

Pilotierung einer AR-Lernumgebung zur Förderung des Stoff-Teilchen-Konzept-Verständnisses in der Lehrerbildung und -fortbildung

Einführung

Die chemische Fachsprache wird nach Johnstone (2000) in drei Ebenen geteilt: (1) Die *Makroskopische Ebene* beschreibt reale, beobachtbare Phänomene der stofflichen Welt. (2) Die *Submikroskopische Ebene* fokussiert Teilchen wie Atome, Ionen, Moleküle und chemische Prozesse als Teilchenbewegungen. (3) Die *Repräsentative Ebene* umfasst alle piktorialen und symbolischen Darstellungen, um Materie in ihrer Beschaffenheit makroskopisch oder/und submikroskopisch zu visualisieren. Können Lernende jede der drei Ebenen verstehen und konzeptuell in die andere transferieren, sollte sich dies positiv im Lernprozess auswirken (Farida et al., 2010). Internationale Studien zeigen, dass Schüler*innen den Teilchenbegriff inkonsistent nutzen und die chemische Fachsprache mit ihren MER¹ eine Hürde darstellt (Harrison & Treagust, 2000; Justi & Gilbert, 2002). Chemielehrkräfte haben daher eine Vorbildfunktion, wenn es um die Vermittlung des Teilchenkonzepts geht (Pfeifer et al., 2002). Das Denken in den drei Ebenen scheint jedoch für (angehende) Chemielehrkräfte schwer lern- und lehrbar zu sein (van Driel & Verloop, 2002; Crawford & Cullin, 2004). So heben sie in ihrer Unterrichtsgestaltung den Wechsel von Stoff- auf Teilchenebene unzureichend hervor. Auch sind die Sprachfertigkeiten oft fehlerbehaftet (Rodić et al., 2018).

Theoretischer Hintergrund

Durch die Digitalisierung an Schulen bietet es sich an, digitale Medien als Fördermaßnahme in die fachspezifische Lehrerbildung/ -fortbildung zu integrieren (Sailer et al., 2017). Ein Nutzen sollte sich aus dem technischen Fortschritt ergeben, wenn visuell nicht wahrnehmbare Prozesse mit digitalen Soft- und Hardwaresystemen sichtbar gemacht werden (Farida et al., 2010). Techniken zur Teilchenmodellierung (z.B. Tablet mit Video) leisten einen Beitrag zum Stoff-Teilchen-Konzept-Verständnis (Schnitker, 2016). Problematisch an derartigen Settings ist, dass der Betrachter zwischen Medium und Versuchsausrüstung hin- und herschauen muss. Der Split-Attention-Effekt kann die kognitive Verarbeitung bei der Text-Bild-Integration stören und den Lernprozess negativ beeinflussen (Schnotz & Bannert, 2003; Ayres & Sweller, 2014). Als digitales (Lern-)Werkzeug verknüpft AR² reale und virtuelle Welt (Ibanez & Delgado-Kloos, 2018), sodass sich der Beobachter physisch in einer realen Umgebung bewegt, die virtuelle Elemente integriert. Dabei ermöglicht AR die Interaktion mit den realen *und* virtuellen Objekten (Azuma, 1997). Werden bei Ablauf eines realen Experiments unter Berücksichtigung der Dynamik submikroskopische Teilchen als (M)ER virtuell in das Experiment eingeblendet, können die Informationen räumlich und zeitlich verbunden, sowie semantisch im Zusammenhang stehend gezeigt werden (Chavan, 2016). Diese simultane Präsentation sollte nach dem Kohärenz- und Kontiguitätsprinzip von Mayer (2014) positive Lerneffekte mit Stoff- und Teilchenebene erzielen und Split-Attention vermeiden. Infolgedessen bietet AR neue Chancen zum erfolgreichen Lernen in den Ebenen nach

¹ Multiple Externe Repräsentationen

² Augmented Reality

Johnstone (2000). Soll AR im Unterricht Anwendung finden, muss das Lehr- und Lernangebot von den Lehrenden akzeptiert³ werden (Bürg, 2005). Akzeptanz setzt eine positive (fachdidaktische) Beurteilung der Informations-/Systemqualität der Innovation (Merkmale der Lernumgebung/Usability) durch die Zielgruppe voraus (Figl, 2010). Ferner müssen Personenmerkmale als Einstellungen und Selbstwirksamkeiten analysiert werden (Bürg, 2005; Graham et al., 2009).

Wissenschaftliche Fragestellungen

Für die Pilotierung der AR-Lernumgebung wird folgenden Fragestellungen nachgegangen:

FF1: Wie schätzen Experten⁴ den Einsatz digitaler Medien und AR im Chemieunterricht ein?

FF2: Wie schätzen Experten ihren Umgang mit digitalen Medien und AR ein?

FF3: Wie schätzen Experten die Merkmale der AR-Lernumgebung/Usability ein?

FF4: Inwieweit wird die AR-Lernumgebung von Experten akzeptiert?

FF5: Wie wirken die Merkmale des Individuums und der Lernumgebung auf die Akzeptanz?

Forschungsmethoden

Gestaltung der AR-Lernumgebung

Die AR-Lernumgebung zum Thema Redoxreaktionen besteht aus einem realen Versuchsaufbau zur *Elektrolyse von Zinkiodid*. Sobald die Probanden ein Tablet mit der App⁵ auf die Elektrolysezelle richten, erscheint im Vordergrund die virtuelle Lernumgebung (Chavan, 2016). Mit dem Funktionenmenü kann interaktiv gelenkt werden, welche (M)ER virtuell auf das reale Experiment projiziert werden (Schmalstieg & Höllerer, 2016). Das AR-Setting umfasst vier Lernpfade, die vor und nach Anschalten der Gleichspannungsquelle elaborient werden: Versuchsaufbau, Diffusion und Elektrolyse auf Teilchenebene sowie Chemische Reaktionen. Abb. 1 zeigt auf, dass die AR-Lernumgebung auf Teilchenebene mit der Versuchsdurchführung zeitlich und räumlich verbunden konzipiert wurde und sich die AR-Teilchen stets am Reaktionsfortschritt orientieren (Azuma, 1997).

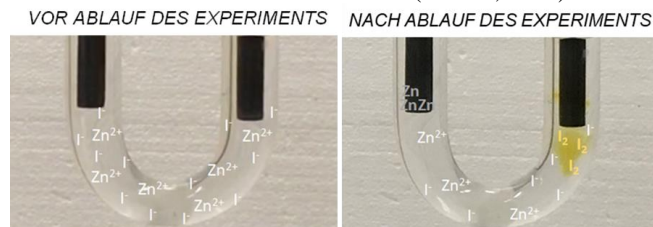


Abb. 1: Realexperiment mit AR-Symbolen vor/während Versuchsablaufs

Stichprobe und Durchführung der Pilotstudie

Im Januar 2021 erfolgte die digitale Befragung (N=20) zur Erfassung der Selbstwirksamkeit und Einstellung (digitale Medien/AR). Im März 2021 fand die Überprüfung der AR-Lernumgebung (Akzeptanz/Usability) statt (N=18). Es wurden Naturwissenschaftler, (angehende) Chemielehrkräfte/-didaktiker und Softwareentwickler befragt, die alle regelmäßig digitale Medien nutzen. Die Hälfte der Probanden bestand aus Lehrpersonen. Die Fragebogendaten wurden auf der Basis der klassischen Testtheorie deskriptiv sowie mit Reliabilitäts- und Korrelationsanalysen ausgewertet.

³ Akzeptanz wird als positive Annahmementscheidung einer Technologie definiert (Simon, 2001).

⁴ Im Rahmen der Pilotstudie werden unter Experten Personen mit einer fundierten Expertise im Bereich der **Technologie und den Naturwissenschaften** verstanden.

⁵ Applikation

Skalendokumentation

Die Fragebogenentwicklung stützte sich auf Vorarbeiten von Vogelsang et al. (2019), Graham et al. (2009), Kopp et al. (2003), Bürg (2005), ISO 9241-11 (1998), Wolf et al. (2020).

Eine Reliabilitätsanalyse zu den Merkmalen des Individuums und der AR-Lernumgebung lieferte überwiegend gute bis exzellente Werte der internen Konsistenz (s. Tab. 1):

Tab. 1: Skalendokumentation; Itemanzahl (N) und Cronbachs-alpha (α)

Konstrukte	Beispielitem einer Skala	N	α
4 Skalen zur Einstellungen/ Selbstwirksamkeit	„Ich kann Innovationen wie AR zur Förderung des kooperativen Arbeitens im/n CU/LVen einsetzen.“	13<N<20	.876< α <.956
1 Skala zur Akzeptanz	„Ich würde die AR-Lernumgebung in meine/n eigenen CU/LVen einsetzen.“	N=7	α =.73
8 Skalen zur Usability	„Die AR-Lernumgebung weckt bei Lernenden voraussichtlich die Neugier an Redoxreaktionen auf Stoff- und Teilchenebene.“	4<N<17	.668< α <.904

Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Deskriptive Statistik

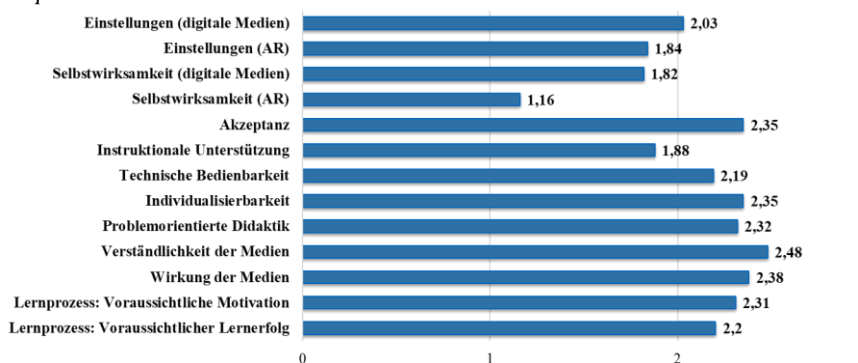


Abb. 2: Deskriptive Statistik zu den 13 Skalen aus beiden Fragebögen auf einer vierstufigen Likert-Skala von 0=trifft nicht zu bis 3=trifft voll zu; angegeben sind Mittelwerte (M)

Bis auf die Skala *Selbstwirksamkeit* (AR) weisen alle Skalen zu den Merkmalen des/r Individuums/Lernumgebung Mittelwerte über dem mittleren Skalenniveau auf (s. Abb. 2). Der Einsatz digitaler Medien/AR im Chemieunterricht wird relativ vielversprechend angesehen. Die Expertise zu AR scheint jedoch sehr schwach ausgeprägt zu sein (vgl. Vogelsang et al., 2019), was vermutlich auf den innovativen Charakter von AR als High-End-Technik zurückzuführen ist. Die positive Beurteilung der Usability liefert erste Hinweise, dass das Setting von den Probanden akzeptiert wird.

Zusammenhänge zwischen Merkmalen des/r Individuums/Lernumgebung und der Akzeptanz
Korrelationsanalysen zeigen signifikante Zusammenhänge zwischen Einstellungen (digitalen Medien: $r=.62$; $p<.01$; AR: $r=.57$; $p<.05$) und Akzeptanz. Ferner korreliert die voraussichtliche Motivation hoch mit der Akzeptanz ($r=.67$; $p<.01$). Obwohl die domänenspezifische Erfassung der Selbstwirksamkeit (AR) einen Zusammenhang sicherstellen sollte (vgl. Bandura, 1986), liegt keiner vor. Ursachen könnten der Neuheitsgrad, die Stichprobengröße, geringe Vorerfahrungen mit AR, Wissensdefizite oder Einschränkungen in dem Setting sein.

Ausblick

Auf der Grundlage der Pilotergebnisse wird die AR-Lernumgebung für die Haupterhebung zur Erfassung des Stoff-Teilchen-Konzept-Verständnisses ab November 2021 optimiert.

Literatur

- Ayres, P., & Sweller, J. (2014). The Splitt-Attention Principle in Multimedia Learning. In: Mayer, E. (Hrsg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (2. Aufl.). New York: Cambridge University Press, 206-226.
- Azuma, R.T. (1997). A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), 355–385.
- Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action. Englewood-Cliffs: Prentice-Hall.
- Bürg, O. (2005). Akzeptanz von E-Learning in Unternehmen. Die Bedeutung von institutionellen Rahmenbedingungen, Merkmalen des Individuums und Merkmalen der Lernumgebung für die Akzeptanz von E-Learning. Berlin: Logos.
- Chavan, S.R. (2016). Augmented Reality vs. Virtual Reality: Differences and Similarities. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology 5, 1–6.
- Crawford, B. A. & Cullin, M. J. (2004): Supporting Prospective Teachers' Conceptions of Modeling in Science. International Journal of Science Education 26 (11) 1379-1401.
- Devetak, I. Urbančič, M., Wisiak, K.S., Krnel, D., & Glažar, S.A. (2004). Submicroscopic representations as a tool for evaluating students' conceptions. Acta Chimica Slovenica 51, 799–814.
- Farida, I., Liliyasi, Widyantoro, Dwi H., & Sopandi, W. (2010). Representational Competence's Profile of Pre-Service Chemistry Teachers in Chemical Problem Solving. International Seminar on Science Education.
- Figl, K. (2010). Deutschsprachige Fragebögen zur Usability-Evaluation im Vergleich. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. 2010/4.
- Graham, C.R.; Burgoyne, N.; Cantrell, P.; Smith, L.; St Clair L., & Harris, R. (2009). TPACK development in science teaching: measuring the TPACK confidence of inservice science teachers. TechTrends 53(5), 70–79.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. International Journal of Science Education, 22(9), 1011-1026.
- Ibanez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented Reality for STEM learning: A systematic Review. Computers & Education (123), 109-123.
- ISO 9241-11 (1998). Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs) – Part 11: Guidance on usability.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Models and modelling in chemical education. In: J.G. Gilber, O. De jong, R. Justi, T.F. Treagust & J.H. Van Driel (Hrsg.). Chemical education: Towards research based practice. Dordrecht, Niederlande: Kluwer, 47-68.
- Johnstone, A., H. (2000). Teaching of Chemistry – logical or psychological?. CERAPIE 1, 9.
- Kopp, B.; Dvorak, S.; Mandl, H. (2003). Evaluation des Einsatzes von Neuen Medien im Projekt "Geoinformation - Neue Medien für die Einführung eines neuen Querschnittfachs". (Forschungsbericht Nr. 161). Pädagogische Psychologie, Kozma, R., & Russell, J. (2005) Students becoming chemists: Developing representational competence. In: Gilbert, J.K. Visualization in Science Education. Niederlande: Springer-Verlag, 121-146.
- Mayer, E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: Mayer, E. (Hrsg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (2. Aufl.). New York: Cambridge University Press, 43-71.
- Pfeifer, P.; Lutz, B.; Bader, H.J. (2002). Konkrete Fachdidaktik Chemie. Stuttgart: Oldenbourg Verlag GmbH.
- Rodić, D.D., Rončevi, T.N., Segecinac, M.N. (2018). The Accuracy of Macro–Submicro–Symbolic Language of Future Chemistry Teachers. Acta Chim. Slov, 65, 394–400.
- Sailer, M., Murböck, J., & Fischer, F. (2017). Digitale Bildung an bayerischen Schulen – Infrastruktur, Konzepte, Lehrerbildung und Unterricht. München: vbw.
- Schmalstieg, D.; Höllerer, T. (2016). Augmented Reality – Principles and Practice. Boston: Addison-Wesley.
- Schnitker, J. (2016). Das Unsichtbare sichtbar machen – Chemie lehren mit Simulationen auf der Teilchenebene. (6. Ausg.). Neuss: Klaus Seeberger Verlag.
- Schnotz, W. & Bannert, M., (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction 13(2), 141-156.
- Simon, B. (2001). E-Learning an Hochschulen. Gestaltungsräume und Erfolgsfaktoren von Wissensmedien. Köln: Josef Eul Verlag.
- Van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. International Journal of Science Education, 24(12), 1255-1272.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25(1), 115-129.
- Wolf, M., Söbke, H. (2020). Augmented Reality in der Hochschullehre für Bauingenieure: Ein leichtgewichtiger Ansatz. Beitrag im Hochschulforum Digitalisierung.