

Schülerexperimente im inklusiven Physikunterricht

Laura Sührig*, Katja Hartig⁺, Roger Erb*, Holger Horz⁺, Albert Teichrew*, Mark Ullrich⁺,
Jan Winkelmann*

*Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt,

⁺Institut für Psychologie - Pädagogische Psychologie, Goethe-Universität Frankfurt

suehrig@physik.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Auch 11 Jahre nach der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention mangelt es an Unterrichtskonzepten insbesondere für den inklusiven Physikunterricht. Experimente werden als das wichtigste Medium des Physikunterrichts angesehen. Das Projekt „Fortbildung zum inklusiven Experimentieren im Physikunterricht“ (FINEX) möchte beides verbinden und hat ein theoriebasiertes Unterrichtskonzept für inklusive Schülerexperimente entwickelt. Herzstück dieses Konzeptes ist eine Stationenarbeit, welche fünf handlungsorientierte Zugänge zu einem physikalischen Kontext bietet. An den Stationen sollen Schüler*innen selbstgesteuert multimediale Experimente durchführen. Anhand eines Beispiels aus der geometrischen Optik wird dieses Unterrichtskonzept illustriert. Das begleitende Arbeitsmaterial dient als Grundlage für eine für 2021 geplante Lehrkräftefortbildung.

1. Einleitung

Seit 2009 ist die UN-Behindertenrechtskonvention in Deutschland ratifiziert, dennoch mangelt es bisher an Unterrichtskonzepten und Materialien für den inklusiven Naturwissenschaftsunterricht. Insbesondere das Fach Physik steht außerhalb des Fokus für inklusive oder sonderpädagogische Unterrichtsplanung (u.a. Bolte & Behrens, 2004). Um diese Lücke zu schließen, bedarf es neuer Konzepte für die Gestaltung eines inklusiven Physikunterrichts, die auf die Spezifika des Faches eingehen.

Innerhalb des Physikunterrichts wird das Experiment als das wichtigste Medium angesehen. Schülerexperimente mit verschiedenem Öffnungsgrad sind dabei als Gelegenheit zu konkretem physikalischem Arbeiten und dem Sammeln eigener Erfahrungen etabliert (Kircher et al., 2010).

Im Rahmen des Projektes „Fortbildung zum inklusiven Experimentieren im Physikunterricht“ (FINEX) soll eine Fortbildungsmaßnahme für Lehrkräfte zum inklusiven Experimentieren im Physikunterricht entwickelt und in einer Interventionsstudie evaluiert werden.

2. Unterrichtskonzept

Basierend auf Gelingensbedingungen für die Experimentierphase in inklusiven Lernumgebungen wie differenzierte und strukturierte Materialien (Groß, 2013; Hoffmann & Menthe, 2016; Sührig & Erb, 2019) und einem Wechsel von Kooperation und Instruktion (Fühner & Heinicke, 2019; Michna & Melle, 2016; Rott & Marohn, 2016) wird ein Unterrichtskonzept für inklusive problemorientierte Schülerexperimente im Themengebiet der Anfangsoptik vorgestellt. Die Unterrichtseinheit ist im klassischen

Dreischritt aus Einführung, Erarbeitung und Ergebnissicherung entworfen (Abb. 1).



Abb.1: (Geplanter) Ablauf der Unterrichtseinheit

Herzstück des Unterrichtskonzeptes ist eine Stationenarbeit mit Schülerexperimenten. Diese wird durch eine lehrkraftzentrierte Instruktionsphase eingeleitet, die zum einen in den Kontext, der in den Experimentierstationen weiter untersucht werden soll, motivierend einführt und zum anderen die fünf Stationen vorstellt. Die Einführung des Kontextes kann zum Beispiel durch ein verblüffendes Demonstrationsexperiment erfolgen. Dabei sind insbesondere die Hinweise des NinU-Netzwerkes zur Auswahl geeigneter Kontexte sowie der Einfluss von Kontextmerkmalen auf das Schüler*inneninteresse (van Vorst et al., 2013, 2015) zu beachten. Anschließend an die Einführung des Kontextes können Präkonzepte der Lernenden im Plenum gesammelt werden, um in der letzten Phase darauf zurückzugreifen. Die Vorstellung der Stationen soll Transparenz und Klarheit für die Schüler*innen schaffen, indem die Lehrperson die Stationen mit der gesamten Klasse bespricht und verdeut-

licht, was die Schüler*innen an diesen erwarten können.

In der Stationenarbeit können die Schüler*innen durch fünf verschiedene experimentelle Zugänge (siehe 4.) sich den Kontext handlungsorientiert und selbstständig erarbeiten. Durch die Möglichkeit, verschiedene Sozialformen (Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit) bei der Bearbeitung zu wählen, sind zudem Momente der gewollten Exklusion realisierbar. Die Schüler*innen sollen selbst wählen, wie sie die Aufgaben an den Stationen bewältigen und ihre Ergebnisse für die letzte Phase festhalten. Als Dokumentationsformen sind Versuchsprotokolle, Fotos, Zeichnungen u.v.m. denkbar.

Nach der Stationenarbeit schließt sich eine Plenumsphase an, die die gesammelten Ergebnisse der Stationen zusammenbringt und in den Kontext der Einführung einordnet. Dabei sollen die Einzelbeiträge der Schüler*innen wertschätzend zu einem „großen Ganzen“ zusammengefügt und so beispielsweise eine physikalische Erklärung für das Einstiegsphänomen gefunden werden.

3. Theoretischer Hintergrund

Die Unterrichtseinheit stellt einen Wechsel von Instruktion und Konstruktion dar, um zum einen praktisches Arbeiten zu ermöglichen, zum anderen lernschwache Schüler*innen durch den lehrerzentrierten Anfang und Abschluss zu unterstützen und mit einer gänzlich offenen Unterrichtsform nicht zu überfordern (Fühner & Heinicke, 2019; Hillenbrand, 2014; Michna & Melle, 2016). Zudem kommen Schüler*innen mit wenig Vorwissen mit klaren Anleitungen wie durch die lehrerzentrierte Instruktion besser zurecht und erwerben dadurch mehr Lernzuwachs (Winkelmann, 2015).

Die Stationenarbeit ist als Form der Binnendifferenzierung zu verstehen, die den Schüler*innen verschiedene Möglichkeiten anbietet zu experimentieren. Im Sinne von Wahl-Pflicht-Aufgaben suchen die Lernenden selbst aus, welcher Herangehensweise sie folgen möchten.

3.1. Lernstrukturgitter

Lernstrukturgitter (oder auch Differenzierungsmatrizen) stellen ein Instrument der Unterrichtsplanung dar. Sie spannen Darstellungsformen (oder auch „Niveaustufen“ des Denkens, Abstraktionsgrade, kognitive Komplexität) über steigende (thematische) Komplexitätsgrade auf (Hoffmann & Menthe, 2016; Kutzer, 1982; Sasse & Schulzeck, 2013).

Die verschiedenen Stationsarten (siehe Abb. 2) repräsentieren dabei verschiedene Darstellungsformen von Experimenten, die jedoch als gleichwertig zu betrachten und nicht wie in den Lernstrukturgittern nach (thematischer) Komplexität gestaffelt sind. Innerhalb der Stationen dagegen ist eine Differenzierung der Aufgaben nach Anforderungsniveaus denkbar und sinnvoll.

3.2. NinU-Raster

Das „Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht“ (NinU) hat ein Unterstützungsrastrer zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts entwickelt (Ferreira Gonzales et al., in Vorbereitung; Stinken-Rösner et al., eingereicht). Das hier vorgestellte Unterrichtskonzept kann als Möglichkeit angesehen werden, die Spalte des Rasters „Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung betreiben“ in der Praxis auszugestalten.

3.3. Experimentierstationen

Die Eignung der gewählten Methode (Stationenarbeit) für den inklusiven Physikunterricht wurde von einigen Autoren hervorgehoben – so soll Stationenarbeit beispielsweise die Einbeziehung der Inklusionskinder in die Klassengemeinschaft und in den Unterricht fördern (von Öhsen und Schecker 2015).

Darüber hinaus lieferten bereits eigene Vorarbeiten Hinweise auf eine positive Wirkung von Experimentierstationen im inklusiven Physikunterricht (Sührig & Erb, 2019, 2020).

4. Konzept der Stationenarbeit

Die Schüler*innen haben in der 2. Phase der Unterrichtseinheit die Auswahl zwischen fünf Stationsarten (siehe Abb. 2), um ihnen viele mögliche Zugänge zu bieten. Sie sollen mindestens zwei Stationen bearbeiten, um zu vermeiden, dass sie sich zu einseitig mit der Thematik auseinandersetzen. Die Stationsarten werden im Folgenden vorgestellt.

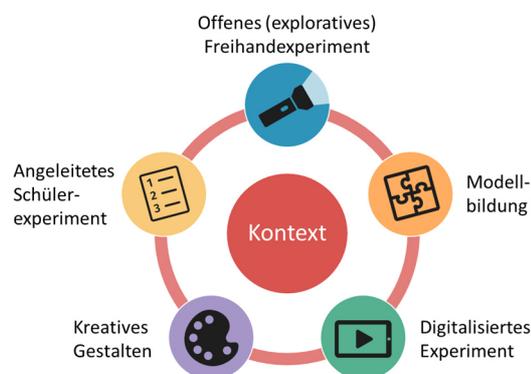


Abb.2: Unterrichtskonzept der Stationenarbeit

Bei der Stationsart „offenes (exploratives) Freihandexperiment“ entdecken und forschen die Schüler*innen selbstbestimmt mit Materialien aus ihrem Alltag. Die Alltagsgegenstände sind den Lernenden bekannt und es bestehen demzufolge weniger Ängste im freien Umgang beim Experimentieren mit ihnen. Freihandexperimente sind insbesondere für exploratives Experimentieren geeignet, da sie in der Regel unkompliziert durchzuführen sind und dadurch die Hemmschwelle zum Ausprobieren niedrig ist.

In der Stationsart „Modellbildung“ arbeiten die Schüler*innen an einem interaktiven Geo-Gebra-Modell am Tablet. In diesem können sie Variablen

verändern, direktes Feedback bekommen und sich zusätzliche Hilfen einblenden lassen (Erb & Teichrew, 2020).

Das „digitalisierte Experiment“ ist ein interaktives Experimentiervideo. Dies erlaubt beispielsweise auch aufwändige, fehleranfällige oder gefährliche Experimente im Unterricht zu zeigen (Glatz et al., 2020). Die Schüler*innen können sich zusätzliche Informationen einblenden und beispielsweise in das Experiment hereinzoomen.

Bei der Stationsart „Kreativ Gestalten“ wird den Schüler*innen ein spielerischer Zugang zum Kontext ermöglicht. Es kann gebastelt, gemalt oder gebaut werden. Die physikalische Theorie soll sich im Schaffensprozess zu Nutze gemacht werden – es geht somit um konkrete Anwendungen des Kontextes.

Das „angeleitete Schülerexperiment“ ist als Kochbuchversuch konzipiert, der Materialien aus der Physiksammlung nutzt. Die Schüler*innen folgen einer bebilderten Schritt-für-Schritt-Anleitung und erhalten direktes Feedback durch den Erfolg bzw. Misserfolg des Experimentes. Sie lernen an dieser Station den Umgang mit typischen Experimentiermaterialien. Die Anleitung soll den Schüler*innen dabei die Angst im Umgang mit den Materialien nehmen, da sie einen sachgemäßen Gebrauch vorgibt und die Lernenden so wissen, was sie auf welchem Wege tun sollen.

5. Beispiel aus der geometrischen Optik

Besondere Kontexte sind für Schüler*innen interessant (van Vorst et al., 2013). Als Beispielkontext, der in der Lehrkräftefortbildung (siehe 8.) vermittelt werden soll, haben wir uns deswegen für „Sichtbar und unsichtbar – Gelbkugeln verschwinden lassen“ entschieden. Der Kontext gehört zum Themenbereich Lichtbrechung und Reflexion und nimmt das spannende Phänomen zum Ausgangspunkt, dass durchsichtige Gelbkugeln (Aquaperlen aus dem Dekorationsbedarf) in Wasser nicht sichtbar sind.

Der Kontext ist für alle Lernenden interessant, da Kinder tagtäglich mit durchsichtigen Gegenständen wie Fensterglas konfrontiert sind, die Licht brechen und reflektieren und deswegen sichtbar sind. Der Kontext soll zum Ausgangspunkt genommen werden, die Frage zu klären, warum wir überhaupt durchsichtige Gegenstände sehen können.

Die fünf Stationsarten greifen den Kontext in verschiedenen Experimenten auf. So lassen die Schüler*innen beim angeleiteten Experimentieren eine Glasflasche in Glycerin verschwinden, beobachten und variieren beim Modellieren die Lichtbrechung an der Gelbkugel oder stellen beim „Kreativ gestalten“ durchsichtigen Schleim her und beschreiben dessen Brechungseigenschaften. Die Stationen ermöglichen sowohl quantitative als auch qualitative Herangehensweisen.

6. Was macht das Unterrichtskonzept inklusiv?

Stationenarbeit ist zwar als Methode für den inklusiven Unterricht sehr geeignet (s.o.), jedoch ist nicht automatisch jede Stationenarbeit inklusiv.

Das hier vorgestellte Unterrichtskonzept versucht durch verschiedene Zugänge und die Wahlfreiheit in der Bearbeitung die gesamte Lerngruppe in ihren Diversitätsfacetten wahrzunehmen, zu integrieren und für die Mitarbeit zu aktivieren. Die Verschiedenartigkeit der Zugänge schafft eine an die Lernvoraussetzungen und Bedürfnisse von unterschiedlichen Schüler*innen adaptive Lernumgebung. Die Lernenden können nach ihren eigenen Interessen und Fertigkeiten auswählen, welche Stationen sie bearbeiten.

Insbesondere die Wahlfreiheit in den Sozialformen gibt Rückzugsmöglichkeiten beispielsweise für Schüler*innen mit Förderbedarf emotionale und soziale Entwicklung.

Barrierearme Experimentieranleitungen und ein barrierearmes Arbeitsmaterial (siehe 7.) soll die Teilhabe maximieren und Teilhabebarrrieren abbauen.

7. Begleitendes Arbeitsmaterial

In Bezugnahme auf die geringe Eignung von Hilfekarten als Unterstützungsmaßnahme in Experimentierumgebungen (Baumann et al., 2016; Rincke & Wodzinski, 2010) sollen in einem Forscherheft niederschwellige Hilfen angeboten werden. Das Begleitmaterial für die Aufgabenstellungen wird durch eigens entwickelte kontrastreiche Piktogramme (siehe Abb. 3) strukturiert.



Abb.3: Piktogramme unterstützen die Experimentieranleitung

Außerdem wird in einer Randspalte Unterstützung durch Realfotos, Skizzen, Worterklärungen etc. angeboten. Diese Hilfen können bei Bedarf aufge-

klappt und genutzt werden. Das Forscherheft bietet den Schüler*innen zudem eine Möglichkeit an, ihre Arbeitsergebnisse festzuhalten.

8. Lehrkräftefortbildung

Das vorgestellte Unterrichtskonzept soll in einer Fortbildung vermittelt und seine Durchführung in einer Interventionsstudie evaluiert werden. Hierfür ist eine Blended-Learning-Fortbildungsmaßnahme in Planung. In einem Präsenztermin zum Anfang werden Konzept und Materialien vorgestellt und zum Ausprobieren angeboten sowie eine Unterrichtsstunde anhand des Konzeptes mit Vorlagen von den Teilnehmenden geplant. Die von den Lehrkräften geplante Unterrichtsstunde sowie die Unterrichtseinheit „Sichtbar und unsichtbar – Gelkugeln verschwinden lassen“ werden auf freiwilliger Basis bei ihrer Umsetzung im Klassenverband videografiert. Während der Durchführung des Konzeptes in den Klassen erhalten die Lehrkräfte online über eine Plattform individuelles Feedback und Unterstützungsangebote und werden so eng begleitet. In der Abschlussitzung ist die Reflexion der Unterrichtseinheit und des Konzeptes anhand der Videos geplant.

9. Ausblick

Die Pilotierung der Unterrichtseinheit, um den Erfolg des Unterrichtskonzeptes in Form eines Fortschrittes in u.a. (intrinsischer) Motivation, sozialer Integration, Fachwissen und Selbstkonzept messen zu können, ist für Ende 2020 geplant.

10. Literatur

- Baumann, T., Zimmermann, F., & Melle, I. (2016). Redoxreaktionen: Eine Unterrichtseinheit für inklusive Lerngruppen. *PdN Chemie in der Schule*, 65(7), 41–45.
- Bolte, C., & Behrens, J. (2004). Zur Situation des Physik/Chemie-Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen. In A. Pitton (Hrsg.), *Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik* (Bd. 24, S. 317–319). LIT.
- Erb, R., & Teichrew, A. (2020). Geometrische Optik mit GeoGebra. *NiU Physik*, 31(175), 24–28.
- Ferreira Gonzales, L., Fühner, L., Sührig, L., Weck, H., Weirauch, K., & Abels, S. (in Vorbereitung). *Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. Beiheft Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion*.
- Fühner, L., & Heinicke, S. (2019). Unterricht unter der Lupe. Beobachtungen und Empfehlungen zu inklusivem Physikunterricht/Unterricht unter der. *NiU Physik*, 170, 10–16.
- Glatz, L. C., Erb, R., & Teichrew, A. (2020). Überzeugungskraft digitalisierter Experimente zum Teilchenmodell. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019* (S. 70–73). Universität Duisburg-Essen.
- Groß, K. (2013). *Experimente alternativ dokumentieren: Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*. Logos.
- Hillenbrand, C. (2014). Inklusive Bildung: Programmatik—Empirie—Umsetzung. *Zeitschrift für Individualpsychologie*, 39(4), 281–297.
- Hoffmann, T., & Menthe, J. (2016). Inklusiver Chemieunterricht: Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdidaktik. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann, & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (S. 351–360). Waxmann.
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (Hrsg.). (2010). *Physikdidaktik*. Springer.
- Kutzer, R. (1982). Anmerkungen zum Struktur- und Niveauorientierten Unterricht. In H. Probst (Hrsg.), *Kritische Behinderten-Pädagogik in Theorie und Praxis. Beiträge zum gleichnamigen Studentenkongress der Fachgruppe Sonderpädagogik in Marburg 1978* (S. 29–62). Jarick Oberbiel.
- Michna, D., & Melle, I. (2016). Inklusiver Chemieunterricht in der Sekundarstufe I. Konzeption und Evaluation. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen—Das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015*.
- Rincke, K., & Wodzinski, R. (2010). Schülerexperimente: Wege und Wirkungen von Unterstützungsmaßnahmen. In D. Höttecke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik: Bd. Jahrestagung in Dresden 2009* (S. 242–244). LIT.
- Rott, L., & Marohn, A. (2016). Entwicklung und Erprobung einer an Schülervorstellungen orientierten Unterrichtskonzeption für den inklusiven Sachunterricht. Choice2explore. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann, & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (Bd. 10, S. 373–388). Waxmann.

- Sasse, A., & Schulzeck, U. (2013). Differenzierungsmatrizen als Modell der Planung und Reflexion inklusiven Unterrichts – zum Zwischenstand in einem Schulversuch. In A. Jantowski (Hrsg.), *Thillm.2013: Gemeinsam leben, miteinander lernen; [Exklusion, Separation, Integration, Inklusion]* (1. Aufl, S. 13–22). ThILLM.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (eingereicht). *Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. Research in Subject-matter Teaching and Learning*.
- Sühlig, L., & Erb, R. (2019). Veränderung von Schülervorstellungen durch Experimentierstationen im inklusiven Optikunterricht. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Sühlig, L., & Erb, R. (2020). Experimentierstationen im inklusiven Optikunterricht. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019* (S. 740–743). Universität Duisburg-Essen.
- van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H., & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 29–39. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0021-5>
- van Vorst, H., Fechner, S., & Sumfleth, E. (2013). Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen* (S. 311–313). Lit.
- Winkelmann, J. (2015). *Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht*. Logos Verlag.