

## **Räumliche Kontiguität beim Einsatz von Augmented Reality im Experiment**

### **Hintergrund & Forschungsstand**

Das breite Spektrum digitaler Technologien als mögliche Ergänzungen von Experimenten in der Lehre erfordert theoretische Ideen und empirische Befunde zur lernwirksamen Gestaltung multimedialer sowie multirepräsentationaler Lernumgebungen. Für die Nutzung verschiedenartiger Medien und Repräsentationen finden sich in der Literatur theoretische Hinweise auf mögliche positive Einflüsse auf das Lernen. Als zentrale Theorien sind dabei u.a. die kognitive Theorie des multimedialen Lernens (Moreno & Mayer, 2007), das DeFT-Rahmenmodell zum Lernen mit multiplen Repräsentationen (Ainsworth, 1999) oder auch das integrative Modell des Text- und Bildverstehens (Schnotz & Bannert, 2003) zu nennen. Aufbauend auf diese theoretische Grundlagen finden sich in der Literatur zahlreiche empirische Befunde zu der konkreten Gestaltung von Lernumgebungen und -materialien. Hierzu gehören bspw. die Gestaltungsprinzipien aus dem Kontext der kognitiven Theorie multimedialen Lernens (Mayer & Fiorella, 2021), u.a. das Modalitätsprinzip (Ginns, 2005) oder auch das zeitliche und räumliche Kontiguitätsprinzip (Schroeder & Cenkcı, 2018). Für zahlreiche dieser Prinzipien finden sich bereits umfassende Analysen zu Vorteilen mit Blick auf die kognitive Belastung von Lernenden, im Sinne der Theorie der kognitiven Belastung beim Lernen (Sweller, 1999) oder den Lernerfolg (Çeken & Taşkın, 2022; Noetel et al., 2022).

Bei genauerer Betrachtung offenbart jedoch gerade die naturwissenschaftsdidaktische Perspektive einen in den bisherigen Arbeiten noch weitestgehend unbearbeiteten Aspekt. Dieser ergibt sich durch die starke Fokussierung der Theorien und Studien auf verbale und piktoriale Repräsentationen (in instruktionalen Medien wie Sprache, Text, Bild etc.) in den Modalitäten des Sehens und Hörens. Da reale Phänomene und darauf aufbauend chemische oder physikalische Experimente eine Vielzahl an vermittelnden Medien (Messwerte, konkret physisch manipulierbare Objekte, etc.) bedienen und neben den genannten insbesondere auch weitere Modalitäten wie die Somatosensorik (Treede & Baumgärtner, 2019; Müller & Grunwald, 2022) einbeziehen können, erscheint es notwendig, hier die Transferierbarkeit der bisherigen Befunde nicht zwangsläufig als gegeben anzunehmen. Demnach ist es von besonderem Interesse, eigenständige Studien durchzuführen, die die Anwendbarkeit der bisherigen Ansätze auf typische naturwissenschaftliche Lernumgebungen wie reale Experimente und Phänomene untersuchen.

Der bisherige Forschungsstand umfasst insbesondere zwei Arbeiten, die das empirische Spektrum der Gestaltungsprinzipien durch den Einbezug weiterer Repräsentationen erweitern: Zum einen weist die Studie von Krüger und Bodemer (2022) zum Lernen von Merkmalen von Pflanzen mit der Anwendbarkeit multimedialer Gestaltungsprinzipien in einer Augmented Reality (AR)-Lernumgebung einen technologischen Fokus auf, welche letztlich weiterhin primär das Hören und Sehen als Modalitäten einbezieht. Zum anderen finden sich demgegenüber bei Schlummer (2024) konkrete empirische Befunde zur Anwendbarkeit des räumlichen Kontiguitätsprinzips auf eine AR-Lernumgebung zu einem realen physikalischen Experiment zur optischen Polarisation, bei dem neben dem Sehen auch gerade die Somatosensorik als Modalität fachlich relevante Informationen vermittelt (Schlummer et al., 2023). Die Studien-

ergebnisse von Schlummer (2024) zu beschriebener AR-Lernumgebung mit  $N = 136$  Studierenden der Physik und Geophysik im 4. Semester im Rahmen eines physikalischen Laborpraktikums weisen insgesamt für die Bedingung hoher räumlicher Kontiguität – im Gegensatz zu klassischen Befunden (Schroeder & Cenkci, 2018) – keine Vorteile hinsichtlich des Lernerfolgs oder der kognitiven Belastung aus. Jedoch zeigt sich als differenzieller Effekt, dass die extrinsische kognitive Belastung bei besonders komplexen Aufgaben oder allgemein für Lernende mit geringeren experimentellen Fähigkeiten in der Bedingung hoher räumlicher Kontiguität signifikant reduziert werden kann. Dieser Befund erscheint konsistent mit entsprechenden Hypothesen zu notwendigen Bedingungen des Auftretens von Kontiguitätseffekten (Schroeder & Cenkci, 2018) sowie der fähigkeitsabhängigen Wirksamkeit von Gestaltungsprinzipien (Kalyuga, 2007).

### **Zielsetzung, Forschungsfrage und Methode**

Die Studie von Schlummer (2024) bietet bereits Hinweise hinsichtlich der möglichen Relevanz der kognitiven (fachbezogenen und allgemeinen) Fähigkeiten von Lernenden für räumliche Kontiguitätseffekte. Als weiterführendes Indiz soll in dieser Studie eine aufgrund ihrer Fähigkeiten bewusst ausgewählte Gruppe als Stichprobe dienen. Dafür wird die Lernumgebung der Studie von Schlummer (2024) bestehend aus einem um AR erweiterten realen Experiment zur optischen Polarisation adaptiert. Die vorliegende Studie untersucht die Wirksamkeit der skizzierten Lernumgebung in geringer bzw. hoher räumlicher Kontiguität (unabhängige Variable) bzgl. des Lernerfolgs und extrinsischer kognitiver Belastung (abhängige Variablen) für  $N = 47$  begabte Schülerinnen und Schüler der Oberstufe im Rahmen einer außerschulischen Lernveranstaltung der Deutschen Schülerakademie („Quantenakademie“). Dieser Gruppe kann im Vergleich zu Studierenden der Physik und Geophysik im 4. Semester in diesem Zusammenhang eine geringere Expertise zugewiesen werden.

Diese Daten dienen zur Beantwortung folgender Forschungsfrage: *Wie unterscheiden sich der Lernerfolg und die extrinsische kognitive Belastung in einem um AR erweiterten physikalischen Experiment hinsichtlich räumlicher Kontiguität für Novizinnen und Novizen?*

Die Studie umfasst einen Fragebogen als Prätest (demographische Daten, Vorwissen der Lernenden – 15 Multiple Choice Items, Eigenentwicklung), eine ca. 30-minütige Intervention mit dem AR-erweiterten Experiment in Begleitung zweier Kurzfragebögen (kognitive Belastung – 8 Rating Items, Klepsch et al., 2017; situationales Interesse – 1 Rating Item, Eigenentwicklung; Time on Task – Eigenentwicklung) jeweils nach den beiden Aufgabenteilen der Lerneinheit sowie einem Fragebogen als Posttest (Fach- und Transferwissen zu optischer Polarisation – 15 Multiple Choice Items, Eigenentwicklung).

Dem Studiendesign folgend werden Gruppenunterschiede im Fach- und Transferwissen der Lernenden kontrolliert für das Vorwissen der Lernenden (Kovariate) mittels einer einfaktorischen ANCOVA ermittelt. Analog werden Gruppenunterschiede im Verlauf der extrinsischen kognitiven Belastung über zwei Messzeitpunkte (zwei Aufgabenteile) kontrolliert für die intrinsische kognitive Belastung der Lernenden (Kovariate) mittels einer Mixed ANCOVA bestimmt.

### **Ergebnisse & Diskussion**

Die Ergebnisse zeigen, dass sich das Fach- und Transferwissen bei Lernenden in der Lernumgebung mit hoher räumlicher Kontiguität ( $N = 22$ ,  $M = 0.77$ ,  $SD = 0.16$ ) nicht von Lernenden in einer Lernumgebung mit geringer räumlicher Kontiguität ( $N = 25$ ,  $M = 0.83$ ,  $SD = 0.22$ ), kontrolliert für das Vorwissen der Lernenden, unterscheidet ( $F(1,44) = 0.61$ ,  $p = .441$ ,

$d = 0.23$ ). Dies ermöglicht die Folgerung, dass im Vergleich zur Studie von Schlummer (2024) auch für Lernende als Novizinnen und Novizen für die untersuchte Lernumgebung kein räumlicher Kontiguitätseffekt mit Blick auf den Lernerfolg beobachtet werden kann. Aufgrund der gegebenen Stichprobengröße lassen sich jedoch nur starke Effekte über  $d = 0.85$  nachweisen. Da jedoch nach z.B. Schroeder und Cenkci (2018) eher mittlere Effekte ( $g = 0.63$ ) zu erwarten sind, erscheint die Erhebung weiterer Daten notwendig.

Hinsichtlich der extrinsischen kognitiven Belastung der Lernenden zeigen die Ergebnisse, dass sich ebenfalls kein Unterschied zwischen der Lernumgebung mit hoher bzw. geringer räumlicher Kontiguität, kontrolliert für die intrinsische kognitive Belastung der Lernenden insgesamt, ausbildet ( $F(1,44) = 0.38, p = .551, d = 0.19$ ). Die Ergebnisse deuten analog zu den Befunden für den Lernerfolg an, dass bzgl. der Studie von Schlummer (2024) auch für Lernende mit Novizenstatus in skizzierter Lernumgebung kein räumlicher Kontiguitätseffekt mit Blick auf die extrinsische kognitive Belastung identifiziert werden kann. Aufgrund der gegebenen Stichprobengröße lassen sich jedoch auch hier Einschränkungen feststellen, da nur starke Effekte über  $d = 0.43$  nachgewiesen werden könnten.

Die Befunde erweitern somit das noch in der Entstehung befindliche Forschungsfeld zur Analyse von multimedialen Gestaltungsprinzipien in (naturwissenschaftlichen) Lernumgebungen unter Einbezug realer Experimente und Phänomene. Analog zu Ergebnissen von Schlummer (2024) zeigen sich auch in den vorliegenden Daten keine räumlichen Kontiguitätseffekte für Lernerfolg oder extrinsische kognitive Belastung.

### **Ausblick**

Die vorliegenden Befunde stützen insgesamt die Hypothese, dass multimediale Gestaltungsprinzipien, deren theoretischer Ursprung und empirische Nachweise insbesondere Text und Bild als Repräsentationen sowie Hören und Sehen als Modalitäten einbeziehen, nicht zwangsläufig auf Lernumgebungen angewendet werden können, die vielfältigere Repräsentationen oder Modalitäten erfordern. Aufgrund der geringen Stichprobengröße der vorliegenden Studie und des singulären Anwendungsbeispiels der Intervention erscheinen jedoch weitere Studien mit unterschiedlichen Stichproben sowie verschiedenartigen Interventionen notwendig, um entsprechende Fragestellungen belastbar beantworten zu können. Die Bedeutung von Experimenten für das Lernen in den Naturwissenschaften als zentralem Element „multimedialen“ Lernens lassen weitere Studien zu vergleichbaren Fragestellungen jedoch umso relevanter erscheinen.

## Literatur

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2–3), 131–152.
- Çeken, B., & Taşkın, N. (2022). Multimedia learning principles in different learning environments: A systematic review. *Smart Learning Environments*, 9(1), 19.
- Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and instruction*, 15(4), 313-331.
- Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational psychology review*, 19, 509-539.
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Frontiers in psychology*, 8, 1997.
- Krüger, J. M., & Bodemer, D. (2022). Application and investigation of multimedia design principles in augmented reality learning environments. *Information*, 13(2), 74.
- Mayer, R. E., & Fiorella, L. (Eds.). (2021). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review*, 19, 309.
- Müller, S. M., Winkelmann, C., & Grunwald, M. (2022) *Lehrbuch Haptik: Grundlagen und Anwendung in Therapie, Pflege und Medizin*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Harris, N. R., Sanders, T., Parker, P., del Pozo Cruz, B., & Lonsdale, C. (2022). Multimedia Design for Learning: An Overview of Reviews With Meta-Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 92(3), 413-454.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and instruction*, 13(2), 141-156.
- Schroeder, N. L., & Ceneci, A. T. (2018). Spatial contiguity and spatial split-attention effects in multimedia learning environments: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30, 679-701.
- Schlummer, P. (2024). *Hands-On Multimedia Learning. Assessing the Potentials of Mixed Reality Optics-Experiments*. (Dissertationsschrift). Universität Münster.
- Schlummer, P., Abazi, A., Borkamp, R., Lauströer, J., Schulz-Schaeffer, R., Schuck, C., Pernice, W., Heusler, S. & Laumann, D. (2023). Seeing the unseen—enhancing and evaluating undergraduate polarization experiments with interactive Mixed-Reality technology. *European Journal of Physics*, 44(6), 065701.
- Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Camberwell, Australia: ACER Press.
- Treede, R. D., & Baumgärtner, U. (2019). Das somatosensorische System. In R. Brandes, F. Lang, R. F. Schmidt (Eds.), *Physiologie des Menschen*, Berlin, Heidelberg: Springer, 644-665.