

## Veränderung von Schülervorstellungen durch Experimentierstationen im inklusiven Optikunterricht

Laura Sührig\*, Roger Erb\*

\*Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt  
suehrig@physik.uni-frankfurt.de

### Kurzfassung

Studien weisen zurzeit darauf hin, dass es bundesweit zu wenige Chancen für inklusiven Unterricht gibt. Insbesondere in Hessen werden so wenige Schülerinnen und Schüler mit und ohne Förderbedarf gemeinsam unterrichtet wie in keinem anderen Bundesland.

Aufgrund dieser Situation wurde im Rahmen der hier vorgestellten Studie eine Stationenarbeit mit Optikexperimenten für einen inklusiven Physikunterricht entwickelt, die Lehrkräfte für ihren eigenen Unterricht inspirieren kann. Zudem wurde basierend auf dem Experimentierunterricht untersucht, inwiefern die Schülervorstellungen zur Anfangsoptik durch Experimentierstationen beeinflusst werden können. Dabei sollte durch differenziertes, barrierefreies Schülerarbeitsmaterial, welches unterschiedliche Zugänge und Lernwege ermöglicht, eine stark heterogene Lerngruppe (Kinder mit und ohne sonderpädagogischem Förderbedarf) durch unterschiedliche Aufgaben- und Hilfsangebote unterstützt werden. Die Arbeitsmaterialien wurden in Anlehnung an das Universal Design for Learning und das Konzept von Lernstrukturgittern entworfen. In der Unterrichtseinheit arbeiteten die Kinder gemeinsam und selbstständig in Kleingruppen an den Experimentierstationen.

Die Ergebnisse der Studie (N=71, davon 11 Kinder mit Förderbedarf) zeigen auf, dass sich die Schülervorstellungen durch Experimentierstationen überwiegend hin zu physikalisch angemessenen Vorstellungen entwickeln lassen, wenngleich sich die Präkonzepte der Förderkinder schwerer beeinflussen lassen.

### 1. Einleitung und Motivation

In Deutschland ist seit März 2009 die UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderung in Kraft getreten, die ein integratives Bildungssystem und Zugang zu integrativem bzw. inklusivem Unterricht fordert [1].

Aktuelle Studien zeigen jedoch, dass es bundesweit zu wenige Chancen für inklusiven Unterricht gibt. Speziell in Hessen werden so wenige Schülerinnen und Schüler mit und ohne kognitive Einschränkungen gemeinsam unterrichtet, wie in keinem anderen Bundesland. Im Schuljahr 2013/14 belegte Hessen mit einem Anteil der Schülerinnen und Schüler, die inklusiv an einer Regelschule unterrichtet werden, von 21,5 Prozent den letzten Platz Deutschlands [2]. Auch aktuelle Daten vom Schuljahr 2016/17 zeigen, dass Hessen mit 27,01 Prozent immer noch das Schlusslicht im Ländervergleich darstellt [3]. An dieser Stelle besteht Handlungsbedarf.

Um die Umsetzung von Inklusion in Hessen weiter voranzutreiben, benötigt es Konzepte und Materialien, die bei der Gestaltung eines Unterrichts für stark heterogene Lerngruppen die Lehrerinnen und Lehrer unterstützen können. In der Forschung finden sich derzeit jedoch kaum Studien zu Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Wolters konnte feststellen, dass selbstständiges Experimentieren im inklusiven Physikunterricht möglich ist [4].

Auch Türck erzielte bereits positive Ergebnisse mit einem kooperativen Experimentierunterricht in inklusiven Klassen [5].

Im Bereich der Chemiedidaktik haben Michna und Melle den Erfolg eines Unterrichtsmodells evaluiert, welches das integrative Modell von Instruktion und Konstruktion mit dem sogenannten Universal Design for Learning (kurz UDL) verknüpft und eine Lernumgebung bestehend aus Lehrerkurzvorträgen, differenzierten Arbeitsmaterialien und Selbsteinschätzungsbögen gestaltet. Dabei zeigte sich, dass die Durchführung der Einheit in inklusiven und nicht inklusiven Klassen zu einem vergleichbaren positiven Fachwissenszuwachs und zu einer vergleichbar positiven Bearbeitungsqualität der Schülerarbeitsmaterialien führt. Dies zeigt den Erfolg des Modells in inklusiven Lerngruppen, die mit leistungshomogeneren Klassen mithalten konnten. Das eingesetzte Unterrichtsmodell erzeugte sogar eine positivere Einstellung der Schülerinnen und Schülern gegenüber der Unterrichtseinheit im Vergleich zur Kontrollgruppe [6].

Die Ergebnisse zeigen somit erste Erfolge des Einsatzes selbstgesteuerter und handlungsorientierter Unterrichtsbausteine in inklusiven Lerngruppen.

Durch den erfolgreichen Einsatz selbstgesteuerter und kooperativer Experimentiersituationen in inklusiven Lerngruppen ist eine Veränderung der Schülervorstellungen durch die Realbegegnung zu erwarten.

## 2. Ablauf und Design der Studie

Insbesondere Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarf haben einen Entwicklungsverzug, der sich in einem langsamer ablaufenden Lernprozess äußern kann. Um deren Entwicklung genauer untersuchen zu können, wurden für die Studie Klassen ausgewählt, die eine möglichst große Anzahl an Inklusionskindern aufweisen. Die Studie sollte zeigen, ob sich die Präkonzepte von Kindern mit und ohne Förderbedarf durch die entwickelten Materialien positiv beeinflussen lassen und ob ein Lernfortschritt erzielt werden kann.

Es wurden u.a. folgende Forschungsfragen untersucht:

- Wie verändern sich Schülervorstellungen der Optik durch Experimentierstationen?
- Kann durch Experimentierstationen bei den Lernenden mit und ohne Förderbedarf ein Lernfortschritt erreicht werden? Führt die Durchführung der Einheit bei Lernenden mit und ohne Förderbedarf zu einem vergleichbaren positiven Fachwissenszuwachs?

Die Studie ist in einem Prä-Post-Interventions-Design konzipiert. Die Gruppe wurde vor und nach der Intervention getestet.

Der Prätest fragt vorhandene Schülervorstellungen und das Fachwissen ab, der Posttest erhebt zudem eine Einschätzung der Unterrichtseinheit und des Themenverständnisses und das Selbstkonzept der Lernenden. Die dreiteilige Intervention besteht aus einem lehrer geleiteten Einstieg mit Demonstrationsexperimenten, einer offenen Stationenarbeit mit Schülerexperimenten und einer Ergebnissicherung in Form einer Plakatpräsentation.

## 3. Unterrichtseinheit

Die Unterrichtseinheit basiert auf UDL und dem Konzept der Lernstrukturgitter.

### 3.1. Universal Design for Learning

UDL ist ein Ansatz, der Lernumgebungen und Unterricht barrierefrei gestalten möchte, sodass ein Zugang für alle Schülerinnen und Schüler gewährleistet ist. Die Prinzipien des UDL-Ansatzes, welche Lernangebote flexibel ausgestalten sollen, umfassen folgende Punkte:

- Provide multiple means of engagement
- Provide multiple means of representation
- Provide multiple means of action and expression [7].

Das erste Prinzip besagt, dass die Lehrkraft multiple Möglichkeiten der Förderung von Lernengagement bzw. Lernmotivation bereitstellen soll. Dazu gehört das Angebot von Optionen der Selbstregulierung wie zum Beispiel Checklisten, aber auch um Anstrengung und Beständigkeit beim Lernen aufrechtzuerhalten und Interesse zu gewinnen.

Das zweite Prinzip zielt auf die Bereitstellung von unterschiedlichen Repräsentationsformen ab. Dabei geht es darum, vielfältige Optionen zur Verständnisförderung, Möglichkeiten für Sprache, mathematische Ausdrücke und Symbole sowie Wahrnehmungsalternativen bereitzustellen. In den unten vorgestellten Unterrichtsmaterialien wurde beispielsweise Text mit Realfotos und Erklärskizzen kombiniert.

Beim dritten Prinzip sollen multiple Optionen für Handlung und Ausdruck zur Verfügung gestellt werden. Optionen für Ausdruck und Kommunikation und für physische Handlungen stehen im Vordergrund [7].

Die Prinzipien sollen Lehrkräften dabei helfen, allen Schülerinnen und Schülern unabhängig von deren individuellen Lernerfordernissen den bestmöglichen Zugang zum Bildungsangebot zu gewährleisten.

### 3.2. Lernstrukturgitter

Für die Strukturierung der Aufgaben im Forscherheft (siehe 4.) wurden Lernstrukturgitter als Orientierungshilfe zur Unterstützung genommen.

Ein Lernstrukturgitter stellt ein Instrument der Unterrichtsplanung dar. Auf der horizontalen Achse wird die Komplexität der Unterrichtsinhalte und -ziele aufgetragen, die vertikale Achse ist nach dem Niveau der Repräsentation (basal-perzeptiv, konkret-handelnd, anschaulich-bildhaft und begrifflich-abstrakt) gegliedert [8].

### 3.3. Stationenarbeit

Um Lernende mit unterschiedlichen Förderschwerpunkten (Lernen, geistige Entwicklung, emotionale und soziale Entwicklung, Sprache, körperliche und motorische Entwicklung, Hören, Sehen und Kranke) zu unterstützen, sollten die Unterrichtsmaterialien entsprechend aufbereitet sein. Dabei ist zu betonen, dass dadurch nicht nur Schülerinnen und Schülern mit, sondern auch ohne Förderbedarf ein guter Zugang zum Unterrichtsgegenstand ermöglicht wird. Eine Stationenarbeit eignet sich dabei besonders durch ihren hohen Grad an Differenzierbarkeit.

Das hier vorgestellte Stationenlernen für den Themenbereich „Erste Erfahrungen mit Licht“ (siebte Jahrgangsstufe) wurde durch das Realisieren von verschiedenen Stationsarten stark differenziert gestaltet. Neben einfachen Basisstationen wurden Vertiefungsstationen und Knobelstationen entwickelt, die entsprechend für die Schülerinnen und Schüler gut erkennbar markiert waren. Als Orientierungshilfe diente den Lernenden ein Laufzettel.

Die Schülerinnen und Schüler konnten diese Stationen frei bearbeiten und selbst entscheiden, welchen Schwierigkeitsgrad sie auswählen wollten. Daher ist das vorliegende Stationenlernen gut geeignet für stark heterogene Lerngruppen.

Basisstationen sollten von allen Schülerinnen und Schülern besucht werden. Vertiefungsstationen setzen Vorkenntnisse über die Inhalte der Basisstationen voraus. An Knobelstationen waren Rätsel von besonders leistungsstarken Lernenden zu lösen. An den Zusatzstationen konnten die Schülerinnen und Schüler kreativ werden, wenn die anderen Stationen belegt oder wenn leistungsstarke Gruppen mit der Arbeit an den anderen Stationen früher fertig waren. Für leistungsschwache Lernende wird die Bearbeitung von Aufgaben durch Lernunterstützungen mithilfe von Hilfskarten erleichtert. Diese Hilfskarten sollen Denkanstöße liefern und Beobachtungen lenken.

Insgesamt wurden zehn Stationen für den Themenbereich Optik (Licht und Schatten) für die siebte Jahrgangsstufe konzipiert. Tabelle 1 bietet einen Überblick über die Stationen mit ihrem jeweiligen Lerngegenstand.

Nr.	Station	Lerngegenstand
1	Lichtausbreitung	Strahlenmodell, Lichtstrahl
2	Licht trifft auf Gegenstände	Lichtdurchlässigkeit, Lichtstreuung
3	Licht und Schatten	Schattenentstehung, Schattenkonstruktion
4	Sehen	Sehvorgang, Lichtstreuung
5	Schatten von zwei Lichtquellen	Kern- und Halbschatten, Schattenkonstruktion
6	Sonnenfinsternis	Entstehung von Finsternissen
7	Lochkamera	Gradlinige Lichtausbreitung
8	Rätsel des Doppelschattens	Doppelter Schattenwurf durch Reflexion
Z1	Zusatz 1	Kennenlernen verschiedener Schatten
Z2	Zusatz 2	Kreieren eigener Schatten

**Tab. 1:** Stationen mit ihren jeweiligen Themenbereichen und Lerngegenständen

#### 4. Forscherheft

Das Forscherheft „Abenteuer Optik“ (Auszug siehe Anhang) mit der dazugehörigen Stationenarbeit bildet das Herzstück der konzipierten Unterrichtseinheit. Es sollte damit ein inklusives Lernsetting entwickelt werden, so dass sowohl die Lernenden individuell auf ihrem eigenen Niveau lernen können,

die gesamte Lerngruppe aber an einem gemeinsamen Gegenstand bzw. Inhalt arbeitet [6].

Einige Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarf haben Schwierigkeiten bei der Wahrnehmung, was Barrieren im inklusiven Unterricht aufbauen kann. Um diese Barrieren abzubauen, wurde bei der Erstellung des Materials auf die Verwendung einer größeren Schriftgröße und einer kontrastreichen Darstellung geachtet. Um Überforderung zu vermeiden, wurden die Aufgaben in Teilschritte zerlegt [9]. Damit die Arbeitsaufträge von allen Lernenden unabhängig von ihren sprachlichen Kompetenzen erschlossen werden konnten, wurden die Aufgaben in einer Kombination aus Text, Realfotos und Symbolen gestaltet. Als optische Strukturierungshilfe diente der Einsatz einer wiederkehrenden Symbolik, die den Lernenden bei der Orientierung helfen und sie bei der selbstständigen Durchführung der Aufgaben unterstützen soll. Die Symbole bzw. Piktogramme mit den dazugehörigen Erklärungen sind ganz vorne in Form eines Glossars im Forscherheft zu finden.

Die Aufgabentypen sind auf Basis von Lernstrukturgittern (siehe 3.2) konzipiert. So gibt es unterschiedlich komplexe Experimentieraufgaben (konkret handelnde Darstellungsform), Zeichnungsaufgaben (anschaulich-bildhafte Darstellungsform) und Schreib-, Lese- und Erkläraufgaben (begrifflich-abstrakte Darstellungsform) in unterschiedlichen Komplexitätsgraden (von Reproduktion bis Transfer). Zudem ergänzen die reinen Beobachtungsaufgaben des Stationenlernens als basal-perzeptive Repräsentationsform das Lernstrukturgitter. Die Aufgaben sind in drei Komplexitätsniveaus unterteilt. Zum untersten Komplexitätsniveau gehören Aufgaben, bei denen Versuchsanleitungen befolgt, Beobachtungen aufgenommen und Texte gelesen werden sollen. Aufgaben des mittleren Komplexitätsniveaus gehen über dies hinaus, indem zum Beispiel eine Beobachtung interpretiert, eine Variation getätigt und beobachtet oder eine Vermutung aufgestellt werden soll. Aufgaben, die zum höchsten Komplexitätsniveau zählen, zeichnen sich durch Transferleistungen aus, beispielsweise wenn aus Versuchen allgemeine Aussagen abgeleitet, Konstruktionsskizzen angefertigt oder Erklärungen für Phänomene gegeben werden sollen.

#### 5. Datenerhebung

Vor der Einheit fragte ein Prätest vorhandene Schülervorstellungen [10] und das Fachwissen ab.

Der Posttest griff die Erfassung der Schülervorstellungen und des Fachwissens in Single- oder Multiple-Choice-Fragen auf, damit die Entwicklung zwischen Prä- und Posttest festgestellt werden konnte. Zudem sollte ein Fragebogen eine Bewertung der Schülerinnen und Schüler der gesamten Unterrichtseinheit einholen. Darüber hinaus wurde das Selbstkonzept der Lernenden erhoben, um Aussagen über die Heterogenität der Gruppe zu

machen. Zum Schluss sollte das jeweilige Themenverständnis eingeschätzt werden. Der Lernfortschritt berechnet sich aus der Differenz der prozentualen Anteile der erreichten Punkte an den Gesamtpunkten im Prä- und Posttest.

Die Unterrichtseinheit wurde mit drei siebten Parallelklassen an einer Gesamtschule durchgeführt. Insgesamt nahmen 71 Schülerinnen und Schüler an der Erhebung teil, 11 davon mit einem diagnostizierten Förderbedarf (6 im Förderschwerpunkt Lernen, 5 im Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung).

## 6. Ergebnisse

Die Ergebnisse der gesamten Lerngruppen in Prä- und Posttest machen deutlich, dass alle Schülerinnen und Schüler (sowohl Kinder mit als auch ohne Förderbedarf) durch die Einheit dazu gelernt haben [11]. Abbildung 1 zeigt den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, differenziert nach mit und ohne Förderbedarf.

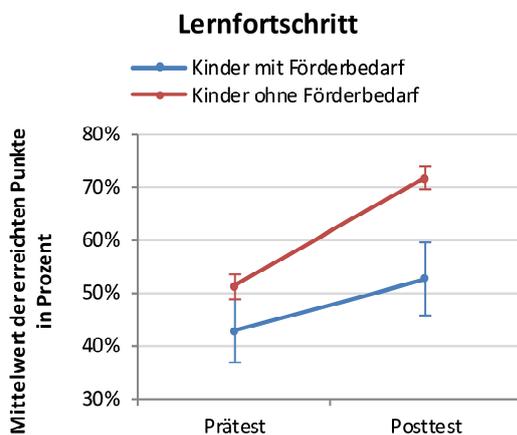


Abb.1: Lernfortschritt der Kinder mit und ohne Förderbedarf

Tendenziell lernen die Schülerinnen und Schüler mit Förderschwerpunkt „Lernen“ durch die Einheit besser als die Kinder mit Förderschwerpunkt „Emotionale und soziale Entwicklung“ [11].

Zudem lässt sich sagen, dass sich die Entwicklung von Schülervorstellungen durch Experimentierstationen in den meisten Fällen in Richtung physikalisch angemessener Vorstellungen bewegen lässt, wenn gleich sich die Präkonzepte der Förderkinder schwerer positiv beeinflussen lassen [11].

Die Schülerinnen und Schüler sowohl mit wie auch ohne Förderbedarf schätzen die Unterrichtseinheit eher positiv ein. Lernende mit und ohne Förderbedarf weisen eine vergleichbare positive Einstellung bzw. Selbstkonzept auf, wobei das Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler ohne Förderbedarf leicht positiver ausfällt. Schülerinnen und Schüler mit und ohne Förderbedarf schätzen ihr Themenverständnis eher positiv ein. Die Förderkinder beurteilen sich dabei leicht negativer als ihre Mitschüler [11].

## 7. Ausblick

Als nächster Schritt soll im Rahmen des Projektes „Entwicklung einer Lehrkräftefortbildung zum inklusiven Experimentieren“ eine Fortbildung für Physiklehrkräfte entwickelt werden, die diese dazu befähigt, das Experimentieren im Physikunterricht als erfolgreiche Unterrichtsmethode einzusetzen.

Dafür wird auf Basis der hier vorgestellten Erkenntnisse ein Unterrichtskonzept in Form einer Unterrichtseinheit erarbeitet werden, welches das Experimentieren in Gruppenarbeit im inklusiven Unterricht thematisiert.

Das erarbeitete Konzept soll in einer Fortbildung an Physiklehrkräfte vermittelt werden, die in inklusiven Klassen unterrichten. Diese sollen dann die Unterrichtseinheit in ihren Klassen umsetzen. Im Rahmen einer darauffolgenden Interventionsstudie soll die Auswirkung dieser Fortbildungen auf die Lehrkräfte selbst und den inklusiven Physikunterricht untersucht werden, indem u.a. das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler und die Bereitschaft der Lehrpersonen, auf Inklusion in der Planung einzugehen, erhoben wird.

Das Projekt ist Teil von "The Next Level", welches im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wird.

## 8. Literatur

- [1] Beauftragte der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderungen, „Die UN-Behindertenrechtskonvention - Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen“, 2008.
- [2] Bertelsmann Stiftung, „Inklusion in Deutschland. Daten und Fakten“, Bertelsmann Stiftung, Gütersloh, 2015.
- [3] K. Klemm und Bertelsmann Stiftung, „Unterwegs zur inklusiven Schule: Lagebericht 2018 aus bildungsstatistischer Perspektive“, 2018.
- [4] B. Wolters, „Selbstständiges Lernen im inklusiven Physikunterricht“, Masterarbeit, Universität Bonn, 2017.
- [5] V. Türck, „Entwicklung und Erprobung von Unterrichtsmaterialien zur Unterstützung inklusiven Physikunterrichts“, Masterarbeit, Universität Duisburg-Essen, 2016.
- [6] D. Michna und I. Melle, „Inklusiver Chemieunterricht in der Sekundarstufe I. Konzeption und Evaluation“, in *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015*, Universität Berlin, 2016.
- [7] A. Meyer, D. H. Rose, und D. Gordon, *Universal design for learning: theory and practice*. Wakefield, MA: CAST Professional Publishing, an imprint of CAST, Inc, 2014.
- [8] T. Hoffmann und J. Menthe, „Inklusiver Chemieunterricht: Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdi-

- daktik“, 2016, S. 351–360.
- [9] R. Werning und J. Baumert, „Inklusion entwickeln. Leitideen für Schulentwicklung und Lehrerbildung.“, in *Inklusion. Forschungsergebnisse und Perspektiven*, München: Oldenbourg, 2013, S. 38–55.
- [10] R. Wodzinski und T. Wilhelm, „Schülervorstellungen im Anfangsunterricht“, in *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*, Berlin, 2018, S. 244–268.
- [11] L. Sührig, „Veränderung von Schülervorstellungen durch Experimentierstationen im inklusiven Optikunterricht“, Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien im Fach Physik, Goethe-Universität Frankfurt, 2018.

Anhang

6 Abenteuer Optik

Station 1: Lichtausbreitung

Art der Station: *Basis*

Vorkenntnisse: *keine*

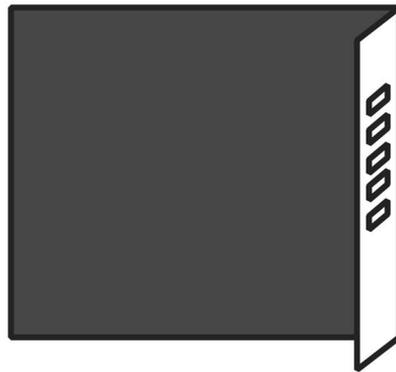
Lernziel: *Einführung des Strahlenmodells, Lichtstrahl*

Materialien: *Kerze mit Schlitz-Karteikarte, Laser, Styroporplatte mit Stecknadeln und einem Lineal*

**Aufgaben:**



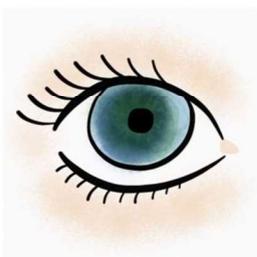
1. Stelle die Karteikarte mit den Schlitzen so wie in der Abbildung auf und stelle die Kerze daneben. Zünde nun die Kerze an.



Schlitzkarteikarte



Kerze



2. Was kannst du beobachten? Beschreibe.

---



---



---



---



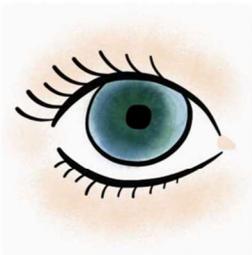
3. Was kannst du durch diesen Versuch darüber sagen, wie Licht sich ausbreitet? Kreuze an.

- Licht breitet sich geradlinig aus.
- Licht breitet sich gebogen aus.
- Licht breitet sich manchmal geradlinig, manchmal gebogen aus.

Bitte umblättern



4.  
Schalte den Laser über den Knopf an der Seite ein und stelle ihn auf die Tischplatte.  
**ACHTUNG: Schauge nicht direkt in den Laserstrahl hinein!**



5.  
Wie verläuft das Licht beim Laser? Beobachte.

---



---



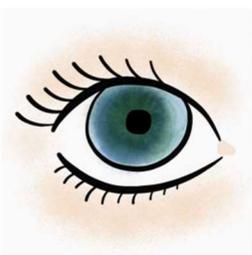
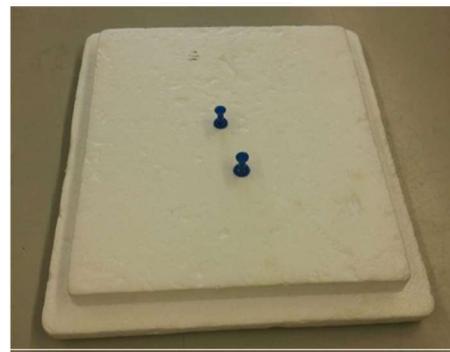
---



---



6.  
Lege ein Blatt Papier auf die Styroporplatte und stecke zwei Stecknadeln durch das Papier in die Platte. Schließe ein Auge und drehe die Styroporplatte so, dass du mit einem Auge beide Stecknadeln direkt hintereinander siehst. Stecke nun weitere Nadeln so in die Platte, dass du sie alle in einer Reihe siehst.



7.  
Liegen die Stecknadeln auf einer geraden Linie? Überprüfe das mit dem Lineal und schreibe dein Ergebnis auf.

---



---

Bitte umblättern