

Matthias Marquardt  
 Johann Seibert  
 Luisa Lauer  
 Vanessa Lang  
 Markus Peschel  
 Christopher W. M. Kay

Universität des Saarlandes

## **Augmented Reality als Werkzeug zur Verknüpfung des Periodensystems der Elemente mit dem Bohr'schen Atommodell**

### **Einleitung**

Innerhalb ihres Strategiepapiers zur Bildung in der digitalen Welt (KMK, 2016) fordert die Kultusministerkonferenz, dass digitale Lernumgebungen unter curricularen sowie didaktischen Gesichtspunkten gestaltet und systematisch eingesetzt werden sollen. Eine der Möglichkeiten, eine unter dem „Primat der Didaktik“ (Gervé, 2016, 35) entwickelte, digitale Lernumgebung im Chemieunterricht einzusetzen, beschreibt die im Folgenden dargestellte Augmented-Reality-konzipierte Unterrichtsstunde zum Thema „Periodensystem der Elemente und Bohr'sches Atommodell“. Der Wert des Einsatzes von Augmented Reality (AR) ergibt sich nicht aus ihrer Medialität an sich, sondern aus der Art und Weise, wie sie – als Werkzeug – in die didaktische Konzeption der Unterrichtsstunde eingebettet ist (Wu, Lee, Chang & Liang, 2013; Peschel & Irion, 2016). In dieser Konzeption verknüpft Augmented Reality die Systematik innerhalb der Hauptgruppen und Perioden des Periodensystems der Elemente mit einer visuellen Darstellung des Bohr'schen Atommodells durch die simultane Augmentierung.

### **Konzeption der Augmented Reality Inhalte**

Um die Konzeption und den Einsatz sowie die didaktischen Möglichkeiten von Augmented Reality im folgenden Unterrichtsszenario zu planen und zu reflektieren, wird das DeAR-Modell (Marquardt et al., 2020 i.V.) genutzt. Durch das Modell ergeben sich bestimmte Anforderungen an die digitale Lernumgebung (z.B. für die Form der Darstellung oder mögliche Interaktionen). Diesen didaktischen Anforderungen entsprechend wird die Umsetzung dieser exemplarischen Unterrichtsstunde zum Periodensystem der Elemente und dem Bohr'schen Atommodell modelliert und die Augmented Reality an Unterrichtsstunde und Schüler\*innen angepasst:

Im Rahmen der Unterrichtsstunde sollen die ersten drei Perioden des Periodensystems der Elemente mittels Augmented Reality-Anwendung um die Darstellung des Bohr'schen Atommodells erweitert werden. Die Zusammenhänge zwischen dem Aufbau der Atome und der Anordnung der Elemente innerhalb des Periodensystems der Elemente sollen dadurch anschaulich dargestellt werden<sup>1</sup>. Um nach der Cognitive-Load-Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2005) die äußere kognitive Belastung möglichst gering zu halten, wurde auf die Darstellungsvariante mit den gekippten Bahnen verzichtet. Aus fachdidaktischer Sicht gibt es an dieser Stelle keine Notwendigkeit einer dreidimensionalen Darstellung, da in der

---

<sup>1</sup> Folglich ist es notwendig, dass mehrere Trigger gleichzeitig erkannt, verarbeitet und laufend aktualisiert werden müssen. Nur so kann technisch umgesetzt werden, dass der / die Schüler\*in in Abhängigkeit von der selbst erstellten Anordnung der Elemente eine passende Darstellung der Elemente im Bohr'schen Atommodell erhält – und darüber hinaus im Fall einer Korrektur der Anordnung der Elementkärtchen durch den / die Schüler\*in eine Aktualisierung der darüber augmentierten Darstellung. Das Bohr'sche Atommodell könnte planar oder mit gegeneinander gekippten Bahnen dargestellt werden, jedoch wird in einer dreidimensionalen Darstellung das Abzählen der Elektronen durch das eventuelle Überlappen der Bahnen erschwert.

dreidimensionalen Ansicht keine zusätzlichen Informationen enthalten sind<sup>2</sup>. Während Augmented Reality häufig dazu verwendet wird, um räumliche Darstellungen zu verdeutlichen (vgl. Maier & Klinker, 2013; Martín-Gutiérrez et al., 2010), liegt der Fokus in dieser Konzeption der Augmentierung des Periodensystems auf der Verknüpfung der digitalen Inhalte im realen Raum. Das Ziel des AR-Einsatzes ist die Verknüpfung des Periodensystems der Elemente, einer Anordnung von Elementen, mit ihrer Systematik auf der Ebene des Bohr'schen Atommodells, folglich einer Verknüpfung einer Darstellung mit einer Position im Periodensystem analog zur Natur von Augmented Reality. Die Schüler\*innen können sich ohne erneute Zuordnung der Modellebene mit zusätzlichen Kärtchen der Analogiebildung zwischen Symbol- und Modellebene zuwenden. Gerade als Lerner sollen die verschiedenen Ebenen nicht simultan betrachtet und erarbeitet werden (Johnstone, 2000). Im Rahmen dieser Konzeption wird die Trennung der einzelnen Ebenen zusätzlich durch einen Medienwechsel von analog zu AR betont und mit Hilfe der AR die Modellebene mit der Symbolebene verknüpft.

### **Augmented Reality-gestützte Unterrichtsstunde zum Periodensystem der Elemente**

Die geplante Unterrichtsstunde dient der Erarbeitung des Periodensystems der Elemente durch die Schüler\*innen und der Verknüpfung des Periodensystems der Elemente mit dem Bohr'schen Atommodell. Die Schüler\*innen werden in Dreiergruppen unterteilt. Jede Gruppe erhält einen Satz Elementkärtchen (siehe Abb. 1), bestehend aus den ersten 18 Elementen. Diese sollen erst ohne AR auf Grund der Informationen auf den Elementkärtchen nach der aufsteigenden Protonenzahl geordnet und danach an Hand von Auffälligkeiten in den angegebenen Größen (hier Atomradius und jeweils erste Ionisierungsenergie) in Gruppen untergliedert werden. Wenn alles den auf den Elementkärtchen angegebenen Atomradien oder ersten Ionisierungsenergien entsprechend angeordnet wurde (erste Gruppe Wasserstoff bis Helium, zweite Gruppe Lithium bis Neon und die dritte Gruppe Natrium bis Argon), können die Schüler\*innen noch weitere Beobachtungen an den von ihnen angeordneten Elementkärtchen machen.<sup>3</sup> Haben die Schüler\*innen einen vorläufigen Abschluss bezüglich der Einteilung der Elemente in Gruppen erzielt, erhält jede Schülergruppe eine tabletbasierte AR. Die Kärtchen fungieren als Trigger und enthalten jeweils eine Animation des beschriebenen Elementes im Bohr'schen Atommodell. Die Schüler\*innen können nun ablesen, dass sich von Gruppe zu Gruppe die Anzahl der Bahnen um eine erhöht. Ebenso erhöht sich die Valenzelektronenzahl innerhalb einer Gruppe mit steigender Ordnungszahl um eins.

Für den / die Schüler\*in erfüllt die Augmentierung zwei Rollen:

- (1) Zum einen bietet die AR-Anwendung einen Zusatz, um die Anordnung der Elemente zu überprüfen. Statt auf Symbolebene, wie beim Anordnen selbst, wird auf der Modellebene, die korrekte Aufteilung deutlich (maximal drei Bahnen mit je einem Elektron auf der äußeren Bahn mit steigender Ordnungszahl mehr).
- (2) Zum anderen dient die Augmentierung der Verknüpfung zwischen dem Periodensystem und dem modellierten Aufbau der Atome. Ebenso trennt die AR gleichzeitig die repräsentative Ebene und die Submikro-Ebene (Johnstone, 2000). Von besonderem Interesse für das grundlegende Fachverständnis ist die Verknüpfung zwischen den einzelnen Hauptgruppen und der Anzahl der Valenzelektronen. Die Ergebnissicherung erfolgte mittels Fotos oder

<sup>2</sup> Aus Gründen der Erkennbarkeit auch in flacheren Winkeln wurde jedoch eine dreidimensionale planare Darstellung gewählt, da die zweidimensionale Projektion des Kerns oder Elektrons auf dem Display unabhängig vom Winkel die gleiche Fläche einnimmt und somit unabhängig vom Winkel gut erkennbar ist.

<sup>3</sup> Sie können entdecken, dass die Größe der Atome von Gruppe, später mit dem Fachbegriff Periode benannt, zu Gruppe zunimmt, innerhalb der Gruppe aber mit steigender Ordnungszahl kleiner wird und sich die ersten Ionisierungsenergien in ihrer Tendenz umgekehrt zu den Atomradien verhalten, Ordnungszahl, Elektronenzahl und Protonenzahl sind gleich groß usw. An dieser Stelle sollen die Schüler\*innen außerdem erneut ihre Unterteilung hinsichtlich der Systematik reflektieren.

Screenshots mit dem iPad, welche durch Zusammenhänge hinsichtlich Größe, Anzahl der Bahnen und Valenzelektronen von den Schülern\*innen ergänzt wurde.



Abb. 1: Trigger- und Elementkärtchen

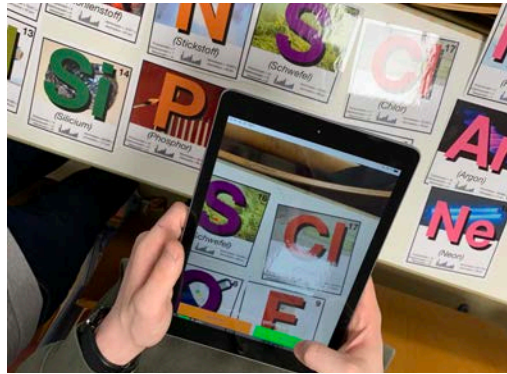


Abb. 2: Überprüfung der Anordnung mittels AR

### Zusammenfassung und Ausblick

Ein kleiner Teil der Schüler\*innen interessierte sich eher für die Funktionsweise der Augmented Reality als für das Periodensystem der Elemente. Bei den meisten Schüler\*innen stellte sich jedoch nach kurzer Zeit ein Gewöhnungseffekt an die Technik ein und konzentrierten sich wieder vollends auf den fachlichen Inhalt der Stunde (siehe auch Senkbeil & Drechsel, 2004). Wurden Elemente der falschen Hauptgruppe oder Periode zugeordnet, konnten die Schüler\*innen zumeist durch/nach Nutzung der AR das Element einordnen. Eine Weiterentwicklung der AR in Bezug auf Interaktivität und Differenzierung wäre erstrebenswert, da gerade die Einordnung des Heliums Probleme verursachte und die Problemlösung durch die Einblendung von Hilfen unterstützt werden könnte. Zum Stundenende konnten die Schüler\*innen die Systematik hinter dem Periodensystem der Elemente (bezüglich Anordnung der Elemente, qualitativ die Größenänderung zwischen den einzelnen Perioden, sowie innerhalb einer Periode) und die Darstellung der Elemente im Bohr'schen Atommodell in einer kurzen Reflexionsrunde am Stundenende beschreiben („Die hier untereinander haben ja alle ein Elektron außen.“). Gleichzeitig wurde durch eine Schülergruppe ein Ansatz für eine Verfeinerung des Atommodells in den Raum geworfen („Da sind ja noch kleine Stufen in den Stufen?! Könnte man das weiter unterteilen?“ vgl. Abb. 1) und könnte als Anknüpfungspunkt für das spätere Orbitalmodell wieder aufgegriffen und weiterentwickelt werden.

Mit den mittlerweile leistungsstarken Tablets hat AR eine solide Plattform für den Unterrichtseinsatz bekommen und ist daher auf technischer Ebene einsatzbereit. Aus didaktischer Sicht eignet sich Augmented Reality, was von seiner Natur aus eine Verknüpfung zweier Ebenen (Realität - Virtualität) darstellt, besonders für ein Unterrichtsszenario in dem verschiedene Betrachtungsebenen – die repräsentationale Ebene mit seiner Symbolebene und die Submikro-Ebene – miteinander verknüpft werden sollen und trotzdem eine vorübergehende Trennung der Ebenen, wie von Johnstone (2000) beschrieben, von Vorteil ist. Grundsätzlich ist von einer simultanen Betrachtung der Ebenen abzuraten (Johnstone, 2000). Gerade dieser ebenenverknüpfende Charakter (Realität und Virtualität) offeriert Potentiale als auch Gefahren. Aus diesem Grund ist eine didaktische Reflexion des Unterrichtseinsatzes von Augmented Reality und eine didaktische Einbettung in das Unterrichtskonzept, wie von Peschel & Irion (2016) und Wu (2013), unerlässlich.

## Literatur

- Gervé, F. (2016). ICT im Sachunterricht – Impulse für Forschung und Entwicklung. In: Peschel, M. (2016): Mediales Lernen. *Beispiele für eine inklusive Mediendidaktik*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, S. 35-52.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry – Logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9–15.
- KMK. (2016). *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).
- Maier, P., & Klinker, G. (2013). Augmented Chemical Reactions: 3D Interaction Methods for Chemistry. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 9(S8), 80. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v9iS8.3411>.
- Martín-Gutiérrez, J., Luis Saorín, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77–91. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003>.
- Marquardt, M., Seibert, J., Lauer, L., Peschel, M. & Kay, C. W. M. (2020). *DeAR: Didactically embedded Augmented Reality in science education*. (i.V.).
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31–48). Cambridge: Cambridge UP.
- Peschel, M. & Irion, T. (2016). *Neue Medien in der Grundschule 2.0 - Grundlagen - Konzepte - Perspektiven*. Grundschulverband.
- Senkbeil, M. & Drechsel, B. (2004): Vertrautheit mit dem Computer. In: Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J. & Schiefele, U. (Hrsg.): *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster/New York/München/Berlin: Waxmann. S. 177-190.
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). *Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education*. *Computers & Education*, 62, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>.