

Martina Graichen¹
Silke Mikelskis-Seifert¹
Michaela Oettle¹
Katja Scharenberg¹
Wolfram Rollett¹

¹Pädagogische Hochschule Freiburg

Adaptive Gestaltung von Experimentierinstruktionen für heterogene Klassen¹

Eine Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe ist die wissenschaftliche Kompetenz (*scientific literacy*), welche in Lernsettings z.B. über ein selbstständiges Experimentieren gefördert werden kann (KMK, 2005). Somit können schulische Experimentierumgebungen die naturwissenschaftliche Grundbildung unterstützen und dadurch zur sozialen Teilhabe beitragen. Damit naturwissenschaftliches Experimentieren, insbesondere in der Physik, erfolgreich wird und alle Schüler*innen am Experimentierprozess partizipieren können, spielt die Reduzierung von Lernbarrieren - wie physische, kognitive, affektive, sprachliche, soziale usw. – eine wichtige Rolle. Ziel ist, den Zugang und die Teilnahme am naturwissenschaftlichen Experimentieren für alle Schüler*innen unabhängig von ihren individuellen Lernvoraussetzungen sicherzustellen (Stinken-Rösner et al., 2020). Die Forderung nach Barrierefreiheit (Land Baden-Württemberg, 2015; United Nations, 2008) muss insbesondere in den Experimentieranleitungen umgesetzt sein, da diese die notwendigen Informationen zur Planung und Durchführung der Experimente liefern.

Bislang liegen jedoch speziell für die Physik keine belastbaren Erkenntnisse vor, was guten inklusiven Unterricht auszeichnet und nach welchem didaktischen Modell er sich beschreiben, konstruieren sowie empirisch bewerten lässt. Deshalb leiteten wir im Kontext fachdidaktischer Betrachtungen von inklusivem Unterricht z. B. in Anlehnung an Booth und Ainscow (2003) Bedingungen für bzw. Merkmale von Unterrichtskonzepten ab, die für inklusive Lerngruppen geeignet sind (siehe zum Beispiel Textor, 2018). Daraus definierten Oettle et al. (2021) drei Kernmerkmale, die didaktische Modelle zur Gestaltung von Physikunterricht für den Einsatz in inklusiven Lerngruppen aufweisen sollten. Auf diesen drei Merkmalen (siehe unten) baut das Freiburger Modell der kontextorientierten Gestaltung von Lernumgebungen für den inklusiven Physikunterricht (Oettle et al., 2021) auf. Das Modell beschreibt, wie sich Lernumgebungen unter Berücksichtigung der besonderen Ziele und Voraussetzungen inklusiver Lernsettings derart adaptiv durch Kontextorientierung gestalten lassen, so dass allen Schüler*innen ein sinnstiftendes und nachhaltiges Lernen ermöglicht wird. Auf dieser Grundlage entstand eine prototypische Experimentierumgebung *INEXdigital*, die wir App-basiert barrierefrei umsetzen.

Kernmerkmale und Bedingungen eines inklusiven NAWI-Unterrichts

1. Gewährleistung eines partizipativen Unterrichts (Partizipation)
2. Planung eines individualisierten Unterrichts (Individualisierung)
3. Berücksichtigung der Perspektive der einzelnen Lernenden (Kontextorientierung)

Partizipation. Durch die Ratifizierung des Übereinkommens der Vereinten Nationen über die Rechte von Menschen mit Behinderung erkannte auch Deutschland das Bildungsrecht von Menschen mit Behinderung an. Dies bedeutet, dass alle Schüler*innen eine

¹Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1818B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

naturwissenschaftliche Grundbildung erhalten sollen, ungeachtet ihrer individuellen Lernvoraussetzungen. Neben steigender struktureller Integration auf der Systemebene durch das gemeinsame Unterrichten von Kindern und Jugendlichen mit und ohne SPF (Sonderpädagogischer Förderbedarf) in inklusiven Regelschulen (Klemm, 2018) scheint jedoch für die soziale Integration der Schüler*innen mit SPF vielfach noch Handlungsbedarf zu bestehen: Verschiedene empirische Studien deuteten diesbezüglich wiederholt auf eine ungünstigere soziale Partizipation von Kindern und Jugendlichen mit SPF im inklusiven Unterricht hin (Huber & Wilbert, 2014; Krull, Johanna et al., 2014): So sind Schüler*innen mit SPF häufiger von sozialer Ausgrenzung und Benachteiligung innerhalb ihres Klassenverbandes betroffen, als Mitschüler*innen ohne SPF. Deshalb sollte die Partizipation aller Schüler*innen ein Ziel der inklusiven didaktischen Unterrichtsplanung sein.

Individualisierung. Um den unterschiedlichen Bedürfnissen der Schüler*innen Rechnung zu tragen, empfiehlt Mand (2009, S. 366) Sozialformen und Handlungsmuster im Unterricht anzuwenden, in denen alle Schüler*innen „auf unterschiedliche Weisen und verschiedenen Niveaus am gleichen Thema arbeiten können“. Dies erfordert eine differenzierte Unterrichtsplanung, wie z. B. der Einsatz von Differenzierungsmatrizen (Sasse & Schulzeck, 2021). Innerhalb einer Differenzierungsmatrix werden sowohl die thematische als auch die kognitive Komplexität berücksichtigt und geordnet.

Kontextorientierung. Die Orientierung an der Lernendenperspektive (Modell der didaktischen Reduktion: Kattmann et al., 1997) ist ein zentrales Prinzip der guten Unterrichtsplanung im Physikunterricht (Mikelskis-Seifert & Duit, 2007). Dadurch wird die Sinnstiftung der fachlichen Inhalte wie auch das nachhaltige Lernen der Schüler*innen in den Blick genommen. Gerade vor dem Hintergrund heterogener Klassenzusammensetzungen durch die Verbreitung von inklusiven Lernsettings wird dieser Aspekt zentral. Gerade hier sollte die Lehrkraft ihren Fokus auf die unterschiedlichen Perspektiven der Lernenden richten und die individuellen Bedürfnisse sowie die fachlichen Inhalte im Blick behalten. Deshalb ist es unerlässlich, dass in einem adaptiven Unterricht die Inhalte und die Methoden an die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen angepasst werden (Wember, 2001) und die Kontextorientierung somit eine Form des adaptiven Unterrichts darstellt, um nachhaltiges Lernen und die Sinnstiftung der fachlichen Inhalte zu ermöglichen.

Freiburger Modell für kontextorientierte Gestaltung von Lernumgebungen

Ausgangspunkt für das Freiburger Modell für die kontextorientierte Gestaltung von Lernumgebungen für den inklusiven NAWI-/Physikunterricht (Oettle et al., 2021) ist das Modell der didaktischen Reduktion (MDR; Kattmann et al., 1997). Dieses wurde für den inklusiven Physikunterricht durch die oben beschriebenen Kernmerkmale erweitert. Somit eignet es sich besonders für die Gestaltung physikalischer Lernumgebungen für inklusive Gruppen.

Kontextorientierte Gestaltung von Experimentierumgebungen

In der Konzeption unserer Experimentierumgebung wird das Konzept des Forschenden Lernens (FL; Bell, 2010) als didaktischen Rahmen und das *Universal Design for Learning* (UDL; CAST, 2018) als Gestaltungsrahmen verwendet. Das Forschende Lernen orientiert sich am Prozess der Erkenntnisgewinnung und beinhaltet eine Vielzahl an Schüler*innenaktivitäten, wie zum Beispiel der Formulierung von Problemstellungen und Vermutungen, der Recherche von Informationen, der Planung und Durchführung des eigentlichen Experiments, aber auch der Interpretation, Präsentation und Diskussion der Ergebnisse. Dabei folgt FL keinem starren Ablauf, sondern ist ein kreativer Prozess, bei dem die Auseinandersetzung mit dem Inhalt im Vordergrund steht (Bell, 2010). Teilkompetenzen

können so unabhängig voneinander gefördert werden und deshalb ist das FL vielversprechend für inklusive Lernsetting. Die individuelle Auswahl und Definition von Zielen und Aktivitäten ermöglicht die Umsetzung von adaptiven Lernumgebungen. Unabhängig von Lernvoraussetzungen oder von strukturellen/soziokulturellen Hintergrundmerkmalen können so alle Schüler*innen partizipieren, da diese Lernumgebungen barrierefrei sind und selbstständiges, aktives Lernen (Eitel et al., 2020) ermöglichen.

Dies wird vom *Universal Design for Learning* unterstützt, da die dargebotene Vielzahl von Wahrnehmungs-, Handhabungs-, und Ausdrucksformen die barrierefreie Zugänglichkeit ermöglicht. So werden die Inhalte und Instruktionen mithilfe von parallel angebotenen unterschiedlichen Darstellungsformen (Text + Bilder, „sprachsensibler“ Text + Bilder, Video, Audiospuren, Untertitelung) bereitgestellt, wobei die Schüler*innen selbst oder ggf. die Lehrkraft selbst die geeignete Darstellungsform auswählt.

Lernförderlich werden die Experimentierumgebungen durch eine systematische Unterstützung der Lernenden auf individueller Ebene, da an die Lernvoraussetzungen angeknüpft wird und das Lernen gemäß eigenen Bedürfnissen, Lernwegen und Tempi stattfindet. Hierdurch können die Experimentierumgebungen eigenverantwortlich genutzt werden, da alle Schüler*innen partizipieren und ihre individuellen Lernziele zur Erkenntnisgewinnung im eigenen Kompetenzbereich verfolgen. Der adaptive Unterricht wird unter anderem durch Binnendifferenzierung verfolgt (Klieme & Warwas, 2020), die auf Scaffolding beruht (dt.: Gerüst; Schnotz, 2005). Beim Scaffolding wird zunächst die Orientierungsgrundlage vollständig bereitgestellt und im Laufe des Lernprozesses schrittweise abgebaut, so dass die Lernenden die Aufgaben immer selbstständiger lösen können. Da das Experimentieren mit den teils interaktiven Teilaufgaben im Bereich des komplexen Problemlösen angesiedelt ist, gibt es weitere instruktionale Unterstützungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel Lösungsbeispiele (Renkl, 2005), gestufte Lernhilfen (Schmidt-Weigand et al., 2008) oder Concept Cartoons (Arnold et al., 2017). Diese instruktionalen Unterstützungsmöglichkeiten sind weitere Elemente der adaptiven Gestaltung.

Konzept der App INEXdigital

Ziel der prototypischen Konzeption der als App umgesetzten Experimentierumgebung ist es, die Teilfähigkeiten der Erkenntnisgewinnung zu fördern. Dabei bietet die App die Möglichkeit digitale Instruktionen und interaktive Aufgaben zur Begleitung aller Phasen des eigenständigen Experimentierens (Hands-On) individuell zu unterstützen. Durch die kontextorientierte Gestaltung mithilfe von gestuften Lernhilfen bei den Aufgaben sowie verschiedenen Darstellungsformen von Inhalt und Instruktion ist es möglich, auf die heterogenen Voraussetzungen der Schüler*innen einzugehen und diese nach ihren eigenen Bedürfnissen zu unterstützen. Die lernbarrierefreien Instruktionen zum Experimentieren ermöglichen so selbstständiges, forschendes Lernen, das ohne fremde Hilfe stattfindet, da nicht nur die Informationen zugänglich sind, sondern somit auch die Zugänglichkeit zu den verschiedenen Experimentiertätigkeiten gewährleistet ist. Die Umsetzung der Barrierefreiheit erfolgt durch das *UDL*, da gleichzeitig unterschiedliche Repräsentationsformen angeboten werden und es verschiedene Optionen für Wahrnehmen, Sprache und Symbole sowie Verständnis gibt. Durch individuelles Scaffolding bewegen sich zudem alle Schüler*innen im Bereich der kalkulierten Herausforderung (Leisen, 2019), sodass Lernen stattfinden kann.

Die lernbarrierefreie, digitale Experimentierumgebung wurde in Zusammenarbeit mit Lehrkräften an Inklusionsschulen entwickelt, erprobt und optimiert. Des Weiteren wurde mit dem Ziel einer Verbesserung der Experimentierumgebung in einer Lehrfortbildung vorgestellt und in einem Interview besprochen. Zusammenfassend kann eine große Akzeptanz der Lehrkräfte für die lernbarrierefreie, digitale Experimentierumgebung festgestellt werden.

Literatur

- Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen: Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Lernunterstützungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>
- Bell, T. (2010). *Piko-Brief Nr. 11. Forschendes Lernen*. <https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf>
- Booth, T., & Ainscow, M. (2003). *Index für Inklusion. Lernen und Teilhabe in der Schule der Vielfalt entwickeln* ((Übers., bearb. u. hrsg. von Ines Boban und Andreas Hinz). Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines Version 2.2*. <http://udlguidelines.cast.org>
- Eitel, A., Endres, T., & Renkl, A. (2020). Self-management as a Bridge Between Cognitive Load and Self-regulated Learning: The Illustrative Case of Seductive Details. *Educational Psychology Review*, 32(4), 1073–1087. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09559-5>
- Huber, C., & Wilbert, J. (2014). *Soziale Ausgrenzung von Schülern mit sonderpädagogischem Förderbedarf und niedrigen Schulleistungen im gemeinsamen Unterricht*. <https://doi.org/10.25656/01:9296>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion—Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Klemm, K. (2018). *Unterwegs zur inklusiven Schule: Lagebericht 2018 aus bildungsstatistischer Perspektive*. Bertelsmann Stiftung. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/doi/10.11586/2018050>
- Klieme, E., & Warwas, J. (2020). *Konzepte der Individuellen Förderung*. <https://doi.org/10.25656/01:8782>
- 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.
- Krull, Johanna, Wilbert, Jürgen, & Hennemann, Thomas. (2014). *Soziale Ausgrenzung von Erstklässlerinnen und Erstklässlern mit sonderpädagogischem Förderbedarf im Gemeinsamen Unterricht*. <https://doi.org/10.25656/01:9245>
- Land Baden-Württemberg (2005). Landesgesetz zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen (Landes-Behindertengleichstellungsgesetz—L-BGG) Vom 17. Dezember 2014. (2015). <https://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=BehGleichStG+BW&psml=bsbawueprod.psml&max=true&ai z=true#jlr-BehGleichStGBW2014rahmen>
- Leisen, J. (2019). Das Prinzip der „kalkulierten Herausforderung“. Kompetenzorientiert unterrichten. *schulmagazin5-10*, 5, 10–13.
- Mand, J. (2009). Zur Integration von Kindern und Jugendlichen mit sogenannter Lernbehinderung. In H. Eberwein & S. Knauer (Hrsg.), *Handbuch Integrationspädagogik: Kinder mit und ohne Beeinträchtigung lernen gemeinsam* (7., durchges. und neu ausgestattete Aufl., S. 360–369). Beltz.
- Mikelskis-Seifert, S., & Duit, R. (2007). Physik im Kontext. Innovative Unterrichtsansätze für den Schulalltag. *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht (MNU)*, 60(5), 265–273.
- 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.
- Renkl, A. (2005). The Worked-Out Examples Principle in Multimedia Learning. In R. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (1. Aufl., S. 229–246). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.016>
- Sasse, A., & Schulzeck, U. (Hrsg.). (2021). *Inklusiven Unterricht planen, gestalten und reflektieren: Die Differenzierungsmatrix in Theorie und Praxis*. Verlag Julius Klinkhardt.
- Schmidt-Weigand, F., Franke-Braun, G., & Hänze, M. (2008). Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? Eine Studie zur kooperativen Bearbeitung von Aufgaben in den Naturwissenschaften. *Unterrichtswissenschaft*, 36, 365–384.
- Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 49–69). Cambridge University Press.
- 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. <https://doi.org/10.23770/rt1831>
- Textor, A. (2018). *Einführung in die Inklusionspädagogik* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage). Verlag Julius Klinkhardt.
- United Nations (2008). Convention on the Rights of Persons with Disabilities, A/RES/61/106 (2008).
- Wember, F. B. (2001). *Adaptiver Unterricht*. 31(3), 161–181.