

Veränderungen von Schülervorstellungen durch Experimentieren

Laura Muth, Jan Winkelmann

Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt,
Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt am Main,
Laura_Muth@hotmail.com und winkelmann@physik.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Fachwissenszuwachs durch Schüler- und Demonstrationsexperimente in der geometrischen Optik“ (Winkelmann & Erb, 2014) wurde im Winter 2013/14 an 22 hessischen Schulklassen unter anderem der Lernzuwachs nach einer Intervention erhoben.

Die Unterrichtseinheit wurde auf drei verschiedene Arten durchgeführt, wobei der Grad der Schüleraktivität variiert wurde: 1. Die Schülerinnen und Schüler erhielten eine detaillierte Experimentieranleitung („Kochbuch“), 2. die Schülerinnen und Schüler erhielten einen Arbeitsauftrag zum Experimentieren („Guided“), 3. die Lehrkraft führte die Experimente vor („Demo“). Das Ziel einer im Rahmen einer Wissenschaftlichen Hausarbeit zum Ersten Staatsexamen durchgeführten Fragebogenerhebung war es, heraus zu finden, welche Auswirkung die Art des Experimentierens auf die Schülervorstellungen hat. In diesem Artikel werden die Ergebnisse der Erhebung vorgestellt. Hierzu wird der Fokus auf den Zusammenhang zwischen Antwort und der Begründung der Schülerinnen und Schüler gelegt. Zusätzlich wird die Einschätzung der Schülerinnen und Schüler darüber, wie sicher sie sich bei der Beantwortung der Fragen waren, diskutiert.

1. Einleitung

Schülerinnen und Schüler betreten den Klassenraum nicht als „*unbeschriebenes Blatt*“ (Jung, 1986, S. 15), sondern sie bringen eine ganze Reihe an Vorstellungen darüber mit in den Physikunterricht, wie die Welt um sie herum funktioniert. Diese Vorstellungen beruhen meist auf Alltagserfahrungen, Umgangssprache, Wahrnehmungs- oder Denkmustern oder auch vorangegangenem Unterricht. Sie bestimmen, was die Schülerinnen und Schüler im Unterricht sehen, hören und lesen, „[...] weil man das Neue nur durch die Brille des bereits Bekannten „sehen“ kann“ (Duit, 2010). Oft beobachten Schülerinnen und Schüler im Unterricht etwas ganz anderes als von der Lehrkraft geplant – nämlich das, was ihre Vorstellungen ihnen erlauben. Als problematisch stellt sich dar, dass diese Schülervorstellungen oftmals nicht mit den physikalischen Vorstellungen einhergehen, sondern im „*krassen Widerspruch*“ zu ihnen stehen (Duit, 2009, S. 627). Dadurch, dass sich diese Präkonzepte für die Schülerinnen und Schüler schon lange bewährt haben und im Alltag als sehr fruchtbar erwiesen haben, sind sie oft sehr tief verwurzelt und die Lernenden lassen sich meist nur schwer von etwas anderem überzeugen. Selbst wenn die Lehrkraft es schafft, die Schülerinnen und Schüler von den physikalischen Sichtweisen zu überzeugen und ihnen diese verständlich zu machen, zeigt sich, dass nach einiger Zeit die Schülervorstellungen wieder deren Platz eingenommen haben.

2. Studie und Fragebögen

Für die vorliegende Studie wurden Schülervorstellungen mittels eines Tests nach einer Unterrichtseinheit zur geometrischen Optik erhoben. Das bedeutet, dass Fragebögen beantwortet wurden, nachdem eines von drei Treatments zur geometrischen Optik in den Klassen durchgeführt wurde.

Die drei miteinander verglichenen Treatments unterschieden sich in dem Maß der Schüleraktivität:

- 1) „**Kochbuch**“ – Die Schülerinnen und Schüler erhalten eine detaillierte Experimentieranleitung und experimentieren selbstständig.
- 2) „**Guided**“ – Die Schülerinnen und Schüler erhalten eine Experimentieranleitung, die ihnen allerdings einige Freiheiten einräumt, sodass sie verschiedene Möglichkeiten selbstständig ausprobieren können.
- 3) „**Demo**“ – Die Schülerinnen und Schüler experimentieren hier nicht selbst, sondern beobachten Experimente, die von der Lehrkraft durchgeführt werden.


Tabelle 1 (auf der nächsten Seite) gibt einen kurzen Überblick über die Stundeninhalte. Eine detaillierte Stundenbeschreibung findet sich bei Winkelmann & Erb (im gleichen Tagungsband).

Std.	Stundenthema	Lerninhalt
1&2	Lichtbrechung – Knick in der Optik	Das Phänomen Lichtbrechung soll beobachtet und untersucht werden.
3&4	Brechungsgesetz und Totalreflexion	Erarbeitung des Brechungsgesetzes und Kennenlernen der Totalreflexion.
5&6	Schusterkugel und andere durchsichtige Glaskörper	Licht wird an einer Schusterkugel gebündelt. Bündelung ist abhängig von der Form des durchleuchteten Gegenstands.

Tab. 1: Unterrichtsinhalte während der Intervention.

Es wurden insgesamt 93 Schülerinnen und Schüler aus vier gymnasialen Schulklassen der siebten Jahrgangsstufe befragt. Der Fragebogen wurde eigens für diese Studie entwickelt. Er besteht aus sieben Aufgaben, sowohl mit offenem als auch geschlossenem Antwortformat. Als Beispiel dienen in diesem Beitrag eine Aufgabe zur „Brechung“ (Abb. 1) und eine Aufgabe zur „optischen Hebung“ (Abb. 2).

Aufgabe 1: Betrachte dir das Bild mit den Meerjungfrauen. Warum passen die Köpfe der Meerjungfrauen nicht zu ihren Körpern? Begründe deine Antwort.



Quelle: Zeit online (c) Nacho Doce Reuters

Antwort: _____

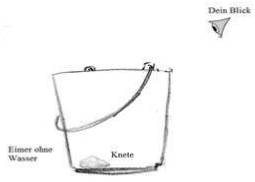
Begründung: _____

Wie sicher bist du dir mit deiner Antwort zu Aufgabe 1? Kreuze an auf einer Skala von sehr sicher, bis gar nicht sicher.

sehr sicher
 einigermaßen sicher
 mittelmäßig
 eher weniger sicher
 gar nicht sicher

Abb. 1: Beispielaufgabe zum Thema „Lichtbrechung“.

Aufgabe 4: Ein Stück Knete liegt in einem Eimer. Du schaust aus einem Winkel in die Eimeröffnung, aus dem du die Knete nicht sehen kannst (Abbildung 1). Jetzt füllst du den Eimer voll Wasser und betrachtest ihn aus derselben Position wie zu Anfang. Auf einmal kannst du die Knete sehen. Wieso? Begründe deine Antwort.



Antwort: _____

Begründung: _____

Wie sicher bist du dir mit deiner Antwort? Kreuze an auf einer Skala von sehr sicher, bis gar nicht sicher.

sehr sicher
 einigermaßen sicher
 mittelmäßig
 eher weniger sicher
 gar nicht sicher

Abb. 2: Beispielaufgabe zur optischen Hebung nach Wiesner (1986).

Die Aufgaben unterschieden sich zum Teil in ihren Repräsentationsformen. Drei Fragen beinhalteten ein Bild – die Schülerinnen und Schüler sollten hier die präsentierten Phänomene aufzeigen und erklären (z. B.: Abb. 1). Drei Fragen befassten sich mit der Konstruktion des Lichtweges durch unterschiedliche Medien (z. B.: Abb. 2). Eine Frage war im Multiple-Choice Format erstellt. In allen Aufgaben wurden die Lernenden aufgefordert, eine Antwort sowie eine Begründung – getrennt voneinander – abzugeben. In einem dritten Schritt sollten sie jeweils auf einer fünf-stufigen Skala angeben, wie sicher sie sich mit ihrer Antwort sind.

3. Ziele der Studie

Die hier vorgestellte empirische Studie bewegt sich im Rahmen eines Forschungsprojektes zu Schüler- und Demonstrationsexperimenten (Winkelmann & Erb, 2014). Dieses Rahmenprojekt befasst sich mit dem Unterricht zur geometrischen Optik an siebten Gymnasialklassen. Inhaltlich stehen die Lichtbrechung in unterschiedlichen Medien und die Lichtwege durch verschiedene Körper im Mittelpunkt des untersuchten Unterrichts.

Folgende Forschungsfragen liegen der hier berichteten Untersuchung zu Schülervorstellungen zu Grunde:

- (1) Können Schülervorstellungen nach der geschilderten Unterrichtseinheit zur geometrischen Optik gefunden werden?
- (2) Sind diese Schülervorstellungen schon bekannt aus der Literatur, oder handelt es sich um Vorstellungen, die in der Literatur noch nicht aufgezogen werden?
- (3) Lassen sich diese Fehlvorstellungen auf den Grad der Schüleraktivität zurückführen?

4. Gefundene Schülervorstellungen

Es konnten einige neue Schülervorstellungen aufgedeckt und solche, die schon in der Literatur erwähnt wurden, bestätigt werden. Die folgenden beiden Schülervorstellungen werden im Anschluss näher interpretiert:

a) Bei der Brechung zwischen Luft und Wasser zeigen Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten, die Konzepte der Reflexion und Brechung auseinander zu halten.

b) Das Phänomen der optischen Hebung wird von vielen Schülerinnen und Schülern durch Reflexion versucht zu erklären.

Im Folgenden wird näher auf diese zwei besonders interessanten Schülervorstellungen eingegangen. Die erste wurde bisher noch nicht in dieser Deutlichkeit berichtet. Die zweite stellt eine Bestätigung bereits bekannter Befunde zur optischen Hebung dar.

1. Schülervorstellung: „Brechung = Reflexion“

Zwei Items des Fragebogens beschäftigten sich mit der Lichtbrechung an der Grenzfläche zwischen Luft und Wasser (z. B. Abb. 1). Da ähnliche Schülerantworten und Schülervorstellungen in den beiden Items festgestellt werden konnten, wurden sie für die Auswertung zusammengefasst. Auffallend ist zunächst, dass nur wenige Probanden die beiden Items korrekt beantworten konnten. Lediglich 3% aller befragten Schülerinnen und Schüler haben die Thematik der Lichtbrechung und Reflexion vollständig verstanden, bzw. konnten die richtige Antwort geben.

Unter den 156 gezählten zumindest teilweise falschen Antworten zu diesen Items konnte aus 81 Antworten die in a) genannte Schülervorstellung zur Brechung zwischen Luft und Wasser abgeleitet werden. Dies entspricht einem Prozentsatz von 51,3%, also gut der Hälfte der falschen Vorstellungen. Eine Fehlvorstellung sticht dabei besonders heraus. Sie tritt in hoher Zahl über alle Klassen verteilt auf. Dabei handelt es sich um die Tatsache, dass sehr viele Schülerinnen und Schüler nicht adäquat zwischen den Phänomenen oder Begriffen „Reflexion“ und „Brechung“ unterscheiden

können. Die Begriffe werden synonym verwendet, miteinander vertauscht oder vermischt. Die Beispiele 1 bis 3 verdeutlichen die Schwierigkeit für die Schülerinnen und Schüler:

Beispiel 1

Schülerantwort: „Wegen der Reflexion“

Begründung: „Wenn Licht von einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium übergeht, verändert es seine Richtung, so wie die Meerjungfrauen“

Beispiel 2

Schülerantwort: „Weil Wasser reflektiert“

Begründung: „Wegen der Brechung“

Beispiel 3

Schülerantwort: „Die Wasseroberfläche reflektiert und die Körper erscheinen größer“

Begründung: „Weil das Licht auf der Wasseroberfläche bricht“

Diagramm 3 zeigt die Häufigkeit des Auftretens dieser Vorstellung im Vergleich mit den anderen aufgefundenen falschen Vorstellungen zur Lichtbrechung am Wasser. Unter den aufgedeckten Schülervorstellungen zur Lichtbrechung am Wasser entspricht dies einem Prozentsatz von 37%. Dies ist ein Hinweis auf eine deutliche Lernschwierigkeit.

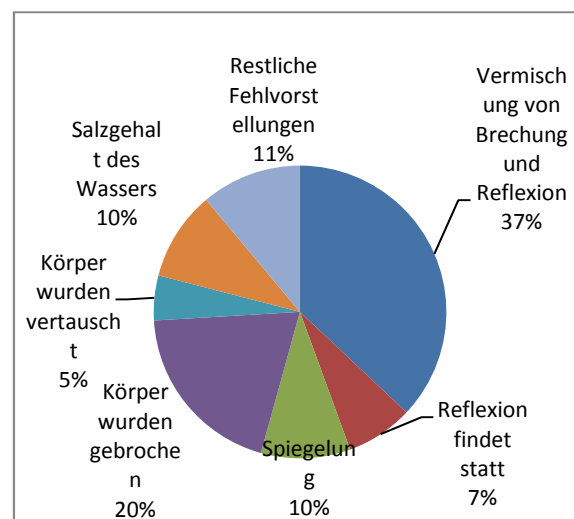


Abb. 3: Schülervorstellungen zur Lichtbrechung. Die Vermischung der Konzepte „Brechung“ und „Reflexion“ stellt die stärkste Schülervorstellung dar.

2. Schülervorstellungen zur Optische Hebung

Bei dem Thema optische Hebung (vgl. Abb. 2) fällt auf, dass die Fehlvorstellungen, die in der Literatur bei z. B. Wiesner (1986) bereits erwähnt wurden,

eindrucksvoll bestätigt werden können. Abbildung 4 fasst die gefundenen Schülervorstellungen zu diesem Thema zusammen. Die häufigsten Vorstellungen sind die Reflexion oder Totalreflexion der Knete („die Knete wird sichtbar, da sie durch das Wasser reflektiert wurde“) mit 42%, aber auch, dass „die Knete ansteigt“ (13%) oder „an die Oberfläche gespiegelt wird“ (19%).

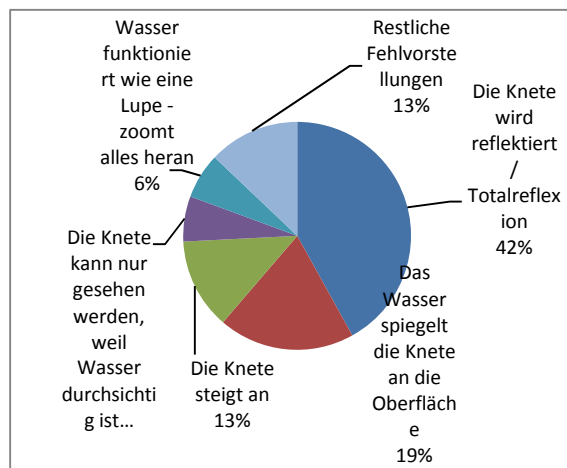


Abb. 4: Schülervorstellungen zur optischen Hebung.

5. Einfluss der Schüleraktivität auf die Schülervorstellungen

Im Rahmen der Wissenschaftlichen Hausarbeit wurden nur Trends betrachtet und keine Signifikanztests zu den Gruppenvergleichen durchgeführt. Ein Einfluss der Treatments mit unterschiedlicher Schüleraktivität auf die unpräzise Zuordnung von Reflexion und Brechung ist zu erkennen. In den Klassen mit „Demo“- und „Guided“-Experimenten haben besonders viele Schülerinnen und Schüler diese Fehlvorstellung. Bei Schülerinnen und Schülern, die Schülerexperimente mit detaillierter Anleitung („Kochbuch“-Methode) durchgeführt hatten, ist diese Vorstellung weniger stark ausgeprägt. Die Kochbuch-Methode erscheint daher durchaus sinnvoll, um gegen die Entwicklung von Schülervorstellungen vorzugehen. Möglicherweise rührt jedoch der Vorteil der „Kochbuch“-Methode auch daher, dass die tiefere Auseinandersetzung mit den physikalischen Inhalten nicht stattgefunden hat und die Antworten nahe der Vorgaben aus den Instruktionen gegeben wurden.

6. Einfluss der Schüleraktivität auf den Lernzuwachs

Um herauszufinden, ob das Maß der Schüleraktivität eine Rolle spielt, wurden die Fragebögen zusätzlich mit Blick auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler ausgewertet. Von den vier befragten Klassen wurde eine nach der Demo-Methode, eine nach der Guided-Methode und zwei Klassen nach

der Kochbuch-Methode unterrichtet. Für jede richtige Schülerantwort konnte ein Punkt erzielt werden. Tabelle 2 fasst die erreichten Gesamtpunktzahlen der einzelnen Klassen zusammen. Es zeigt sich, dass die Demo-Klasse mit 269 Punkten am erfolgreichsten abgeschnitten hat. Ihr folgten eine der Kochbuch-Klassen (Klasse 4) mit 174 Punkten und die Guided-Klasse (Klasse 2) mit 109 Punkten. Die wenigsten Punkte konnte die zweite Kochbuch-Klasse erzielen. Die Auswertung nach Punkten lässt zunächst also keine Rückschlüsse zu, ob ein Treatment besser zur Wissensvermittlung geeignet ist, da die beiden Kochbuch-Gruppen sehr unterschiedlich abgeschnitten haben.

Klasse	Erreichte Punktzahl
Klasse 1 - Demo	269
Klasse 2 - Guided	109
Klasse 3 - Kochbuch 1	63
Klasse 4 - Kochbuch 2	174

Tab. 2: Erreichte Gesamtpunktzahl der einzelnen Klassen.

7. Wie sicher sind sich Schülerinnen und Schüler?

Der letzte Teil eines jeden Items des Fragebogens bestand darin, dass die Schülerinnen und Schüler angeben sollten, wie sicher sie sich mit ihrer Antwort waren. Die Auswertung zeigt, dass Schülerinnen und Schüler, die eine Frage richtig beantwortet haben, auch tendenziell sicherer waren, als solche, die eine Frage falsch beantwortet haben. Die Auswertung zeigt allerdings auch eine recht hohe Zahl im mittel-sicheren Bereich. Dies mag daran liegen, dass Probanden im Zweifelsfall das mittlere Kästchen ankreuzen. Trotzdem erscheint die Abfrage der Sicherheit in Fragebögen, die den Wissensstand der Lernenden abfragen sollen, sehr sinnvoll. Sie kann ein Indiz dafür sein, mit welcher Ernsthaftigkeit die Schülerinnen und Schüler den Fragebogen beantwortet und inwiefern sie sich mit der Thematik auseinander gesetzt haben. Außerdem kann die Sicherheitseinschätzung Hinweise dafür liefern, ob die Schülerinnen und Schüler das nötige Wissen tatsächlich besitzen oder ob die Antworten nur geraten waren. Durch die Sicherheitsangabe kann ein umfassenderes Bild vom Wissen der Schülerinnen und Schüler gewonnen werden und in manchen Fällen gegebenenfalls sogar erreicht werden, dass die Lernenden sich besser mit ihrem eigenen Wissensstand auseinandersetzen.

8. Zusammenfassung

Nach einer Unterrichtseinheit zur geometrischen Optik konnten diverse Schüler(wohl)vorstellungen gefunden werden. Darunter waren einige vertreten, die in der Literatur bereits präsentiert wurden. Es konnten aber auch einige neue Vorstellungen aufgedeckt werden. Die Vorstellung, dass Reflexion und Brechung dasselbe Phänomen sind, oder die Begriffe synonym benutzt wurden, stellt sich als besonders stark vertreten heraus. 37% der Schülervorstellungen zur Lichtbrechung resultieren aus dem Vertauschen oder der Vermischung dieser zwei physikalischen Konzepte. Zur optischen Hebung konnten einige Fehlvorstellungen gefunden werden, von denen eine Reihe auch in der Literatur aus den 80er Jahren zu finden sind. Hinsichtlich der Erklärungen zur Sicherheit ist festzuhalten, dass diese Abfrage durchaus sinnvoll erscheint, um die Motivation der Schülerinnen und Schüler zu überprüfen, aber auch um ihnen das Maß ihres physikalischen Wissens beziehungsweise des Mangels daran bewusst zu machen. Die auswertenden Lehrkräfte oder Forscher können tendenziell Rückschlüsse darauf ziehen, ob das vorhandene Wissen nur unterschwellig vorhanden oder bewusst in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler verankert ist.

9. Ausblick

Es erscheint sinnvoll, weitere Forschungsarbeiten in dem Bereich „Schülervorstellungen zur Lichtbrechung“ anzusetzen. Ziel sollte die Überprüfung des Verdachts sein, dass viele Schülerinnen und Schüler Probleme bei der Unterscheidung zwischen Reflexion und Brechung haben. Des Weiteren erscheint es

lohnenswert, den Einfluss der Schüleraktivität auf das Entstehen und ein mögliches Überwinden von Schülervorstellungen im Bereich der geometrischen Optik näher zu untersuchen.

10. Literatur

- [1] Duit, R. (2009): Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Ernst Kircher, Raimund Girwidz und Peter Häußler (Hrsg.): *Physikdidaktik*. Berlin: Springer, 605-630.
- [2] Duit, R. (2010): Piko-Brief Nr. 1 – Schülervorstellungen und das Lernen von Physik. Kiel: IPN.
- [3] Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie* 34/13, 2-6
- [4] Wiesner, H. (1986): Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten im Bereich der Optik. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 34(13), 25-29.
- [5] Winkelmann, J.; Erb, R. (2014): Small group practical work vs. teacher demonstration in geometrical optics. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 3. Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association, 73-82.