

## **Mission Magnet: Barrierefreies, inklusives Experimentieren**

Die naturwissenschaftliche Kompetenz ist die "Fähigkeit, naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erkennen, Phänomene wissenschaftlich zu erklären und wissenschaftliche Erkenntnisse zu nutzen, um Schlussfolgerungen zu ziehen"(OECD, 2016). Diese Kompetenz ist eine wichtige Voraussetzung für unsere Teilhabe an der Gesellschaft (KMK, 2005). In der Schule kann sie durch Lernumgebungen gefördert werden, in denen Schüler\*innen selbständig arbeiten und auch experimentieren. (KMK, 2005).

Die UN-Behindertenrechtskonvention (UN, 2006) verlangt gleiche Teilhabe für alle, einschließlich der Barrierefreiheit in Bezug auf physische Umgebung, Verkehr, Information und Kommunikation (Artikel 9). Daher bedarf es für den Unterricht inklusive Lernumgebungen, die Lernenden unabhängig von ihren individuellen Voraussetzungen z. B. den Zugang zum Experimentieren ermöglichen. Zum inklusiven Experimentieren werden klare, barrierefreie Anleitungen benötigt. Bei der Konzeption solcher Anleitungen kann das Universelle Design of Learning (CAST, 1997) hilfreich sein, da es darauf abzielt, Produkte und Umgebungen barrierefrei nutzen zu können.

Auch aus dem Konzept *Science for all* (Stinken-Rösner et al., 2020), welches auf verschiedene Lernbarrieren hinweist und individuelle Lernumgebungen je nach den Lernervoraussetzungen fordert, wird die Notwendigkeit für die Unterstützung inklusiven Experimentieren deutlich. Deshalb sollten Experimentierumgebungen so gestaltet werden, dass physische, kognitive, sprachliche, soziale oder andere Barrieren beseitigt werden, um Zugang und Teilnahme für alle zu gewährleisten.

Ferner sollten naturwissenschaftliche Lernumgebungen keine Stereotypen fördern (Brotman & Moore, 2008), da Geschlechterunterschiede die Selbstkonzepte und Interessen von Mädchen und Jungen in diesen Fächern beeinflussen. Mädchen haben oft ein geringeres naturwissenschaftliches Selbstkonzept (Hoffmann, 2002; Brotman & Moore, 2008; OECD, 2016).

Die Forschungsfrage des hier vorgestellten Projekts lautet: Wie sollten digitale, barrierefreie Experimentieranleitungen im Physikunterricht gestaltet sein? Barrierefreie Lernumgebungen können sich positiv auf die Lernmotivation, im Sinne der Selbstbestimmung (Deci & Ryan, 1985), auswirken, die Motivation hat wiederum einen positiven Einfluss auf das Fähigkeits-selbstkonzept (FSK, Shavelson et al., 1976) und das gestärkte FSK kann positive Lernerfolge der Schüler\*innen bewirken. Um diese Hypothesen zu überprüfen, wurden folgende Schritte unternommen: Das "Freiburger Modell" wurde als theoretisches Konzept für inklusiven Physikunterricht entwickelt (Oettle et al., 2021). Ein Instrument zur Bewertung der Barrierefreiheit von Experimentieranleitungen wurde konzipiert und validiert (Graichen et al., i.Vorb.). Ein Prototyp für eine digitale, barrierefreie Experimentierumgebung wurde erstellt.

### **Die Lernumgebung „Mission Magnet“**

In Bezug auf die Barrierefreiheit orientiert sich die Lernumgebung am Konzept *Science for all* (Stinken-Rösner et al., 2020) und dem NinU-Raster (siehe vorher). Im NinU-Raster berücksichtigt man drei Bausteine der inklusiven Pädagogik. Diversität wird anerkannt durch Alltagsbezüge, die die Interessen von Jungen und Mädchen berücksichtigen und historisch

kontroverse Themen ansprechen. Um erkannten Barrieren zu begegnen, wurde bei der Erstellung der Lernumgebung auf eine strukturierte Anleitung mit einem didaktisch gut aufbereiteten Inhalt, mit Videos und praktischen Experimenten gesetzt, bei denen sich alle Schüler\*innen beteiligen können. Magnetismus wird behandelt, die historische Entwicklung gezeigt und zwei praktische Experimente mit Alltagsgegenständen durchgeführt. Der Forschungskreislauf wird eingeführt, um die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu fördern.

Die Lernumgebung wurde in einem comic-basierten Storytelling-Ansatz umgesetzt. Storytelling erleichtert den Abruf und die Erinnerung (Kromka & Goodboy, 2019) und ermöglicht eine Betonung der Geschichte, also Themenentwicklung, (Laçin-Şimşek, 2019). Comics können die Motivation steigern und den Lernprozess verbessern (Jee & Anggoro, 2012). Die Text-Bild-Kombinationen im Comic kommen den visuellen Denkfähigkeiten der Schüler\*innen entgegen, einschließlich derer mit Autismus-Spektrum-Störungen (Schirmer, 2019). Darüber hinaus reduziert eine geeignete Text-Bild-Kombination die kognitive Belastung. Auch können weitere belastungsreduzierende Aspekte wie Segmentierung, Signalisierung, Individualisierung oder die Berücksichtigung des räumlichen Vorstellungsvermögens der Schüler\*innen einbezogen werden (Mayer, 2010). Gleichzeitig berücksichtigen wir das *emotional Design* (Graesser & D'Mello, 2012, Fiedler & Beier, 2014), da positive Emotionen das Lernergebnis fördern (Pekrun et al., 2002). So wurden z. B. die pädagogischen Agenten entsprechend gestaltet und evaluiert (Graichen et al., 2022).

Die so entstandene Lernumgebung, entwickelt für die Klassen 5 und 6, ist barrierefrei und frei von Stereotypen. Schüler\*innen verwenden iPads, um sich selbstständig durch comicbasierte Einführungen in die Grundlagen des Magnetismus und die historische Entwicklung zu arbeiten. Sie führen zwei praktische Experimente entlang des Forschungskreislaufs durch und erhalten eine Zusammenfassung mit Alltagsbezug. Abschließend können sie einen individuellen Zusammenfassungsbogen drucken. Die Gesamtarbeitszeit beträgt etwa 30-45 Minuten.

### Pilotierung der Lernumgebung

An der Pilotierung der Lernumgebung nahmen 72 Schüler\*innen, davon 46,5% weiblich, mit einer einmaligen Befragung teil (Alter:  $M=11,9$ ,  $SD=2,57$ ; 32,4% Klasse 5). Die Schüler\*innen bearbeiteten die Lernumgebung (ebd.) und beantworteten Fragen zur Selbsteinschätzung (Comic: Interesse / Kompetenz, *Cognitive Load*, Barrierefreiheit der Anleitungen).

Tabelle 1. Deskriptive Werte, *t*-Test Ergebnisse (Geschlecht), Korrelationen und Reliabilität der Skalen

	Mädchen		Jungen		<i>t</i> -test (Mädchen vs. Jungen)			<i>Korr</i>	Reliabilität	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	$ d $		<i>r</i>	$I$
Barrierefreiheit										
1 Handlung	5.16	0.81	5.01	0.90	-0.71	0.241	0.17	<b>.498</b>	8	.90
1 Sprache	5.29	0.87	5.32	0.81	0.17	0.432	0.04	<b>.300</b>	8	.94
1 Sehen	<b>5.24</b>	<b>0.88</b>	<b>4.74</b>	<b>0.98</b>	<b>-2.16</b>	<b>0.018</b>	<b>0.53</b>	<b>.422</b>	4	.70
2 Handlung	5.41	0.66	5.30	0.77	-0.63	0.265	0.16	<b>.502</b>	4	.78
2 Sprache	5.38	0.77	5.41	0.66	-1.27	0.104	0.31	<b>.398</b>	3	.71
2 Sehen	5.42	0.74	5.37	0.86	-0.26	0.400	0.06	<b>.421</b>	3	.73
Comic										
<b>Interesse</b>	<b>5.12</b>	<b>0.90</b>	<b>4.47</b>	<b>1.37</b>	<b>-2.26</b>	<b>0.014</b>	<b>0.56</b>		3	.89
<b>Kompetenz</b>	<b>5.34</b>	<b>0.54</b>	<b>4.99</b>	<b>0.76</b>	<b>-2.18</b>	<b>0.017</b>	<b>0.54</b>		3	.80
<i>Cognitive Load</i>	4.74	0.76	4.56	0.68	-1.04	0.152	0.26		7	.80
Wissen	10.05	3.12	9.23	2.85	-1.06	.146	0.27		7	.58

Anmerkungen. Barrierefreiheit: 1 = überhaupt nicht zugänglich, 6 = sehr zugänglich. Comic-Skalen: 1 = ich habe nichts gelernt oder der Comic hat mir überhaupt nicht gefallen, 6 = ich habe sehr viel gelernt oder der Comic hat mir sehr gut gefallen. Skalen für die kognitive Belastung: 1 = sehr hohe Belastung, 6 = sehr geringe Belastung. Wissen: Erreichte Punktzahl auf einer Skala von maximal 25. 1 = Experiment1, 2 = Experiment2

*t*-Tests: *p*-Werte sind einseitig, alle *df*=64, *df* Wissen = 59. Fett gedruckt: *p* < .05. *|d|* = Cohens' *d*.  
 Korrelation: Barrierefreiheitsdimensionen x *Cognitive Load*, alle *N*=70 und *p* < .001.  
 Skalen-Reliabilität. Reliabilität: *I* = Item-Anzahl,  $\Omega$  = McDonald  $\Omega$

Zunächst untersuchten wir die verwendeten Skalen auf interne Konsistenz (Tabelle 1). Die meisten wiesen eine akzeptable bis ausgezeichnete Reliabilität auf.

Hier werden die Ergebnisse bzgl. der Vermeidung von Stereotypen präsentiert und dazu geschlechtsspezifische Unterschiede in den Blick genommen. Die Analysen zeigten signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen hinsichtlich des Comic-Interesses, der Comic-Kompetenz und der Wahrnehmung der Zugänglichkeit (Dimension: Sprache) in Experiment 1 (E1), wobei die Mädchen bevorzugt wurden. Hinsichtlich der kognitiven Belastung und aller anderen Zugänglichkeitsskalen fanden wir keine Geschlechtsunterschiede.

Die Korrelationen der Dimensionen der Barrierefreiheit mit der wahrgenommenen kognitiven Belastung (*Cognitive Load*), zeigten jeweils hohe Signifikanzen (alle: *p* < .001).

Darüber hinaus führten wir ANOVAs mit wiederholten Messungen (E1 vs. E2) durch, eine für jede Barrierefreiheitsdimension und das Geschlecht als Zwischenfaktor. Die Ergebnisse zeigen (Tabelle 2) signifikante Effekte für den Wiederholungsfaktor, was darauf hindeutet, dass geschlechtsunabhängig Experiment 2 als zugänglicher wahrgenommen wurde.

Tabelle 2: Ergebnisse der MANOVAs der drei Dimensionen der Barrierefreiheit

Dimen- sion	Experiment (E1 vs. E2)			Geschlecht			Interaktion		
	<i>F</i> (1,64)	<i>p</i>	$\eta^2$	<i>F</i> (1,64)	<i>p</i>	$\eta^2$	<i>F</i> (1,64)	<i>p</i>	$\eta^2$
Handlung	<b>17.199</b>	< . <b>001</b>	<b>.21</b>	0.08	.789	.21	2.91	.093	.04
Sprache	<b>4,92</b>	<b>0.030</b>	<b>.07</b>	0.71	.404	.01	2.59	.112	.04
Sehen	<b>22,79</b>	< . <b>001</b>	<b>.26</b>	0.115	.115	.04	<b>6.35</b>	<b>.014</b>	<b>.09</b>

## Diskussion und Ausblick

Wir entwickelten und pilotierten eine theoriegeleitete Lernumgebung, um Einblicke in eine Online-Lernumgebung im Comic-Stil zur Förderung der naturwissenschaftlichen Kompetenz, insbesondere des Experimentierens für alle Schüler\*innen, unter Berücksichtigung von Zugänglichkeit und Stereotypfreiheit zu gewinnen. Die Ergebnisse der Pilotierung sind hierbei vielversprechend. Offen bleibt aktuell, ob der angenommene Zusammenhang zwischen der barrierefreien Lernumgebung und einem positiven Lernzuwachs auch nachgewiesen werden kann.

Bisher kann es als positiv angesehen werden, dass Mädchen die Anleitungen im Comic-Stil motivierender fanden als Jungen, da dies eine Möglichkeit darstellen könnte, die Motivation von Mädchen für naturwissenschaftliche Themen zu fördern. Außerdem deuten die Ergebnisse darauf hin, dass E2 als zugänglicher empfunden wurde als E1. Dies könnte entweder auf Trainingseffekte aufgrund des wiederholten Versuchsprozesses (Greene, 2008; Wiggins et al., 2021) oder darauf zurückzuführen sein, dass die Euro-Münzen in E2 von den Schüler\*innen vertrauter sind. Unabhängig davon, deuten die deskriptiven Werte der Barrierefreiheitsdimensionen und der *Cognitive Load* auf eine hohe Zugänglichkeit beider Experimente (E1 und E2) hin, durch die Korrelationen von Barrierefreiheit und *Cognitive Load* konnten diese Ergebnisse bestätigt werden.

Diese Ergebnisse unterstreichen, dass naturwissenschaftliche Thematiken durch zugängliche Online-Lernumgebungen effektiv unterstützt und motivierend vermittelt werden können. Online-Lernumgebungen sind somit ein Instrument, um grundlegende naturwissenschaftliche Konzepte so einzuführen, dass SchülerInnen selbständig experimentieren können.

## Literatur

- Brotman, J. S., & Moore, F. M. (2008). Girls and science: A review of four themes in the science education literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 971–1002.
- CAST. (2018). Universal Design for Learning Guidelines Version 2.2. <http://udlguidelines.cast.org>
- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Springer New York, NY.
- Fiedler, K., & Beier, S. (2015). Affect and cognitive processes in educational contexts. In *International Handbook of Emotions in Education* (Bd. 698, S. 36–55). Routledge.
- Graesser, A. C., & D’Mello, S. (2012). Emotions during the learning of difficult material. In B. H. Ross (Hrsg.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Bd. 57, S. 183–225). Elsevier.
- Graichen, M., Jungbluth, T. & Mikelskis-Seifert, S. (2023). Pädagogische Agenten für digital unterstütztes Experimentieren mit Comics. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt* (S. 290-293). Nürnberg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP).
- Graichen, M., Oettle, M., Mikelskis-Seifert, S., Rollet, W., & Scharenberg, K. (in preparation). Evaluating the Accessibility of Experimental Instructions in Inclusive Science Classrooms – Developing and Validating a Measurement Instrument.
- Greene, R. L. (2008). Repetition and Spacing Effects. In J. H. Byrne (Ed.), *Learning and memory: A comprehensive reference. Cognitive Psychology of Memory*. (1st ed, Vol. 2, pp. 65–78). Elsevier.
- Hoffmann, L. (2002). Promoting girls’ interest and achievement in physics classes for beginners. *Learning and Instruction*, 12(4), 447–465. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00010-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00010-X)
- Jee, B. D., & Anggoro, F. K. (2012). Comic Cognition: Exploring the Potential Cognitive Impacts of Science Comics. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 11(2), 196–208.
- KMK. Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. Luchterhand.
- Kromka, S. M., & Goodboy, A. K. (2019). Classroom storytelling: Using instructor narratives to increase student recall, affect, and attention. *Communication Education*, 68(1), 20–43.
- Laçin-Şimşek, C. (2019). What Can Stories on History of Science Give to Students? Thoughts of Science Teachers Candidates. *International Journal of Instruction*, 12(1), 99–112.
- Mayer, R. E. (2010). Techniques that reduce extraneous cognitive load and manage intrinsic cognitive load during multimedia learning (R. Moreno, Ed.). In J. L. Plass, R. Moreno, & R. Brünken (Eds.), *Cognitive load theory* (pp. 131–152). Cambridge University Press.
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development] (Ed.). (2016). PISA 2015 results. OECD.
- Oettle, M., Mikelskis-Seifert, S., Scharenberg, K., & Rollet, W. (2021). Das Freiburger Modell der kontextorientierten Gestaltung von Lernumgebungen für den inklusiven Physikunterricht. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion: 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 118–132). Beltz Juventa.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students’ self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37(2), 91–105.
- Schirmer, B. (2019). Nur dabei zu sein reicht nicht: Lernen im inklusiven schulischen Setting [Just being there is not enough: learning in an inclusive school setting] (V. Bernard-Opitz, Ed.; 1. Auflage). Verlag W. Kohlhammer.
- Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. *Review of Educational Research*, 46(3), 407–441.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*, 3, 30.
- United Nations (2008). Convention on the Rights of Persons with Disabilities, A/RES/61/106 (2008).
- Wiggins, B. L., Sefi-Cyr, H., Lily, L. S., & Dahlberg, C. L. (2021). Repetition Is Important to Students and Their Understanding during Laboratory Courses That Include Research. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 22(2), e00158-21.