design, „AR Kerze rechts“ ist die reale wie auch eine virtuelle Kerze durch das Tablet für die Probanden sichtbar (3D Registration a, Abb. 3). Das Design „AR Kerze überlagert“ (Abb. 2) und „AR Kerze transparent überlagert“ (Abb. 4) bedienen die 3D Registration b in dem die virtuelle Kerze die reale überlagert. Der Unterschied zwischen den zwei letzten Designs ist der, dass die virtuelle Kerze bei „AR Kerze transparent überlagert“ den Indikator Fotorealismus verliert, da die virtuelle Kerze transparent ist und somit die reale Kerze sichtbar wird.

Tabelle 1 Einordnung der Gestaltungsparameter der AR-Lernumgebung "Aggregatzustände von Wachs".

Gestaltungsparameter für AR-Lernumgebungen	AR Kerze rechts	AR Kerze überlagert	AR Kerze transparent überlagert
Adaptivität (1-4)	Level 2: Der Benutzer kann das Programm bei der Einrichtung im Vorfeld anpassen und auf seine Bedürfnisse abstimmen.		
Interaktivität (1-6)	Level 3: Verschiedene Darstellungsformen variieren		
Immersion (1-5)	1 Indikator: visuell		
Spiel-Elemente (1-8)	3 Indikatoren: Rules/Goals, Assessment, Environment		
Inhaltliche Nähe zur Realität (1-5)	2 Indikatoren: Lokale Plausibilität, Angemessene Wahl der Trackingmethode		
Kongruenz mit der Realität (1-7)	3+ Indikatoren: Plausibilität, Lebensnähe, Proportionen		
	+2 3D Registration a, Fotorealismus	+2 3D Registration b, Fotorealismus	+1 3D Registration b



Abb. 2 AR Kerze rechts



Abb. 1 AR Kerze überlagert



Abb. 3 AR Kerze transparent überlagert

Probanden

Es nahmen 23 Probanden im Alter von elf bis 15 an der Studie teil. Nein waren in der „AR Kerze rechts“-Gruppe, acht in der „AR Kerze überlagert“ und sechs in der „AR Kerze transparent überlagert“. Die Gruppen sind zufällig zugeordnet worden und fast jede Klasse und jedes Alter ist in jeder Gruppe vertreten. Die Probanden kamen aus verschiedenen Schulen.

Studiendesign

Die Studie fand bei den Probanden zu Hause oder bei Freunden statt, sodass eine bekannte Umgebung als gegeben angenommen werden kann. Die Forschungsdaten wurden mittels der tobii glasses 3 mit eye-protection aufgenommen und im tobii lab mittels snapshot Zuweisung analysiert. Vor Beginn der eigentlichen Analyse bearbeiteten die Probanden alle ein Puzzle zu Aggregatzuständen und kamen meisten zum ersten Mal mit Augmented Reality in Berührung. Daraufhin folgte die Frage: „Was brennt bei einer Kerze“ und je nach Antwort wurde dann die Funktion des Dochts oder direkt der Aggregatzustand von Wachs thematisiert und die Kerze entflammt sowie die AR gestartet.

Ergebnisse

Das Blickverhalten der Probanden zeigt, dass bei der ersten Szene die reale Kerze am häufigsten beim Design „AR Kerze überlagert“ (Ü) (88%) angeschaut wurde. Die Hälfte der Probanden der Gruppe „AR Kerze transparent überlagert“ (ÜT) blickten zur realen Kerze. Die wenigsten Blicke erhielt die reale Kerze beim Design „AR Kerze rechts“ (R) (22%). Die reale Kerze virtuell durch das Tablet wurde zu 100% von den Probanden der Gruppe ÜT und R in den Blick genommen. 63 % der Gruppe Ü blicken zur realen Kerze virtuell. Zu 100 % wahrgenommen mit dem Blick wurde die virtuelle Kerze von den Probanden der gruppe Ü und ÜT. Der Blick zur virtuellen Kerze in Gruppe R fand nur bei 89 % statt. Die Wahl der Szene zwei fällt bei 18 von 23 Probanden auf den festen Aggregatzustand und dessen Zuordnung, vier beginnen mit gasförmig und ein Proband mit flüssig. In Szene 2 und folgenden Szenen der anderen Aggregatzustände wird der Blick zur realen Kerze in der Realität geringer als 38 % in Gruppe Ü, bei ÜT fällt er unter 17 % und bei R unter 11 %.

Diskussion und Ausblick

Das die Gruppe R am wenigsten die reale Kerze im Realen anschaut, ist Aufgrund der sichtbaren realen Kerze virtuell zu erklären. Verwunderlich ist, dass die Gruppe ÜT nicht den gleichen Prozentsatz an Probanden vorweist wie R bei der Betrachtung des Blickes zur realen Kerze, da beide die reale Kerze sichtbar im Tablet übertragen. Erklärungen könnten Trigger, wie Hinweise auf die reale Kerze sein, dass diese Probanden öfters auf die reale Kerze im Realen schauten. Um dies adäquat beantworten zu können wird im Folgenden das Videomaterial analysiert. Nicht zu erwarten war auch der Blick zur realen Kerze im virtuellen bei der Gruppe Ü, da hier eigentlich die virtuelle Kerze, die reale überlagern sollte. Hier könnten Teile der realen trotz Überlagerung sichtbar geworden sein. Von Interesse ist hier die Weitere Analyse, welcher Teil der Kerze sichtbar war und ob dieser, wenn er sichtbar war zu 100 % angeschaut wurde oder nicht. Die Wahl der zweiten Szene könnte an der Anordnung der zu wählenden Bereiche in der AR-Lernumgebung liegen, da der feste Zustand der oberster dargestellt wurde. Der nicht mehr vorhandene Blick zeigt den Grad der Immersion, der durch die AR-Lernumgebung hervorgerufen werden kann.

Literatur

- An, J., Poly, L.-P., & Holme, T. A. (2020). *Usability Testing and the Development of an Augmented Reality Application for Laboratory Learning* (Vol. 97). <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00453>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Bates, G. C. (1978). The Role of the Laboratory in Secondary School Science Programs. In *What Research Says to the Science Teacher* (pp. 55-82).
- Carnduff, J., & Reid, N. (2003). *Enhancing Undergraduate Chemistry Laboratories* <https://pubs.rsc.org/en/content/ebook/978-0-85404-378-1>
- Hofstein, A., & Hugerat, M. (2022). Chapter 1 The Role of the Laboratory in Chemistry Teaching and Learning. In *Teaching and Learning in the School Chemistry Laboratory* (pp. 1-15). The Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781839164712-00001>
- Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2004). RESEARCH REPORT. *International Journal of Science Education*, 26(1), 47-62. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070342>
- Johnstone, A. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Krug, M., Czok, V., Müller, S., Weitzel, H., Huwer, J., Kruse, S., & Müller, W. (2022). Ein Bewertungsraster für Augmented-Reality-Lehr-Lernszenarien im Unterricht. *ChemKon*, 29(S1), 312-318. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ckon.202200016>
- Krug, M., Czok, V., Weitzel, H., Müller, W., & Huwer, J. (2021). Gestaltungsparameter für Lehr-Lernszenarien mit Augmented-Reality-Anwendungen im naturwissenschaftlichen Unterricht – ein Review. In Nicole Graulich, J. Huwer, & A. Banerji (Eds.), *Digitalisation in Chemistry Education : Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie* (pp. 52-58). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.31244/9783830994183>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2 ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9780511811678>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). *Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum* (Vol. 2351). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Schmidkunz, H. (1990). Visuelle Wahrnehmungsgesetze. *Chemie und Schule*.
- Stolze, C., Hadi, A. N., & Kuse, K.-M. (2022). Kritische Metalle in Smartphone & Co. – Rückgewinnung des Seltenerdmetalls Neodym im Online Chemie-Experiment. In E. M. Watts & C. Hoffmann (Eds.), *Digitale NAWigation von Inklusion: Digitale Werkzeuge für einen inklusiven Naturwissenschaftsunterricht* (pp. 123-134). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37198-2_10