



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Erstellung von Unterrichtsmaterialien zur geometrischen
Optik“

Verfasser

Joachim Rottensteiner

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 190 412 406

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Lehramtsstudium Physik und Mathematik

Betreuerin / Betreuer:

Univ. Prof. Dr. Martin Hopf

Danksagung:

Mein Dank geht an alle, die mich bei meiner Diplomarbeit unterstützt haben, dazu zählen besonders Kolleginnen und Kollegen, meine Betreuerin Univ.-Ass. Mag. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer und die Schülerinnen und Schüler der 4. Klassen des Gymnasiums Rainergasse.

Ganz besonderer Dank geht an meine Eltern Hanna und Franz, deren Unterstützung ich mir immer sicher sein konnte und an Katrin, die mich während der Diplomarbeit großzügig von meinen häuslichen Pflichten entbunden hat.

Wien, Juni 2012

Zusammenfassung:

Zur geometrischen Optik gibt es eine Reihe von Ergebnissen der fachdidaktischen Forschung. Empirische Untersuchungen zeigen, dass kaum eine wirksame Umsetzung dieser Ergebnisse im Unterricht stattfindet. Als zentrales Konzept im Lernbereich der geometrischen Optik gilt die Sender-Empfänger-Vorstellung (SEV). Dieses Konzept wird im konventionellen Optikunterricht der Sekundarstufe I zu Gunsten von strahlengeometrischen Konstruktionen vernachlässigt. Die in dieser Diplomarbeit entwickelten Unterrichtsmaterialien bauen gezielt auf den aus der fachdidaktischen Forschung bekannten Schülervorstellungen auf. Die Struktur dieser Materialien basiert auf dem Optik-Lehrgang von Wiesner et. al., der ab dem Jahr 1992 in einer Aufsatzreihe in „Physik in der Schule“ erstmals vorgestellt wurde. Die zeitgemäße Umsetzung dieser Konzepte in schülergerechte Unterrichtsmaterialien wurde mit Hilfe von Akzeptanzbefragungen und der Erprobung im Unterricht geprüft.

Inhaltsverzeichnis

1	Inhalt dieser Arbeit	6
2	Theoretischer Hintergrund der Arbeit.....	7
2.1	Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler und die Bedeutung der Schülervorstellungen.....	7
2.2	Überblick über Schülervorstellungen	8
2.2.1	Licht als theoretisches System	9
2.2.2	Licht und Sehen – physikalischer Sehvorgang	11
2.3	Der Lehrgang von Wiesner, Engelhardt und Herdt.....	13
2.3.1	Die Grundideen der Konzeption - Erfahrungsschatz und SEV	14
2.3.2	Fachmethodische Überlegungen zum Lehrgang.....	15
3	Die Akzeptanzbefragung	18
3.1	Begründung der Akzeptanzbefragung	18
3.2	Zur Methode der Akzeptanzbefragung	19
3.3	Durchführung der Akzeptanzbefragung.....	20
3.4	Ergebnis der Probebefragung	21
3.5	Ergebnisse der Hauptbefragung.....	37
3.5.1	Ergebnisse der Befragung von S3 und S4.....	38
3.5.2	Ergebnisse der Befragung von S5 und S6.....	47
3.5.3	Ergebnisse der Befragung von S7 und S8.....	56
3.5.4	Vergleichende Beschreibung der Ergebnisse	65
3.5.5	Auswertung: Verständlichkeit und Lesbarkeit der Materialien	73
4	Bericht über den Einsatz der Materialien im Unterricht	93
5	Folgerungen und Aussicht.....	105
6	Literaturverzeichnis	106
7	Abbildungsverzeichnis Endfassung Unterrichtsmaterialien.....	107
	Anhang A – Leitfaden Probebefragung	
	Anhang B – Leitfaden Hauptbefragung	
	Anhang C – Hauptbefragung / Überblick Schülervorstellungen zum Sehvorgang	
	Anhang D – Unterrichtsmaterialien im Erprobungsunterricht	
	Anhang E – Endfassung der Unterrichtsmaterialien	
	Selbstständigkeitserklärung	
	Lebenslauf	

1 Inhalt dieser Arbeit

Diese Diplomarbeit versucht einen Beitrag zu leisten, um den Optikunterricht in der Sekundarstufe I wirksamer zu gestalten, indem Unterrichtsmaterialien entwickelt wurden, die nach weiterer Verbesserung am AECCP, vielleicht Eingang in Schulbücher für den Physikunterricht finden. Ziel ist es somit, leicht verständliche Schülertexte, Abbildungen etc. zu erhalten, die auf den Schülervorstellungen aufbauend den Optik-Unterricht lernwirksamer gestalten können.

Nach dieser Einleitung wird im Kapitel 2 der theoretische Hintergrund dieser Arbeit beleuchtet. Dazu gehören eine Zusammenfassung der relevanten Schülervorstellungen, die Beschreibung des Wiesner'schen Lehrganges. Danach folgt die Vorstellung der Akzeptanzbefragung als Methode zur Beobachtung und Analyse von Lernprozessen, die Formulierung der Forschungsfragen und schließlich die Ergebnisse der Akzeptanzbefragungen. Im vierten Kapitel erfolgt ein tagebuchartiger Bericht über die Erfahrungen mit den Materialien im Unterricht. Im Kapitel 5 werden Folgerungen und Aussichten für die weitere Nutzung der Materialien gegeben. Im Anhang zu dieser Diplomarbeit befinden sich jeweils die beiden Fragebögen zu den Akzeptanzbefragungen, eine Tabelle mit einer übersichtlichen Zusammenfassung der Ergebnisse der Akzeptanzbefragung zum Sehvorgang, die Unterrichtsmaterialien vor und nach der Erprobung im Unterricht und zuletzt noch ein Lösungsteil für die Endfassung.

2 Theoretischer Hintergrund der Arbeit

2.1 Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler und die Bedeutung der Schülervorstellungen

Aus zahlreichen Lernerfolgsüberprüfungen zum Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern im Optik-Unterricht ergibt sich nach Wiesner ein ernüchterndes Bild:

Die Schüler haben die wichtigen Aussagen und Zusammenhänge gar nicht oder falsch verstanden, haben bei den experimentellen Demonstrationen oder sogar bei Schülerversuchen nicht das gesehen, worauf es dem Lehrer ankam usw. (Wiesner 1992, S. 286)

Wiesner führt die Lernschwierigkeiten der Schüler auf die mangelnde Berücksichtigung der Schülervorstellungen im Unterricht zurück:

Diese Schwierigkeiten beruhen darauf, daß die Schüler mit vielfältigen Vorstellungen auf verschiedenen Abstraktionsstufen, von sehr konkreten, speziellen Vorstellungen bis zu sehr allgemeinen Sicht- und Denkweisen, in den Unterricht kommen und diese Vorstellungen in vielen Fällen „quer“ zu den zu lernenden physikalischen Ideen liegen. Dadurch ergeben sich für die Schüler erhebliche Schwierigkeiten, die physikalischen Ideen zu akzeptieren. Als Reaktion wird die physikalische Information in manchen Fällen explizit abgelehnt oder so uminterpretiert bzw. verändert, bis sie „paßt“. Das Ergebnis sind die bekannten Mißverständnisse und Mißerfolge. (Wiesner 1992, S.286)

Verbessert kann der Lernerfolg nur durch Kenntnis der Schülervorstellungen werden:

Will man den Lernerfolg verbessern – das ist selbstverständlich das Bemühen eines jeden Physiklehrers -, ist es eine unerläßliche Voraussetzung, detaillierte Informationen über die von den Schülern in für sie neuartigen Zusammenhängen aktivierten Verständnisrahmen (z. B. aristotelische oder newtonsche Sicht mechanischer Vorgänge) oder Vorstellungen zu haben. Man muß weiterhin wissen, wie elaboriert und stabil diese Vorstellungen sind, durch welche Information diese oder jene Vorstellung aktiviert wird und wo genau die Schwierigkeit liegt, einen physikalischen Verständnisrahmen zu aktivieren, in dem Informationsangebote in gewünschter Weise eingeordnet und verarbeitet werden. Welches sind die Lehrangebote, die solche Begriffsrahmen aktivieren? (Wiesner 1992, S. 286)

Herdt führt in der Beschreibung der Konzeption des der Arbeit zugrunde

liegenden Lehrganges ebenfalls aus, wie wichtig das Verständnis der Schülervorstellungen ist, um Schülerinnen und Schüler zu einem angemessenen physikalischen Denken zu führen:

In diesem Zusammenhang gehört auch die explizite kritische Auseinandersetzung mit vorbereiteten Alltagsvorstellungen zu optischen Sachverhalten. Bei der Umstrukturierung des common-sense Wissens d. h. beim fortschreitenden Übergang zum physikalischen Verständnis sind Verschiebungen zwischen den Kategorien Körper, Prozeß, Eigenschaft und Beziehung notwendig, z. B.: Die Farbe wird nicht länger als Eigenschaft eines Körpers, sondern vielmehr als Beziehung (Relation) zwischen der einfallenden Strahlung und der atomaren Oberflächenbeschaffenheit des Körpers verstanden....(Herdt 1990, S.86)

„Conceptual-Change“-Theorien erklären, unter welchen Voraussetzungen der Wechsel von Alltagsvorstellungen zu fachwissenschaftlich begründeten Vorstellungen erfolgt.

Schließlich wird mit dem Ausdruck „change“ an Kuhns (1976) Paradigmenwechsel angeknüpft, der den Erkenntnisgewinn in der Wissenschaft beschreibt, welcher mit einer plötzlichen, radikalen und generellen, also revolutionären Veränderung von Ansichten, Beurteilungen und Interpretationen einhergeht. Beim Lernen werden unter dieser Ersetzungsperspektive in Analogie zum Paradigmenwechsel alte Vorstellungen zu Gunsten neuer Vorstellungen aufgegeben. (Krüger 2007, S.81)

Um den Lernprozess erfolgreich gestalten zu können, ist es also unerlässlich zu wissen, von welchen „alten Vorstellungen“ die Schülerinnen und Schüler eigentlich ausgehen.

2.2 Überblick über Schülervorstellungen

Herdt fasst in dem Buch „Einführung in die elementare Optik“ unter dem Kapitel „Überblick über Untersuchungen zu Schülervorstellungen in Optik“ die Ergebnisse relevanter Untersuchungen zum Thema zusammen. Für die in weiterer Folge vorgestellte Akzeptanzbefragung waren die Zusammenfassungen zu den Gebieten „Licht als theoretisches System“, „Licht und Sehen – physikalischer Sehvorgang“, „Die Sender-Empfänger-Vorstellung“ und „Inkohärente Streuung“ interessant. Die nachfolgende Zusammenfassung

der Schülervorstellungen bezieht sich im Wesentlichen auf folgende Arbeiten:

- a) Die Untersuchungen von Jung (1981/192/1985/1988): Jung hat dabei mit unterschiedlichen Methoden Schülervorstellungen vor und nach dem Optik-Unterricht untersucht.
- b) "Light and its Properties" (Andersson & Kärrqvist 1982): Andersson und Kärrqvist haben diesen Untersuchungsbericht 1981 unter dem Titel „Ljuset och dess egenskaper“ publiziert. Die Übersetzung wurde von Thylander im Englischen unter dem Titel „Light and its Properties“ veröffentlicht. In dieser Arbeit wurden schwedische Gesamtschüler der Klassen 6 bis 9 mit Hilfe eines Fragebogens schriftlich zu Licht und seinen Eigenschaften befragt.
- c) Die Vorstellungen von Kindern über Licht (Guesne 1984): Guesne (Universität Paris) hat in dieser Untersuchung vor-unterrichtliche Schülervorstellungen über Licht erhoben. Sie hat in standardisierten individuellen Interviews etwa 30 Vor-Optik-Schüler im Alter zwischen 13 und 14 Jahren befragt. Diese Untersuchung wurde 1984 von Jung ins Deutsche übertragen. Herdt fasst die umfangreiche englische Publikation „light“ (Guesne 1985) zusammen.

2.2.1 Licht als theoretisches System

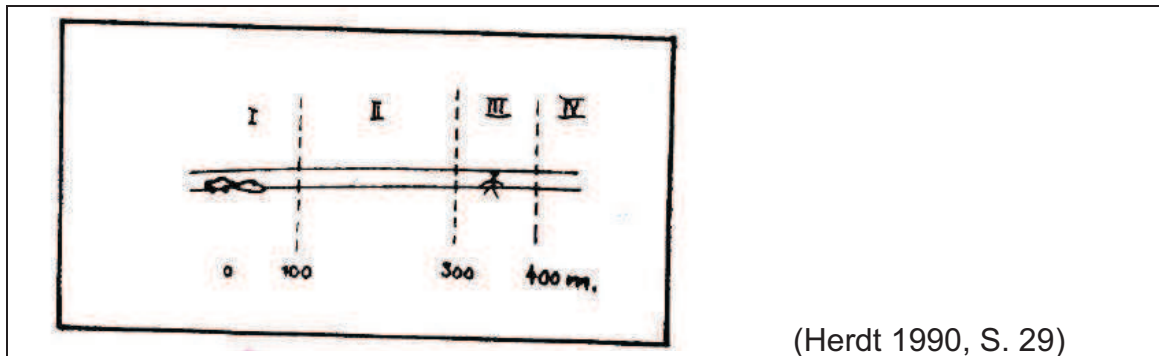
Dieser Punkt beschreibt das Verständnis von Licht und den Eigenschaften, die dem Licht von Physikern zugeordnet werden. Herdt (1990, S.29) zitiert Guesne wie folgt:

For the physicist, light is an entity that propagates in space from a source, that interacts with objects it encounters in its path and produces then various effects...It possesses a certain number of properties: in homegenous space, it propagates along straight lines; its speed of propagation is finite, i. e. Light always takes a certain amount of time to go from one place to another; it can disappear, partially or totally, when it crosses a material medium, and is conserved as long as it does not encounter any absorbing medium...(Guesne 1985, S.13)

Andersson & Kärrqvist kommen zu ernüchternden Ergebnissen bei ihren Untersuchungen zu diesem Thema. Sie untersuchten die folgende

Fragestellung:

In einer klaren Nacht steht ein geparktes Auto auf einer geraden ebenen Straße. Das Abblendlicht ist eingeschaltet. Ein Fußgänger steht auf der Straße und sieht die Scheinwerfer des Wagens. Die Straße ist in vier Abschnitte unterteilt. In welchen Gebieten ist deiner Meinung nach Licht? Erkläre deine Antwort!



Die physikalisch richtigen Antworten waren im niedrigen einstelligen Prozentbereich. Die Antwort, Licht geht bis ins Unendliche, wurde bestenfalls von 3% der befragten Schüler angegeben. Herdt stellt zu dieser Untersuchung fest:

Die Vorstellung „light is something that exists in space, separate from sources and effects“ (Andersson & Kärquist, o. c.) ist den meisten Schülern auch nach dem Optik-Unterricht nicht vertraut. (Herdt 1990, S.34)

Guesne befragte sowohl 10-11jährige als auch 13-14jährige Schüler nach dem Vorkommen von Licht im Zimmer (alle Schüler hatten keinen Optik-Unterricht). Sie stellt laut Herdt zwei vom Alter abhängige Vorstellungen fest:

Vom überwiegenden Teil der 10-11jährigen wird Licht gleichgesetzt mit seiner Quelle, seinen Wirkungen oder mit einem Zustand, i. e. Helligkeit/Dunkelheit.

Teile der 13-14jährigen erkennen das Licht als einen besonderen Gegenstand (im Sinne eines theoretischen Systems), der im Raum zwischen seiner Quelle und den Wirkungen, die es erzeugt, lokalisiert ist. (Herdt 1990, S. 34,35)

Wiesner, dessen Arbeit in diesem Zusammenhang erwähnt wird (Wiesner & Claus 1985), hingegen kommt bei seinen quantitativen Untersuchungen zu überwiegend positiven Ergebnissen, was die Verbreitung einer Strömungsvorstellung bei Schülern anlangt.

Jung untersuchte bei seiner Arbeit die folgende Fragestellung:

„Angenommen in einem großen Zimmer mit einem Fenster wird sehr rasch der Laden geschlossen. Ist nach dem Schließen des Ladens noch eine Zeit lang Licht im Zimmer? (Herdt 1990, S. 36)

Es dominierte dabei die Vorstellung, dass es Licht nur dann gibt, wenn eine direkte Verbindung zur Quelle besteht. Eine Erhaltung des Lichts, wenn der Lichtstrom von außen abgesperrt wird, erschien den Schülern nicht plausibel. Selbst nach Nahelegen einer Wasserstromanalogie sind die meisten Schüler nicht auf die Beschreibung des von der Lichtquelle losgelösten Lichtstroms eingegangen.

Herdt führt die teilweise widersprüchlichen Aussagen der Untersuchungen auf methodische Probleme zurück.

2.2.2 Licht und Sehen – physikalischer Sehvorgang

Unter diesem Punkt behandelt Herdt die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zum physikalischen Sehvorgang. Er unterscheidet die Unterpunkte „Sender–Empfänger“-Vorstellung (SEV) und inkohärente Streuung. Die SEV beschreibt die Tatsache, dass der gesehene Körper Licht abstrahlt und das Auge Teile dieses Streulichts empfängt. Die inkohärente Streuung beschreibt die Lichtstreuung an gewöhnlichen Gegenständen. SEV und inkohärente Streuung sind zentral für das Verständnis vom Sehen nicht selbst leuchtender Gegenstände. Das Ergebnis der Studien nimmt er gleich vorweg:

Verschiedene Studien stimmen in dem Ergebnis überein, daß in diesem fundamentalen Bereich selbst nach Unterricht überwiegend unphysikalische Schülervorstellungen dominieren. (Herdt 1990, S. 37)

Die „Sender–Empfänger“-Vorstellung

Bei der Untersuchung von Andersson & Kärrqvist zeigt sich, dass selbst bei Klassen, die schon Optik-Unterricht hatten, Antworten im Sinne der SEV nur von 21% bzw. 30% der Schüler gegeben wurden. Herdt zitiert dabei einen

Protokoll-Auszug, der belegt, dass für viele Schüler das Sehen eines Gegenstandes als Trivialität gilt, über die nicht oft nachgedacht wird.

Zu Jungs Untersuchung führt Herdt das Beispiel einer Schülerin an, die zwar überdurchschnittliche Leistungen im klassischen Optik-Unterricht erbrachte, aber nicht erklären konnte, wie der Sehvorgang an einem Aschenbecher funktioniert. Er zitiert dabei unter anderem folgende Aussage einer Schülerin, die nicht akzeptieren will, dass Licht von einem Aschenbecher ausgeht:

S: Das glaub' ich nicht! Das (der Aschenbecher) ist ja keine Lampe! Da ist ja die Birne (im Raum ist eine Lampe an), durch die geht Strom. Das haben Gegenstände ja nicht! (Jung 1983a, S. 151)

Bei der Untersuchung von Guesne wird nach Herdt festgestellt, dass keiner der von ihr befragten (Vor-Optik-) Schüler über das Konzept der Streuung für das Sehen von nicht selbst leuchtenden Körpern verfügte (Herdt 1990, S.39). Er führt weiter aus:

Dagegen dominiert selbst bei älteren Schülern die Auffassung, dass allein der Spiegel das Licht zurückwerfe, während etwa bei der Beleuchtung eines weißen Papierbogens das Licht auf der Oberfläche liegen bleibt, und zwar im Sinne von Helligkeit (Licht als Zustand). (Herdt 1990, S.40)

Zusammenfassend stellt Herdt fest, dass nach diesen Untersuchungen die „Sender-Empfänger“-Vorstellung den Schülern und Schülerinnen nicht sehr plausibel erscheint. Die Schüler sehen dabei nicht die Notwendigkeit, dass der gesehene Körper Licht abstrahlt und dass das Auge etwas von dem Streulicht empfängt. Die Beziehung zwischen Lichtquelle, Gegenstand und Auge ist in diesem Zusammenhang oft nicht klar. Selbst bei älteren Schülern und Schülerinnen dominiert oft die Vorstellung, dass Licht auf der Oberfläche eines Gegenstandes liegen bleibt und diesen so hell macht. Auch Nach-Optik Schüler verharren mehrheitlich auf dem (vorunterrichtlichen) Fehlverständnis des Sehvorgangs.

Inkohärente Streuung

Herdt wiederholt unter dem Unterpunkt inkohärente Streuung erneut die Bedeutung der Sender Empfänger Vorstellung.

Wie bereits dargestellt wurde, ist die Vorstellung der Lichtstreuung an gewöhnlichen Gegenständen (inkohärente Streuung) eine wichtige Voraussetzung für die Erklärung beliebiger Sehvorgänge mit Hilfe der S-E-V. (Herdt 1990, S.42)

Er fasst die Befunde vorab zusammen:

Die hier berücksichtigten Studien haben übereinstimmend dazu ergeben, dass kaum ein Schüler vor Unterricht über die Vorstellung verfügt, daß beleuchtete Gegenstände (Streu-)Licht abstrahlen. Diese Fähigkeit wird allenfalls dem Spiegel oder hochglänzenden Oberflächen zugestanden. (Herdt 1990, S. 42)

In einer Arbeit von Jung (1982a) wurde untersucht, ob Nach-Optik Schüler das Sehen von nicht leuchtenden Gegenständen mit der Abstrahlung und dem Empfang von Streulicht in Verbindung bringen. Das Item dazu enthält zusammenfassend die Frage, ob in einer Dunkelkammer ein weißes Blatt mit einem Rußfleck in der Mitte noch gesehen werden kann. Jung hat dabei einen überraschend hohen Prozentsatz an Ja-Sagern festgestellt. (Je nach untersuchter Gruppe von 20 – 30%.) Diese finden sich sowohl bei leistungsstarken als auch leistungsschwachen Schülern. Herdt zitiert in Folge sogar eine „richtige“ Antwort eines Schülers, die aufgrund der undifferenzierten Verwendung des Reflexionsbegriffs kritisch zu hinterfragen ist. Er fasst die Problematik wie folgt zusammen:

Hier wird auch der übergeneralisierte Gebrauch des Reflexionsbegriffes – der außerdem auch ein Allerweltsbegriff ist – deutlich. Ein Teil der Nach-Optik-Schüler subsumiert auch die inkohärente Streuung unter diesen Begriff: Alles Licht, das von Gegenständen zurückgeworfen wird, heißt „reflektiert“. (Herdt 1990, S. 43)

Herdt kritisiert in einer Fußnote, dass diese unbedachte Verwendung des Reflexionsgesetzes teilweise auch durch Schulbücher unterstützt wird:

Führende Lehrbücher für die elementare Optik unterscheiden zwischen diffuser Reflexion (Streuung) und gleichmäßiger Reflexion (Reflexion im Sinne des Reflexionsgesetzes): Durch diese Begriffsbildung wird dem undifferenzierten Gebrauch des Reflexionsgesetzes Vorschub geleistet. (Herdt 1990, S. 43)

2.3 Der Lehrgang von Wiesner, Engelhardt und Herdt

Dieser Lehrgang für die elementare Optik wurde von Wiesner in einer 10teiligen Aufsatzreihe unter dem Titel „Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über

Optik“ im Periodikum „Physik in der Schule“ in den Jahren 1992 bis 1994 vorgestellt. Zu dieser Aufsatzreihe wurden zweibändige Unterrichtsmaterialien unter dem Titel „Unterricht Physik - Optik I +II“ im Aulis Verlag Deubner & Co. veröffentlicht. Der Lehrgang wurde so entworfen, dass er die durch diverse Untersuchungen erforschten Schülervorstellungen berücksichtigt. Andererseits legt dieser Lehrgang im Vergleich zu konventionellen Konzeptionen den Schwerpunkt stärker auf die Vermittlung der SEV als auf strahlengeometrische Konstruktionen. Bei einer Vergleichsuntersuchung die im Schuljahr 1988/89 mit 15 beteiligten Klassen durchgeführt wurde, zeigte sich, dass die Versuchsgruppen, die gemäß den Prinzipien dieses Lehrganges unterrichtet wurden, den Kontrollgruppen hochsignifikant überlegen waren (vgl. Wiesner, 1992, S.330). Die Ergebnisse dieser Vergleichsuntersuchung werden ausführlich in Herdt (1990) erörtert. Aufgrund dieser guten Ergebnisse, bauen die in dieser Diplomarbeit entwickelten Unterrichtsmaterialien auf dem Lehrgang von Wiesner et. al. auf.

2.3.1 Die Grundideen der Konzeption - Erfahrungsschatz und SEV

Das Konzept sieht vor, dass Schülerinnen und Schüler zuerst eine breite Erfahrungsbasis an Phänomenen ausbilden sollen. Die Autoren argumentieren, dass ohne ausreichendes Wissen über die Phänomene theoretische Konstruktionen in der Luft hängen. Die üblichen Theorieansätze zur Erklärung und Einordnung werden erst eingeführt, wenn die Erscheinungen gründlich und relativ theoriearm untersucht wurden und bekannt sind. Die Autoren bringen als Beispiel die Vorgehensweise zum Spiegelbild. Zuerst werden das Spiegelbild und seine Eigenschaften beobachtet. Danach werden die Ergebnisse systematisiert und das Spiegelbild wird genauer untersucht. (Unabhängigkeit des Bildortes vom Beobachter z. B. etc...) Danach erst wird das Zustandekommen dieser Erscheinungen über das Reflexionsgesetz erklärt (vgl. Wiesner et. al. 1993, S.13f). Ein ebenso wesentliches Merkmal des Lehrganges ist die Betonung des Streubegriffs gegenüber dem Reflexionsbegriff. Wiesner schreibt in der Aufsatzreihe:

Bewußt wird bei der Einführung der SEV dem Teilaspekt der Streuung besondere Aufmerksamkeit gewidmet und nicht auf die unangemessene Ping-Pong-Analogie zurückgegriffen, nach der das auf der Oberfläche auffallende Licht wie ein Tischtennisball reflektiert wird. Diese Analogie ist irreführend, weil bei der Streuung im allgemeinen gerade nicht in einer Vorzugsrichtung abgestrahlt wird und ein weiterführendes Verständnis z. B. in Richtung einer selektiven Absorption blockiert wird. Wieso sieht man bei Beleuchtung mit der gleichen Lampe den einen Gegenstand rot und den anderen blau, wenn das Licht nur abprallt? (Wiesner 1992, S.327)

Konkret schreibt Wiesner zur Beziehung von Streuung zur Reflexion:

Die Abstrahlung von Licht (aufgrund von Beleuchten) ohne deutliche Vorzugsrichtung, also die Streuung von Licht, ist der allgemeine und verbreitetste Fall für die Abstrahlung von Licht. Zur deutlichen Absetzung von dem Wort Reflexion, das von vielen Schülern sehr undifferenziert verwendet wird.....Die verbreitete Bezeichnung „diffuse Reflexion“ führt i. d. R. zu falschen und blockierenden Vorstellungen und sollte deshalb nicht verwendet werden. (Wiesner 1992, S.330)

Damit steht der Lehrgang im Widerspruch zu Ansätzen, bei denen zuerst die Reflexion gezeigt wird und danach die Streuung als Anwendungsfall der Reflexion erklärt wird (diffuse Reflexion). Der Lehrgang unterscheidet sich auch von der Stoffgewichtung her inhaltlich von den bisherigen Konzeptionen für den Optik-Unterricht. Der Lehrgang ist fundamentaler. Der Sender-Empfänger-Vorstellung (SEV) als wesentliche Voraussetzung für das Verständnis der elementaren Optik wird besonders Raum gegeben.

2.3.2 Fachmethodische Überlegungen zum Lehrgang

Unter dem Kapitel „Didaktische Leitvorstellungen und Gesamtplanungsfeld“ findet sich im Band 1 des Optik-Lehrbuches von Wiesner et. al. ein Unterkapitel „Fachmethodische Überlegungen und Schülervorstellungen“. Die Autoren unterscheiden hier drei Schwerpunkte: Sehvermögen, Ausbreitung des Lichts und Spiegelbild (vgl. Wiesner et. al 1995, S. 13)

Sehvermögen

Unter diesem vielleicht etwas unglücklich formulierten Überbegriff fassen die Autoren die Schülervorstellungen zum Sehvorgang zusammen. Sie kommen zu

dem Schluss, dass der Aspekt, dass Licht vom Auge empfangen wird, stärker betont werden müsse. Als methodisches Hilfsmittel dient die Lochkamera als Lichtempfänger oder beleuchtete farbige Oberflächen, die einen Farbeindruck bei umliegenden Gegenständen erzeugen.

Ausbreitung des Lichts

Schülerinnen und Schüler wissen zwar, dass primäre Lichtquellen Licht abstrahlen, sie verstehen das aber nicht notwendigerweise als einen kontinuierlichen Abstrahlungsprozess, bei dem Licht gleichmäßig wegströmt. Die Vorstellung ist eher, dass das Licht auf einer Fläche ankommt und dort bleibt. Gleichzeitig wird die Erfahrung, dass Lichtquellen aus großer Entfernung nicht mehr zu sehen sind, so gedeutet, dass sich das Licht nur endlich ausbreiten kann. In dem Lehrgang wird so darauf reagiert, dass dem Ausbreitungsvorgang relativ viel Zeit im Vergleich zum konventionellen Unterricht gewidmet wird. Zentral ist dabei unter anderem der Versuch mit Staubteilchen in einem Lichtkegel, da so die begrenzte Reichweite einer Lichtquelle plausibel gemacht wird.

Das Spiegelbild

Die Schwierigkeiten bei diesem Thema sind, dass es Schülern schwer fällt, zu akzeptieren, dass das Spiegelbild hinter dem Spiegel entsteht. Es fällt ihnen auch schwer, den Zusammenhang zwischen Spiegelbild und Reflexionsgesetz herzustellen. Im Konzept wird darauf durch Vergleichsversuche und durch den Bau eines Entfernungsmessers eingegangen.

In Band 2 findet sich ebenfalls ein Kapitel mit didaktischen Leitvorstellungen auf Seite 11 (vgl. Wiesner et.al.1996). Als zwei bedeutende Schwierigkeiten werden die Luftbilder und der Abbildungsvorgang identifiziert.

Luftbilder

Es gibt erhebliche Widerstände unter Schülerinnen und Schülern, Luftbilder als

etwas Reales zu akzeptieren. Als Überzeugungshilfe wird das Scharfstellen mit dem Entfernungsmesser oder einer Spiegelreflexkamera empfohlen.

Der Abbildungsvorgang

Die Sammellinse wird primär als ein optisches Gerät angesehen, das Licht sammelt. Die Brennglas-Eigenschaft wird von Schülerinnen und Schülern viel eher im Gedächtnis behalten als die abbildende Eigenschaft. Bei der Beschreibung des Abbildungsvorgangs dominiert die Annahme, dass das Bild als Ganzes vom Gegenstand durch die Linse zum Schirm wandert. Gibt man eine teilweise abgedeckte Linse vor, so wird von Schülerinnen und Schülern erwartet, dass das Bild abgeschnitten wird.

Um die beiden oben genannten Schwierigkeiten zu reduzieren, wird von den Autoren eine konsequente Umsetzung des „Fleck zu Fleck“ Schemas empfohlen. Die Oberfläche eines abgebildeten Gegenstandes besteht aus lauter kleinen Leuchtflecken. Von jedem dieser Leuchtflecke wird Licht in die verschiedensten Richtungen abgestrahlt. Durch eine Linse wird ein vom Leuchtfleck ausgehender Lichtkegel in einen Bildfleck übergeführt. So entsteht eine eindeutige Zuordnung.

3 Die Akzeptanzbefragung

3.1 Begründung der Akzeptanzbefragung

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, die bereits vorgestellten Materialien von Wiesner, Engelhart und Herdt zu modernisieren und zu straffen. Dank technischem Fortschritt kann man heute auf LED-Technik, Internet-Applets, Videos von diversen Videoportalen und Applikationen auf Smartphones zurückgreifen. Andererseits sollen aktuelle Methoden zur Gestaltung von verständlichen Texten bei der Gestaltung der Materialien angewandt werden. Die Qualität und Verfügbarkeit der Kopiergeräte hat sich ebenfalls verbessert, generell können Materialien heute einfach anders erstellt werden als vor 20 Jahren, als der Band „Optik I“ erschienen ist.

Die Autoren veranschlagen z. B. für den Band 1 für 8 Unterrichtseinheiten eine Zeit von mindestens 28 Unterrichtsstunden. Das ist weit über dem, was im Unterricht tatsächlich an Zeit zur Verfügung steht. Bei der Erstellung der Materialien wurde als Zielgröße 10 Unterrichtsstunden für die Inhalte des ersten Bandes festgelegt. Weiters wurde danach getrachtet, Versuche möglichst einfach zu gestalten, sodass sie unter geringem Materialaufwand in kurzer Zeit vorbereitet werden können. Da war z. B. die LED-Technik in Gestalt eines LED-Spots eine große Hilfe bei der Vermittlung des „Fleck zu Fleck“ Schemas. Klarerweise bedeutet eine Straffung der Materialien auch das Risiko, dass das Konzept an Wirksamkeit verliert. Die Materialien mussten daher getestet werden. Da die Materialien des ersten Bandes in ihrer Form für eine Testung zu umfangreich waren, wurde nur der Teilbereich physikalischer Sehvorgang einer genaueren Untersuchung unterzogen. Mittels einer Akzeptanzbefragung wurde überprüft, inwieweit die Materialien verständlich waren und die physikalisch richtige Vorstellung, die Sender-Empfänger-Vorstellung, unterstützten. Die Ergebnisse dieser Akzeptanzbefragung sollten in die Erstellung der anderen Materialien extrapoliert werden.

3.2 Zur Methode der Akzeptanzbefragung

Die Methode der Akzeptanz- oder Widerstandsbefragung wurde von Jung entwickelt, um Lernprozesse, Lernwiderstände und Lernschwierigkeiten in eng abgegrenzten Bereichen der Physik zu untersuchen bzw. aufzudecken. Untersucht man eine Abfolge von Erklärungen, d. h. eine Lernsequenz, dann spricht man von einer Akzeptanzbefragungssequenz. Die Akzeptanzbefragung zählt zur qualitativen erziehungswissenschaftlichen Forschung. Sie ähnelt der Methode des Leitfaden-Interviews, bei dem ein Interviewer vorformulierte Fragen zu vorformulierten Themen benutzt. Akzeptanzbefragungen geben dabei aufgrund der physikalisch vorgegebenen Sachstruktur als auch durch die konkrete Fragestellung einen relativ engen Rahmen vor, in dem allerdings relativ flexibel auf die Reaktionen der Befragten reagiert werden soll (vgl. Gleixner 1998, S. 91).

Der Ablauf einer Akzeptanzbefragung läuft im Wesentlichen wie folgt ab: Zuerst werden den Schülerinnen und Schülern während der Befragung durch eine kurze mündliche Erklärung physikalische Begriffe und Erklärungen verständlich gemacht. Danach werden die Schüler aufgefordert, diese Erklärungen zu bewerten. Im nächsten Schritt wird der befragte Schüler/die befragte Schülerin aufgefordert, diese Erklärung in eigenen Worten zu wiederholen. Danach werden die Schüler und Schülerinnen aufgefordert, diese Erklärung auf mehrere konkrete Beispiele anzuwenden (vgl. Blumör 1993, S.104).

Blumör fasst die Ziele der Akzeptanzbefragungen wie folgt zusammen:

Die Rekonstruktion von Verläufen rückt den individuellen Lernprozeß des Schülers in den Vordergrund mit dem Ziel, bereichsspezifische Hindernisse und Widerstände aufzuspüren. In erster Linie werden damit einflußreiche Mißverständnisse festgestellt und dokumentiert, gravierende sprachliche und semantische Schwierigkeiten isoliert und lernhemmende, aber auch lernfördernde Vorstellungen freigelegt (siehe auch Jung 1991.(Blumör 1993, S. 104)

3.3 Durchführung der Akzeptanzbefragung

In der Akzeptanzbefragung zu den Unterrichtsmaterialien wurden konkret zwei Forschungsfragen gestellt:

Wo treten durch und in Texten, Versuchen oder Abbildungen Lernwiderstände auf? Bei der Beantwortung dieser Frage sollte geklärt werden, an welchen Stellen bei Texten und Abbildungen Widerstände und Lernschwierigkeiten auftreten und wann die Unterrichtsmaterialien in ihrer Darstellung akzeptiert werden.

Unterstützen die Materialien ein Verständnis des Sehvorganges im Sinne der SEV? Diese Frage sollte beantworten, zu welchem Zeitpunkt die befragten Schülerinnen und Schüler auf welche Vorstellung des Sehvorganges zurückgreifen. Durch welches Informationsangebot wird die SEV leichter akzeptiert, wann treten Widerstände auf? Wann wird die SEV angewendet um physikalische Phänomene zu erklären?

Die entwickelten Unterrichtsmaterialien und der Organisationsablauf wurden zunächst in einer Probebefragung erprobt. An dieser Probebefragung nahmen eine Schülerin und ein Schüler der 4.Klasse eines Wiener Gymnasiums teil. Nach dieser Probebefragung wurden einige organisatorische Änderungen und Änderungen des Interviewleitfadens vorgenommen. Die Hauptbefragung fand dann mit insgesamt 6 Schülern statt. Im Kasten unterhalb steht ein Überblick über die beteiligten Probanden. (Geschlecht: w/m, Physiknote: Ph, Deutschnote: D)

Probebefragung	Hauptbefragung		
S1 (w/Ph:2)	S3 (m/Ph:2/D:3)	S5 (w/Ph:4/D:3)	S7 (w/Ph:1/D:1)
S2 (m/Ph:2)	S4 (w/Ph:4/D:2)	S6 (w/Ph:3/D:3)	S8 (w/Ph:4/D:2)

Eine Akzeptanzbefragung fand jeweils mit zwei Schülern statt, wobei ein dritter Schüler jeweils die Kamera bediente. Ausgelegt war eine Akzeptanzbefragung für die Dauer einer Doppelstunde. Die Befragungen fanden bis auf den zweiten Teil der Probebefragung ausschließlich am Nachmittag statt. Die

Akzeptanzbefragungen wurden auf Videoband aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Bei der Auswertung der Hauptbefragungen wurden die Protokolle getrennt nach „Akzeptanz des Materials“ und „Akzeptanz der SEV“ ausgewertet. Die Videos wurden dabei zuerst vollständig transkribiert und danach auf vergleichbare bzw. wesentliche Stellen untersucht. Die Zeitangaben in den folgenden Auswertungen geben immer den Beginn des jeweiligen Gesprächsauschnittes in dem jeweiligen Video an.

3.4 Ergebnis der Probebefragung

Vor der Durchführung der eigentlichen Akzeptanzbefragung wurde eine Probebefragung durchgeführt, um die Materialien und den organisatorischen Ablauf zu testen. Ziel der Probebefragung war es, offensichtliche Unzulänglichkeiten frühzeitig zu erkennen und herauszufinden, ob der Befragungsablauf für die Hauptbefragung verändert werden müsse. Bei der Testbefragung wurden jeweils ein Mädchen (S1) und ein Bub (S2) befragt. Das Mädchen (S1) hatte jedoch deutliche Probleme mit der deutschen Sprache, da es erst ca. 2 Jahren von den USA nach Österreich gezogen ist.

Die Probebefragung hatte folgenden Ablauf: Zuerst wurde eine Applet aus Leifi Physik¹ zum Sehvorgang gezeigt. Danach gab es einen Kurzvortrag über den allgemeinen Sehvorgang mit Erklärung der Funktion des Auges. Erst im Anschluss kamen die eigentlichen Unterrichtsmaterialien, die in 8 Blöcke gegliedert waren (Siehe Anhang A: Interviewleitfaden für die Probebefragung).

Die Testbefragung war eigentlich für die Dauer einer Doppelstunde ausgelegt. Sie musste jedoch in zwei Etappen durchgeführt werden, da in einer Doppelstunde bei weitem nicht der geplante Umfang der Unterlagen durchgenommen werden konnte. Es wurden daher für die Hauptbefragung organisatorische Änderungen vorgenommen, um eine zügigere Befragung zu ermöglichen. Dazu gehörte z. B. ein strafferer Interviewleitfaden, die klarere

¹http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/grundwissen/01_sehvorgang/sehvorgang-geschichte.htm

Fokussierung der Fragen, eine Änderung Sitzanordnung Schüler – Interviewer (SchülerInnen und Interviewer saßen einander bei der Hauptbefragung an einem Tisch direkt gegenüber), Demonstration von Versuchen direkt vor den Schülern auf dem Schreibtisch etc..

Der folgende Bericht zu den Blöcken ist nach der folgenden Struktur gestaltet: Zuerst werden die Lernziele des Blockes angeführt. Unter dem Teil Erfahrungen werden wesentliche Zitate zu jedem Block angeführt. Unter der Überschrift Änderungen werden die wichtigsten Änderungen für die Hauptbefragung angeführt.

1. Block

Intention des 1. Blocks war es, dass die Schüler die Analogie zwischen Lochkamera und Auge erkennen bzw. die Lochkamera als Lichtmessgerät begreifen sollten. Außerdem sollten erste Beobachtungserfahrungen gesammelt und Zusammenhänge zwischen Auszuglänge der Lochkamera bzw. der Gegenstandsweite und der Bildgröße erkannt werden. So sollten die Abbildungsgleichungen vorbereitet werden. Die Schülerinnen und Schüler sollten auch das Bild am Schirm beschreiben können und dabei erkennen, dass das Bild am Schirm verkehrt ist. (Leitfaden für die Probebefragung – Siehe Anhang A)

Erfahrungen

Es ergab sich die Notwendigkeit, die Lochkamera in den Materialien genauer vorzustellen und die Teile zu benennen (Beispiel 1).

S2: Schwierig zu verstehen. Wenn man jetzt eine Lochkamera erstmal sieht. Ich hab sowas noch nie gesehen. Ich hab jetzt keine Ahnung was ein Auszug und was weiß ich was ist.

I: Ok. Ja.

S2: Ich hab jetzt keine Ahnung, was ich machen soll.

Beispiel 1 in Video 1 ab 12:47

Sinn der Beobachtungsversuche war es, dass die Probanden erste Zusammenhänge zwischen Auszuglänge und Bildgröße erkannten. Eher problematisch für den Einsatz im Unterricht war aus meiner Sicht, dass diese

Zusammenhänge von anderen Beobachtungen überlagert wurden (Beispiel 2 u. 3).

I: Was hast du jetzt gesehen?

S2: Ich hab bei dem auch nur gesehen, dass es schärfer und unschärfer wurde. Und da waren dann auch noch zwei Strahlen auf der Seite, die immer länger geworden sind, aber sonst wird's umgedreht. Und der Pfeil ist, also je länger man es ausgezogen hat, desto unschärfer war nachher der Pfeil und der Strahler.

I: Unschärfer ist er geworden und der Strahler?

S2: Ja, er ist der Strahler geworden und dann hat man weniger gesehen.

I: Also unschärfer oder der Strahler?

S2: Der Strahler

Beispiel 2 in Video 1 ab 21:34

I: Die Frage wie man jetzt die Frage beantworten, was hast du aufgeschrieben als Antwort, auf die Frage, die da steht? Auf den Auftrag hier?

S1: Ja es verändert sich. Je weiter weg, desto besser und schärfer und größer sieht's man und je mehr man es so reinschiebt, wird es mehr zu? diesem einen Punkt.

Beispiel 3 in Video 1 ab 28:20

Die Kurzschreibweise „Verändere die Entfernung Gegenstand-Lochkamera nicht...“ erwies sich für S1 als unverständlich (Beispiel 4).

N: Ihr habt in die Stichwörter geschrieben?

L: Hm?

N: Ist das in Stichwörtern geschrieben?

L: Nein, eigentlich nicht.

N: Entfernung Gegenstand?

F: Das ist vom Gegenstand zur Lochkamera. Das ist die Strecke.

L: A so hm. Was möchtest lieber: Verändere die Entfernung vom Gegenstand zur Lochkamera nicht.

N: Ah! Kein zur!

Beispiel 4 in Video 1 ab 23:18

Der Beobachtungsauftrag zur Untersuchung verschiedener Auszugslängen warf für S2 generell Fragen auf (Siehe Beispiel 5).

S1: Das heißt, wir sollen genau machen, was wir gerade eben gemacht haben, aber ohne das Ding ausziehen. So?

I: Ohne was nicht zu tun?

S1: Ohne den Auszug ausziehen.

I: Jetzt heißt den Auszug hineindrücken. Ausgezogen reinschaun und dann so hinein, oder?

S1: O. k., soll man das ausziehen?

S2: Ausziehen, hineinschauen, reindrücken

Beispiel 5 in Video 1 ab 23:55

Änderungen im ersten Block

Das Kapitel „Die Lochkamera – Ein Augenmodell und Lichtempfänger“ wurde

im ersten Block hinzugefügt. In diesem Kapitel wurden die Kamera und ihre Teile ausführlich vorgestellt. Das Verständnis der Analogie Auge-Lochkamera wurde durch einen Lückentext unterstützt. Das Kapitel „Beobachtungen mit Lochkamera“ wurde hinzugefügt. Hier wurde im Wesentlichen durch eine Abbildung gezeigt, wie man die Lochkamera benutzt. Die Beobachtungsaufgaben wurden in der Hauptbefragung gestraft. Es war nicht mehr Ziel, dass die Probanden die Veränderung des Bildes mit der Auszuglänge und Gegenstandsweite beschreiben können. Es wurde der Fokus auf die Lochkamera als Lichtempfänger gelegt. So sollten die Probanden z. B. erkennen, dass ein Bild nur gesehen werden kann, wenn Licht in die Lochkamera fällt.

(Interviewleitfaden für die Hauptbefragung: Siehe Anhang B.)

2. Block

Der zweite Block behandelte das Sehen beleuchteter Gegenstände. Der Input bestand aus einem Foto, das rötlich gefärbte Wolken bei einem Sonnenuntergang zeigte. Der Text zu diesem Foto sollte dieses Phänomen erklären. Dadurch, dass die Wolken in einer ungewohnten Farbe erscheinen, sollte den Schülern klar werden, dass die Wolken das Licht der untergehenden Sonne in die Kamera weiterleiten.

Erfahrungen

Der verwendete Begriff „weitergesandt“ erwies sich als irritierend (Beispiel 1).

I: Wie ging's euch beim Lesen dieses Textes?

S1: Was ist weitergesandt?

I: Weitergesandt? Weitergesendet!

Beispiel 1 in Video 1 ab 50:21

Der Verwendung des Verbs „weetersenden“ erwies sich jedoch generell als vernünftig, weil es bei S2 die Vorstellung unterstützte, dass ein Körper Licht kurz speichert, bevor er es weetersendet (Beispiel 2). Diese Vorstellung steht im Widerspruch zu einer so genannten „Abprallvorstellung“, bei der das Licht quasi an der Körperoberfläche abprallt.

S2: Ich find diese Aussage, „Das Licht wird..“, ist, „Das Licht wird von den Wolken in das Kameraauge weitergesandt“ find ich irgendwie seltsam.

I: Was w rdest denn du schreiben?

S2: Ich weiß es nicht. Ich find das seltsam, weil ich stell mir das irgendwie vor, die nehmen das auf, speichern das kurz und dann geben sie es einfach weiter.

I: Ja und das gefällt dir nicht?

S2: Irgendwie nicht. Ich weiß nicht ob's so ist, aber...

Beispiel 2 in Video 1 ab 50:31

Später führt S2 auch aus, warum diese Speichervorstellung für ihn abwegig ist. Er scheint unter „reflektieren“ eben ein Abprallen des Lichts zu verstehen (Beispiel 3).

I: S2, du hast gesagt, die Wolken nehmen das rote Licht auf ja, dann speichern sie's, und dann strahlen sie's gleich wieder weiter und das gefällt dir nicht, ja?

S2: Nicht, weil kein Platz f rs Licht ist, weil da ist schon Wasser. Einfach weil sie's ja reflektieren, da k nnen k nnten sie's ja nicht speichern. Deshalb find ich das Wort weitergesandt irgendwie unpassend, weil da tut man's ja kurz haben oder, damit man's weitersenden kann?

Beispiel 3 in Video 1 ab 57:31

S1 fand den Text unter der Abbildung unverständlich bzw. gar unnötig. Es war für S1 aber einleuchtend, dass die Wolken Licht aussenden (Beispiel 2).

I: Was sagst du dazu?

S1: Ja, Nein. Es sind sehr halt so nicht so 100%ig deutlich, ja aber dass ich einen beschr nkten dings, weil ich nicht so gut in Deutsch bin, hab..

I: Was ist nicht so 100% deutlich, was findest denn so...

S1: Das ganze Text.

I: Der ganze Text?

S1: Also es zeigt ein Foto..

I: Ja?

S1: Foto und die Wolken reflektieren anscheinend das Licht und da wo die rechts unten kann man überhaupt nichts sehen, weil da Licht nicht daher kommt. Sehen wir, das beschreibt ganz genau was wir sehen. D. h. Wenn wir das schon wegen dem Foto schon wissen, warum steht das da unten?

I: Du findest den Text unn tig darunter?

S1: Ja, ein bisschen.

Beispiel 2 in Video 1 ab 51:01

S1 hat nicht nur Probleme mit dem Begriff „weitergesandt“, sondern überhaupt mit dem Satz, in dem dieser Begriff vorkommt. Sie bezeichnet den Text aber generell als unverständlich und zu lang. Erfreulich ist aber, dass der Aspekt „Licht muss in die Kamera kommen“ von ihr akzeptiert, aber auch als wesentlich erkannt wird (Beispiel 3).

I: Welcher Satz ist'n schwierig?

S1: Das r tliche Licht der untergehenden Sonne wird von den Wolken in das Kameraauge weitergesandt.

I: Ja, wie w rdest denn du das schreiben?

S1: Dass der Licht einfach in der Kamera kommt.

I: Da w rde ein bisschen was fehlen oder?

S2: Dass die Wolken neben der Sonne rot erscheinen.

S1: So mit einfachen W rtern. Kommt drauf an, f r welche Art und welche Alter von Leuten, also wenn das Fachleute sind, k nnten sie ruhig so viel schreiben.

Beispiel 3 in Video 1 ab 54:01

Änderungen im zweiten Block

Der Text wurde auf zwei Teile aufgeteilt und auf seine Verständlichkeit hin überarbeitet. Eine zusätzliche Grafik zur Veranschaulichung der Lichtwege wurde eingearbeitet.

3. Block

Der dritte Block behandelte ebenfalls das Sehen beleuchteter Gegenstände. Dieser Block bestand im Wesentlichen aus einem Versuch und einem erläuternden Text zum Sehen von beleuchteten Gegenständen. Mit der Lochkamera sollten die Probanden beobachten, dass ein hell gekleideter Schüler nur dann in der Lochkamera zu sehen ist, wenn er mit einer Lampe angestrahlt wird. Diese Erkenntnis soll für das Sehen von allen nicht selbst leuchtenden Gegenständen verallgemeinert werden.

Erfahrungen

S2 hatte ein Problem mit der Formulierung, dass man nur Gegenstände sehen kann, die Licht abstrahlen. (Beispiel 1).

S2: Da stimmt ja jetzt was nicht. Da steht ein Satz, den wir vorher gesagt haben, den sie uns ausgebessert haben. Da steht, du kannst nur Gegenst nde sehen, die Licht abstrahlen. Da haben sie uns ausgebessert auf: Du kannst nur Gegenst nde sehen, die Licht abstrahlen und selbst erzeugen. Das widerspricht sich (unverst ndlich)

I: Inwieweit widerspricht sich das?

S2: Wenn das hier steht, du kannst nur Gegenst nde sehen, die Licht abstrahlen, das heißt ja nur die dies abstrahlen und nicht die dies erzeugen.

.....

I: Was ist die Meinung, was sagt dieser Satz aus, du kannst nur Gegenst nde sehen, die Licht abstrahlen. Was sagt das aus?

S2: Im ersten Moment: Du kannst nur die Dinge sehen, die vom Licht angestrahlt werden, die das Licht wieder ausstrahlen.

I: Und dass sie selber erzeugen, das wird von dir ist von dem nicht erfasst? Meinst du?

S2: Im ersten Moment nicht. Nachher, wenn man dar ber nachdenkt, denkt man sich, halt das ist ja auch das, was ich erzeuge. Im ersten Moment denkt man sich: aha

Beispiel 1 in Video 2 ab 1:12

Bemerkenswert war, dass S1 im Block 3 in eine Vorstellung zurückkippte, nach der Licht nur „hell macht“. Es ist in diesem speziellen Fall die Frage, ob es an den Deutschkenntnissen von S1 lag (Beispiel 2).

I: Was sagst du S1?

S1: Ja es wurde (unverständlich)

Also mein ich, sehr viele Wörter die ich kenne, oder nicht kenne. Aber ich hab schon selbst Dinge gefunden. Aber du kannst nur Gegenstände sehen, die Licht abstrahlen diesen „nur“ ist auch für mich etwas zu stark, weil die S3 (Schülerin die am Versuch beteiligt war) strahlt nicht ab, sie wird angestrahlt beleuchtet. (S2 sagt etwas zu ihr) Und sie strahlt's nachher ab? Ok, sie strahlt's nachher ab.

I: Also hast du geglaubt dass sie's nicht abstrahlt?

S1: Ja. Oder sie werden halt beleuchtet, aber sie strahlen es nachher nicht ab. (unverständlich) Denk ich.

Beispiel 2 in Video 2 ab 2:21

S1 kann in späterer Folge die Zeichnung jedoch richtig deuten (Beispiel 3). Die Schülerin erwies sich jedoch generell als eher schwankend in ihren Aussagen zum Sehvorgang.

L: Erklär mir mal, was zeigt dir diese obige Zeichnung da, die du da siehst, da ist ja eine Zeichnung drauf, was zeigt denn die uns?

N: Also dass man den Selbstleuchtenden selbst mit den Augen sehen kann und die nicht Selbstleuchtenden, die angeleuchtet sind, sehen kann. Aber sie strahlt dann schon aus und ..

L: Was machen da die Pfeile eigentlich?

N: Die repräsentieren das Licht.

Beispiel 3 in Video 2 ab 4:50

Änderungen im dritten Block

Die Materialien wurden in der Textgliederung und im Layout überarbeitet. In der Grafik wurde noch eine Lochkamera hinzugefügt, um den Zusammenhang der Abbildung mit dem Versuch deutlich zu machen.

4. Block

Der vierte Block umfasste die Begriffsdefinition von Sender und Zwischensender. Beide Begriffe wurden unter dem Überbegriff Lichtquelle zusammengefasst.

Erfahrungen:

S2 hatte Probleme mit dem Begriff „angeregt“. Er verbindet diesem Begriff so

eine Art „Bekenntnisvorstellung“, dass ähnlich einem Schüler, der sich auf Zuruf meldet, ein Gegenstand sich durch Licht zeigt (Beispiel 1).

S2: Ich find den letzten Satz komisch

I: Ja, was denn?

S2: Zwischensender werden durch Bestrahlen mit Licht angeregt. Es klingt so: sie werden angeregt, sich f r uns sichtbar zu machen. Da fehlt irgendwas. Es fehlt irgendwie: Sie werden durch Bestrahlung mit Licht, ich find das passt nicht, werden sie sichtbar oder so.

I: Sichtbar?

F: Ich find, dass angeregt nicht passt.

L: Na wenn ich sag sichtbar, dann k nnt ich ja vielleicht meinen, das Licht kommt zu dem Gegenstand und dann ist er sichtbar, ja und da macht eigentlich nichts mehr der Gegenstand. Ist das so?

F : Oder wird mit Licht bestrahlt und das Licht f illt ins Auge.

Beispiel 1 in Video 2 ab 7:49

Beide Probanden konnten jeweils Sender und Zwischensender richtig nennen. Beide schlugen Änderungen sowohl im Layout, als auch in der Satzgliederung vor (Beispiel 2).

I: Und vom Text, habt's ihr sonst irgendetwas, was euch nicht gefällt, oder so?

S2: Nein

S1: Und diesen einen Strich w re nicht so gut, man sollte wirklich eher sagen, Leuchtende und Zwischensender, dann erkl r ich was Leuchtende ist und dann erkl re ich, was Sender ist, aber so in derselben Zeile, nicht mit diesem..

I: Also du meinst ich sollt schreiben: Sender:

S2: Oder: erstens leuchtet ein Gegenstand, zweitens muss ein Gegenstand erst beleuchtet werden

S1: Oder: Sender sind die Gegenst nde die selbst leuchten und Zwischensender sind die die nicht leuchten

Beispiel 2 in Video 2 ab 9:27

Die Definition des Begriffes Lichtquelle kam bei beiden Schülern gut an, auch wenn zumindest S2 Vorbehalte gegen Zwischensender als Lichtquellen äußerte. Der Mond war, wohl aufgrund der Leuchtstärke, davon ausgenommen (Beispiel 3).

I: Was glaubst du, dass eine Lichtquelle ist?

S1: Lichtquelle sind die Sender (nahm Zettel zur Hand.) oder Nichtsender. Lichtquellen sind Sachen, die leuchten.

S2: Ungern. Einen Tisch oder Fußboden kann ich mir nicht als Lichtquelle vorstellen .

I: Kannst du dir nicht als Lichtquelle vorstellen?

S2: Den Mond kann ich mir vorstellen auch wenn ich weiß, dass der nur bestrahlt wird und nicht eigenes Licht...

S1: Kinder, die das nicht wissen, denken, dass der Mond selbst strahlt und nicht von der Sonne angestrahlt wird.

S2: Unter Lichtquellen stell ich mir eigentlich nur diese Sender vor.

I: Aber einen Tisch und sowas?

S2: Na

L: Aber was ist hier mit Lichtquelle gemeint, mit Lichtquelle in dem Text?

F: Etwas, das Licht strahlt, weiterstrahlt. Abstrahlt.

Beispiel 3 in Video 2 ab 10:16

Änderungen im vierten Block

Der Begriff Lichtquelle wurde im Text in den Hintergrund gerückt. Als Überbegriff wurde „Gegenstände, die Licht abstrahlen“ verwendet. Der Begriff Lichtquelle wurde nur mehr in Klammer angegeben. Die Anregungen der Schüler zum Layout wurden übernommen. D. h. Sender und Zwischensender wurden mit 1. und 2. aufgezählt. Die beiden zu definierenden Begriffe standen am Beginn der Zeile (1. Sender: ...). Wie bereits erwähnt, ging sich die Befragung in der ersten Doppelstunde nicht aus. In der ersten Doppelstunde konnten nur die Blöcke 1-4 durchgenommen werden. Block 6 wurde in der ersten Befragungseinheit noch vorgezogen, in der zweiten jedoch wiederholt. Die folgenden Ergebnisse stammen aus der Zweiten Befragungseinheit zur Probebefragung. Am Beginn dieser Befragungseinheit stand eine kurze Wiederholung. Die Ergebnisse dieser Wiederholung waren gut. Die beiden Probanden konnten sich relativ viel merken. S2 argumentierte z. B. mit der SEV (Beispiel 1)

I: Und warum können wir und wann können wir einen Gegenstand sehen?

S2: Sobald er das Licht, sobald er beleuchtet wird und das Licht ins Auge fällt. Das reflektierte Licht.

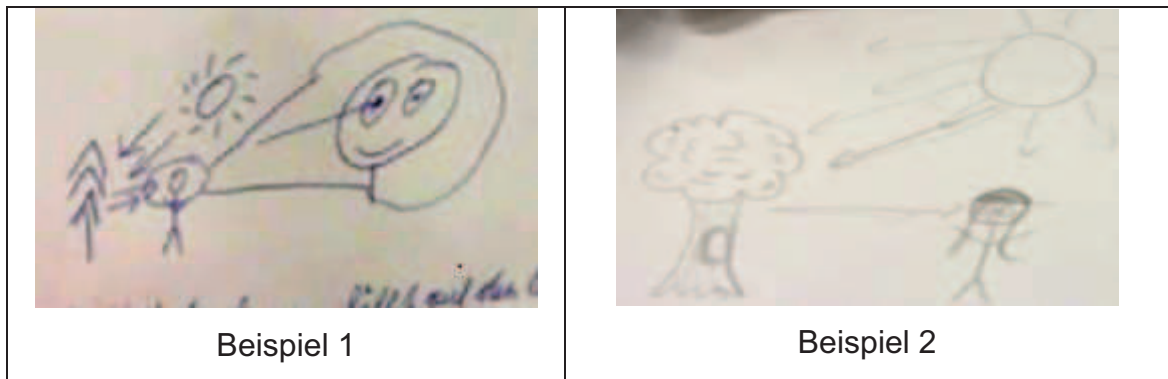
Beispiel 1 in Video 3 ab 1:41

5. Block

Block 5 hatte die Anwendung des zuvor Gelernten zum Inhalt. Zum einen sollte sich zeigen, ob die Probanden die SEV anwenden können und den Lichtweg beim Sehen eines Baumes selbständig einzeichnen können. Andererseits sollten sie bei einer Leuchtreklame beurteilen können, wann und ob diese Sender oder Zwischensender ist (Siehe Anhang A).

Erfahrungen

Beide Schüler konnten die erste Aufgabe gut im Sinne der SEV lösen (Beispiele 1 u. 2)



Die Frage nach der Natur der Werbetafel bei Tag und Nacht wurde von den beiden als relativ trivial angesehen (Beispiel 3).

I: Gut hm, wie ging's euch beim Lesen dieses Textes?

S1: Gut.

I: Irgendetwas Komisches?

S2: Seltsam.

I: Ja bitte, was denn?

S2: Also die Frage, wann ist der, also wann ist die Reklame ein Sender und wann ist sie ein Zwischensender. Das verstehe ich irgendwie nicht.

I: Hm. Inwiefern?

S2: Naja, das ist ja, wenn sie eingeschaltet ist, dann ist sie ein Sender und wenn sie ausgeschaltet ist, wird sie beleuchtet. Ja das find ich irgendwie ist eine d .. bl de Frage.

I: Eine bl de Frage? Weil's so offensichtlich ist? Oder weil's klar ist, was da hingeh rt? Also sie ist zu leicht, die Frage? Oder wie?

S1: Zu leicht. Wir sind schon Experten.

S2: Es ist halt zu offensichtlich.

Beispiel 3 in Video 4 ab 6:35

Bemerkenswert war, dass S1 in diesem Block trotz richtiger Zeichnung aber trotzdem Probleme hatte, die SEV zu akzeptieren. S1 hat eine „Abprallvorstellung“ wonach das Licht an Oberflächen ähnlich von Pistolenkugeln an Oberflächen abprallt und ins Auge gelangt. Sie hat aber Probleme, diese Vorstellung mit der Vorstellung eines Lichtstrahles zu vereinigen, der nach Auftreffen auf eine Oberfläche in alle möglichen Richtungen gestreut wird. S2 wiederum kann das Farbsehen nur schwer mit der SEV vereinigen (Beispiel 4).

I: Kannst du dir vorstellen, dass du einen Gegenstand nur deshalb sehen kannst, weil ein Teil der Lichtstrahlung, die vom Gegenstand weggeschickt wurde, in dein Auge f llt?

S1: Ja! Nein, eigentlich nicht.

I: Warum nicht?

S1: Ja weil

S2: Da hab ich gesagt, dass es, ich kann mir vorstellen, dass man ihn deswegen sieht, aber Farben kann ich mir nicht vorstellen.

I: Ja.

S1: Ja also, wie weiß entsteht.

I: Warum kannst du dir nicht vorstellen, dass man Weiß nur dann sehen kann, wenn Licht von dem in dein Auge kommt?

S1: Ich hab geglaubt, dass der Licht leuchtet und er strahlt ihn und deswegen kann man ihn sehen. Ich hab nicht geglaubt, dass der Licht zur ck kommt zu uns.

I: Dass es zu dir kommt? Ja? Glaubst du's jetzt, oder?

S1: Jetzt schon, weil ich's grad irgendwie gelernt hab. Also aber jetzt halt mit mein Denken, meine Kreativität und im Denken kann ich mir das schon vorstellen. Aber irgendwie nicht so normal, weil ich denk so dass der Licht so eine Waffe hat (schwenkt eine Waffe von rechts nach links)

I: Und ja und weiter? Was macht die Waffe?

S1: Der schießt in irgendjemanden und dann ist er irgendwie aus Metall und es kommt so (macht das Geräusch eines Abprallers nach) zu uns.

I: Was ist das für ein Unterschied zu dem, was du gelernt hast? (unverständlich)

S1: Meine Version ist lustiger und leichter zu merken.

I: Das mit der Waffe? Als was ist das leichter zu merken?

S1: Als zu denken, dass der Licht eigentlich ein Strahl ist und er immer gerade strahlt und keiner kann sich vorstellen, weil er gerade strahlt auf einmal so (Zeigt mit dem Finger wie der Strahl abprallt und wieder ins Auge fällt)

I: Dass das wieder in das Auge kommt?

S1: Ja

Beispiel 4 in Video 4 ab 9:54

Änderungen im fünften Block

Dieser Block blieb überwiegend unverändert. Es gab kleinere Änderungen in den Formulierungen (siehe Beilage A und B). Die in Beispiel 4 aufgeworfenen Fragen („Farbsehen“, „Lichtablenkung“) wurden jedoch umfangreich im 6. Block zum Thema Streuung berücksichtigt.

6. Block

Inhalt des 6. Blocks war der Streubegriff. Lernziel war, dass die Schüler den Begriff Streuung als allseitige Weiterleitung von Licht an „gewöhnlichen“ Objekten begreifen. Dazu wurden ihnen mehrere Versuche gezeigt, bei denen schwarze, weiße, und farbige Papiere abwechselnd mit einer Tischlampe beleuchtet wurden. (Diese Versuche wurden bereits in der ersten Befragungseinheit vorgezogen und an dieser Stelle wiederholt.) Zu den Versuchen gab es eine Versuchsbeschreibung in Form eines Fotos mit erläuterndem Text.

Erfahrungen

Die Unterlagen wurden von beiden als an sich verständlich eingestuft. Sie merkten jedoch an, dass diese Unterlagen ohne vorhergehende Demonstration des Experiments nicht verständlich wären (Beispiel 1).

I: Irgendwelche Stellen im Text, die schwer verständlich waren, oder so?

S1, S2: Nein

I: Ist euch irgendetwas komisch vorgekommen?

S1, S2: Nein

I: Gut, alles klar? Nix, keine Worte, die man irgendwie besser ausdrücken könnte oder irgendwelche Sätze oder..

S2: Also, nein

I: Also was?

S2: Ähm man sollte, damit sich die Leute besser vorstellen können, wenn sie das einer ganzen Klasse geben, sollte man zuvor den Versuch machen, sonst können sie sich das nicht vorstellen.

I: Also zuerst sollten sie den Versuch sehen?

F: Zuerst den Versuch und dann den Zettel.

Beispiel 1 in Video 4 ab 18:11

Beide Schüler konnten sich auch nicht mit dem Streubegriff anfreunden. Sie fanden, dass der Begriff „streuen“ im Widerspruch zur geradlinigen Lichtausbreitung steht. Erfreulicherweise verwenden beide die SEV, um die allseitige Ausbreitung des Lichts zu argumentieren (Beispiel 2).

I: Was stellst du denn vor, dass er mit dem Licht macht?

S2: Naja abstrahlen, wie es eh nachher da steht. Streuen das ist..

I: Na was ist denn falsch an streuen, dem Wort streuen?

S1: Streuen ist wenn jemand etwas im Sack hat und so rausstreut.

S2: So Körner streut.

I: Also streuen ist.

S2: Ich hab reflektieren oder sowas gesagt. Das passt dann zu der Anschauung, Licht ist gerade.

(S1 stimmt zu)

S2: Find ich das Wort reflektieren passt besser zu einem geraden Strahl als streuen.

S1: ...streut das irgendwo hin.

I: Aber naja. Ihr findet's nicht, dass das Licht irgendwo hin gestreut wird?

S1: Also

S2: Wenn man's so betrachtet ja.

I: Glaubst's, dass es nur in eine Richtung reflektiert?

S1: Nein eigentlich nicht, wenn man so ein kleiner Ball (zeigt Zacken vom Ball weg).

S2: Wenn die Richtung so ist (zeigt wie ein Lichtstrahl auf das Papier vor ihm trifft und dann von ihm weg geht) dann werden wir es ja nicht sehen, oder? Werden's ja so drauffallen und dann noch so weg. Könnten wir es nicht sehen.

S1: Es streut, aber es streut in eine gerade Linie.

I: Ja schon, aber in wieviel Linien streut es? Nur in eine Linie oder?

S1: Unheimlich viele. Aber eigentlich infinite Linien. Ah unendliche Linien, weil sonst werden wir von einem Platz das Licht sehen und vom anderen nicht. Das wäre ein

kleiner Fehler. Ein Lichtfehler.

Beispiel 2 in Video 4 ab 19:14

Obwohl beide die Materialien als verständlich bezeichnet haben, konnten sie nicht vollständig erklären, warum die Wand gelblich aussah. Der Lichtweg war ihnen nicht vollständig klar (Beispiel 3).

I: Aber warum jetzt, versucht's es wirklich zu erklären, warum seh ich die Wand gelb an der Stelle?

S1: Hab ka Ahnung

S2: Vielleicht weil das so ist, dass das gelbe Papier irgendwelche Farben rausfiltert und dann nur noch gelb übrig bleibt?

S1: Und wenn man einen grauen Papier leuchtet?

I: Ja und was macht dieses gelb das übrig bleibt?

S2: Das strahlt.

I: Wohin?

S2: Das Licht wird ganz normal weitergestrahlt, das Licht besteht aus mehreren Farben. Weiß, dann wird auch noch aus dem Weiß werden Farben rausgefiltert und übrig bleibt das Gelb und das Licht bemerkt gar nicht, dass es jetzt Farben verloren hat. Weiß gar nicht, dass es Gelb ist, weil..

I: Ja was macht dieses gelbe Licht, es verlässt jetzt das Papier, wo geht es dann hin?

S2: Es strahlt weiter,

I: Und wohin?

S2: Es strahlt gegen den Gegenstand und reflektiert dann. Aja aber dann müsste es ja wieder eine andere Farbe haben.

S1: (unverständlich)

S2: Irgendwas stimmt da jetzt nicht.

Beispiel 3 in Video 4 ab 25:33

Änderungen im sechsten Block

Der sechste Block wurde sehr stark ausgebaut und abgeändert. Wie sich im Block 5 bereits gezeigt hat, aber auch im Block 6, stellt es für die Schüler eine Schwierigkeit dar, sich vorzustellen, wie ein Lichtstrahl beim Streuvorgang in verschiedene Richtungen verteilt wird. Es wurde daher die Abbildung 8c in die Unterlagen eingebaut, die zeigen soll, wie das Licht an den Unebenheiten des Papiers verteilt wird (Siehe Anhang B). Es wurden alle Versuche, die gezeigt wurden, für die Hauptbefragung auch in den Unterlagen durch Fotos dokumentiert. Die Probanden konnten richtig angeben, dass ein gelbes Blatt Papier gelbes Licht aussendet. S2 konnte aber nicht vollständig begründen, warum die Wand gelb aussah. Die Schwierigkeit lag unter anderem darin, dass die Schüler nicht wussten, dass graue wie weiße Oberflächen farbiges Licht in der gleichen Farbe weitersenden. Es erschien

daher sinnvoller, eine weiß ausgekleidete Schachtel zu verwenden. Zusätzlich wurde die Abbildung 11 erstellt, die die Lichtwege samt Lichtfarben noch einmal grafisch veranschaulicht. Statt der Wand wurde die Schachtel auch deshalb verwendet, um die allseitige Ausbreitung des Lichts bei der Streuung noch deutlicher zu zeigen.

7. Block

Der 7. Block enthielt als Input das Foto einer Lichtung, in der sich Lichtkegel im Nebel bildeten. Der begleitende Text sollte die Sichtbarkeit des Lichtweges erklären und gleichzeitig den Begriff Lichtkegel einführen.

Erfahrungen

Wie schon in Block 2 hatte S2 Probleme sich vorzustellen, wie Licht in Wasser eindringt („Nicht, weil kein Platz fürs Licht ist, weil da ist schon Wasser.“, Beispiel 3 zu Block 2). Er kann sich daher nicht erklären, warum Lichtkegel so lang sind (Beispiel 1).

S2: Ich find den letzten Satz bl d.

I: Ja?

S2: „Die Wassertr pfchen streuen das Licht, dieses Licht kann in die Augen der Beobachter gelangen.“

I: Ja?

S2: Das w rs f r mich, das Licht kommt, trifft auf den Wassertropfen und geht dann nicht mehr nach hinten. Das heißt die m ssten alle irgendwie da aufh ren zu strahlen. Die k nnten gar nicht so weit strahlen. Weil, da w ren sie alle schon auf einem Wassertropfen.

Beispiel 1 in Video 4 ab 35:40

S2 kann sich konkret nicht vorstellen, wie das Licht durch den Wassertropfen gelangen kann. Eine Konsequenz der Abprallvorstellung (Beispiel 2)?

I: So ein Wassertr pfchen ja, was stellst da denn vor, was da passiert bei einem Wassertr pfchen?

S2: Na das Wassertr pfchen sendet Licht aus.

I: Ja und wohin eigentlich? In welche Richtungen? Oder?

S2: In alle m glichen.

L: Dann w rd's geradeaus ja auch Licht aussenden?

S2: Ja das ist ja dann im Weg oder, das kann ja nicht das Licht nachher drauftreffen und nachher so wegstrahlen oder? Da m sste es so einen Kreis herum machen (Zeigt, wie sich Licht entlang der Oberfl che bewegt).

Beispiel 2 in Video 4 ab 36:22

Der Begriff „streu“ bleibt weiterhin irritierend (Beispiel 2).

S1: Da steht noch immer streuen.

S2: Man sollte vielleicht den Text auch besprechen, weil streuen ist irgendwie irritierend.

I: Inwiefern?

S1: Eben dass man sich nachher denkt, das Licht wird in alle Richtungen gestrahlt und nicht so hinunter. Dass der Strahl aber trotzdem noch weiter hinunter geht, wenn er auf ein Lichttröpfchen in Wassertröpfchen trifft.

S1:..Wie ich schon so gesagt hab, es geht so gerade runter, aber wenn man sagt „streut“, denkt man immer es geht so (Zeigt, wie Körner bogenförmig zu Boden fallen, wenn sie schräg hinauf geworfen werden.) Es ist nicht so richtig gerade, verstehen sie was ich mein? Und deswegen tut's hier ein bisschen provozieren, weil man denkt, irgendwo irgendwie (zeigt: Schlangenlinien) hinunterfällt.

Beispiel 2 in Video 4 ab 40:12

Warum die Lichtkegel sichtbar werden, wird jedoch richtig mit Hilfe der SEV beschrieben (Beispiel 3).

L: Was bewirken diese Wassertröpfchen in der Luft?

F: Sie spiegeln das Bild, in sie spiegeln das Licht.

N: Sie machen, dass wir sehen können. Sie werden beleuchtet und sie (zeigt ein abprallen) und so kommt's zu uns.

Beispiel 3 in Video 4 ab 41:13

Änderungen im siebenten Block

Der siebente Block wurde nicht wesentlich verändert. Im Text für die Hauptbefragung wurde noch einmal explizit darauf hingewiesen, dass die Wassertröpfchen Zwischensender sind. So wurde versucht, die Abprallvorstellung zugunsten einer Speicher-Zwischensender-Vorstellung nicht entstehen zu lassen.

8. Block

Im letzten Block sollte noch einmal durch Demonstrationsversuche gezeigt werden, dass der Lichtweg nur dann sichtbar wird, wenn es im Lichtweg etwas gibt, dass das Licht streut.

Erfahrungen

Der Text wurde von beiden als verständlich beschrieben. Einzig am Begriff „Lehrkraft“ und der Floskel „vor sich gehen“ hat sich S1 gestoßen. Die Schüler machten bei den Versuchen die Beobachtungen, die gewünscht waren. Zwischen Lampe und Schirm konnten sie kein Licht sehen.

S1 und S2 konnten richtig erklären, warum man den Lichtweg im Nebel sehen kann (Beispiel 1)

I: Da kannst du manchmal beim Scheinwerfer diese Lichtkegel, die weggehen sehen, ja. Kannst du mir sagen, was da passiert, dass man das sehen kann?

S1: Es von dem kleinen Wassertröpfchen leuchten, die werden beleuchtet und sie hauen das ins Auge.

I: Was sagst du S2?

S2: JaDer Scheinwerfer macht Licht und strahlt die Wassertröpfchen an und die strahlen's ins Auge weiter und wird dadurch sichtbar.

Beispiel 1 in Video 5 ab 8:53

Änderungen im achten Block

Der achte Block blieb ebenfalls im Wesentlichen unverändert. Es gab kleinere Änderungen bei den Formulierungen.

Zusammenfassung der Ergebnisse zu der Probefragung

Die Ergebnisse der ersten Probefragung waren aus meiner Sicht zufriedenstellend und lieferten wertvolle Hinweise. Beide Schüler argumentierten spätestens bei der zweiten Befragung größtenteils im Rahmen der SEV. S1 wechselte gelegentlich in ihrer Argumentation in eine Art Beleuchtungsvorstellung, wonach Licht hell macht. Aufgrund ihrer sprachlichen Schwierigkeiten ist es schwer, ihre Aussagen in dieser Hinsicht genau einzuordnen. Insgesamt erschienen die Materialien bei der Probefragung jedoch wirksam im Sinne der Vermittlung der SEV. Großen Änderungsbedarf gab es bei den Beobachtungsaufgaben für die Lochkamera, die sich als nicht praktikabel erwiesen. Die Schüler beobachteten unterschiedliche Effekte. Eine frühe Hinführung zur Abbildungsgleichung erschien schwierig. Die Lochkamera wurde in der Hauptbefragung daher stärker als Lichtmessgerät betont. Bei der Befragung stellte sich ebenfalls heraus, dass der Streubegriff die Schüler vor gewisse Schwierigkeiten stellte. Die Schüler hatten Probleme, die geradlinige Lichtausbreitung in einem Lichtstrahl mit der allseitigen Verteilung des Lichtes an Streuobjekten in Verbindung zu bringen. Daher wurde das Kapitel Streuung umfangreich ausgebaut und die Streuung an der Verteilung durch die Unebenheiten des Papiers erklärt. Zusätzlich wurden noch diverse Formulierungen überarbeitet und Abbildungen ergänzt.

3.5 Ergebnisse der Hauptbefragung

Im folgenden Teil der Arbeit werden die Ergebnisse der Hauptbefragung präsentiert. Der Ergebnisteil gliedert sich in 5 Unterkapitel. In den Ersten drei Kapiteln werden die Lernverläufe der drei Paare (S3+S4, S5+S6 und S7+S8) mit wichtigen Zitaten skizziert. Im vierten Teil werden die jeweiligen Ergebnisse der einzelnen Schülerinnen und Schüler zu bestimmten Fragen zusammengefasst und angegeben, mit welcher Vorstellung vom Sehvorgang argumentiert wurde. Im fünften Teil wird dokumentiert, wie die Materialien an sich von den Probanden hinsichtlich Verständlichkeit und Leserlichkeit bewertet wurden.

Bei der Zuordnung der einzelnen Aussagen zu einer Vorstellung vom Sehvorgang musste ein Kategoriensystem gewählt werden. Die Kategorien zum Sehvorgang lauteten Common Sense (CS), Streuung (ST) und Sender-Empfänger-Vorstellung (SEV)

Common Sense (CS):

Unter dieser Kategorie wurden alle Aussagen zusammengefasst, die die Sichtbarkeit von Gegenständen etc. alleine durch das Vorhandensein von Licht begründen.

Typische Aussagen sind:

“Das was ich jetzt daraus gelesen habe, ist, dass es zuerst dunkel ist. Und dann, sobald man das Licht anschaltet, sieht man alles.”

“Ja die Sonne strahlt einfach das Licht auf die Wolken und die sind dann deswegen hell.“

Streuung (ST):

Unter dieser Kategorie wurden alle Aussagen zusammengefasst, die den Sehvorgang dadurch begründeten, dass ein Körper Licht aussendet. Fehlte in

den Aussagen aber der Aspekt, dass das Licht auch in die Augen gelangen muss, wurde die Aussage dieser Kategorie zugeordnet.

Typische Aussagen sind:

“Also das Licht, von der Sonne, geht es zu den Wolken, von den Wolken strahlt’s dann noch runter auf die Umgebung“

“Na weils am Tag von der Sonne bestrahlt wird und dann reflektiert und nachts ber wird’s dann eben nicht von der Sonne bestrahlt.“

Sender-Empfänger-Vorstellung (SEV):

Unter dieser Kategorie wurden Aussagen zusammengefasst, die eindeutig der SEV zuzuordnen sind. Dazu musste von der Schülerin bzw. vom Schüler erwähnt werden, dass Licht vom Gegenstand in das Auge gelangt.

Typische Aussagen sind:

“Ähm weil er Licht aussendet und das Licht in die Augen f llt?“

“Also wenn der Gegenstand das Licht reflektiert und das wieder ins Auge zur ckf llt.“

3.5.1 Ergebnisse der Befragung von S3 und S4

Bei der Beschreibung des Applets zu Beginn äußerten sich sowohl S3 als auch S4 in Richtung einer physikalisch nicht fundierten Common-Sense-Vorstellung (Beispiel 1 und 2).

S3: Das was ich jetzt daraus gelesen habe, ist, dass es zuerst dunkel ist. Und dann, sobald man das Licht anschaltet, sieht man alles. Aber f r das Auge ist es schlecht, so schnell hell zu werden. Weil es blinkt irgendwie immer rot, wenn die Lichtstrahlen kommen.

Beispiel 1 in Video 1 ab 4:10

I: Was sagst du, S4?

S4: Ich hab einfach nur gedacht, dass man mehr sieht, wenn’s hell ist. Nein, es ist ja logisch, dass man mehr sieht, wenn’s hell ist. Ist ja so.

(Interviewer verl sst wegen Hustenanfall kurz den Raum)

I: Was hast du gesagt?

S4: Ich hab nur gesagt, man sieht besser, wenn's hell ist, aber das ist ja logisch.

I: Warum ist das logisch?

S4: Weil man da eine Lichtquelle hat. Also weil's, ja weil (unverständlich) Wenns dunkel ist, ist die Lichtquelle eben nicht aktiviert.

I: Was ist eine Lichtquelle für dich?

S4: Ja also z.B. eine Glühlampe, oder Kerze, oder... Glühlampe.

Beispiel 2 in Video 1 ab 4:51

S4 bleibt auch später weiterhin in der Argumentation, dass das Applet hauptsächlich zeigen soll, dass der Raum hell wird (Beispiel 3).

I: Erkläre, was wird in dieser Animation dargestellt?

...

S4: Ich würde sagen, zuerst ein leerer Raum, also ja eine Glühlampe, die am Tisch steht und zuerst ausgeschaltet ist, die dann eingeschaltet wird und dadurch wird die Lampe der Raum dann beleuchtet

I: Hast du dem etwas hinzuzufügen S3?

S3: Ja, und zwar, wie schon gesagt, ich finde dass es irgendwie so darstellen soll, dass es schlecht ist, wenn es ganz dunkel ist und dann ganz plötzlich so hell, für die Augen, dass es schmerzhaft ist

I: Woher stehen die Pfeile?

S3: Für die Lichtstrahlen!

S4: Für die Ausbreitung vom Licht, für die Lichtstrahlen

Beispiel 3 in Video 1 ab 6:18

Als die Probanden jedoch konkret nach dem Lichtweg gefragt wurden, argumentierten sie beide im Sinne der SEV (Beispiel 4).

I: Da wird ja was dargestellt, welchen Weg nimmt da das Licht?

S3: Naja, von der Glühlampe direkt ins Auge und dann geht's auf die Decke und dann ins Auge und auf den Tisch und dann ins Auge. Also das reflektiert so.

I: Was bedeutet denn Reflexion?

S3: Wenn etwas wohin strahlt z.B. und dann

S4: und dann ins Auge fällt.

S3: Ja, oder

S4: von einem Gegenstand wieder ins Auge zurück.

Beispiel 4 in Video 1 ab 8:07

Der Vortrag zum Allgemeinen Sehvorgang wurde von beiden akzeptiert. S3 verwendet bei der Paraphrasierung den Begriff „Sichtfeld“ eher undifferenziert, aber die Argumentation geht in Richtung SEV (Beispiel 5).

I: Ist die Erklärung verständlich?

S3: Welche Erklärung?

I: Wie man Gegenstände sieht.

S3: Ja

S4: für mich auch.

I: Kommt euch etwas komisch vor, bei dem was ich euch gesagt habe.

S4: Außer dass die Kerze am Kopf steht eigentlich nichts.

I: S3?

S3: (Schüttelt den Kopf)

I: Wie würde ihr einem Mitschüler erklären, warum man Gegenstände sehen kann? (Schüler diskutieren wer sprechen soll, wollen beide nicht so richtig etwas sagen)

S3: Ich würde das so erklären: Wenn Licht auf etwas trifft, und das reflektiert auf das Sichtfeld, dann sieht man das.

I: Sichtfeld? Was ist für dich das Sichtfeld?

S3: Naja, so weit wie man sieht (bildet mit den Händen einen Trichter um seinen Kopf) Dass man z. B. hinter einem nichts sieht, weil man da hinten keine Augen hat. Also wenn das Licht irgendwo draufscheint und das reflektiert.

S4: (wirft ein) In die Augen

S3: Ja, in die Augen, dann sieht man es.

S4: Ja, würde ich auch sagen.

Beispiel 5 in Video 1 ab 11:33

Block 1

Nach den Beobachtungsaufgaben des ersten Blocks konnten beide mit Hilfe der SEV erklären, warum man eine Lampe sehen kann. Bei S4 scheint aber nicht klar zu sein, was genau wirklich ins Auge fällt („Der Gegenstand fällt ins Auge“, Beispiel 1).

I: Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum man einen Gegenstand, der Licht erzeugt, sieht?

S4: Warum man ihn sieht? Ähm. Das ist eine gute Frage. Ähm weil er Licht aussendet und das Licht in die Augen fällt? Ja.

I: Was sagst du. S3?

S3: Also naja, der Gegenstand fällt dann verkehrt herum ins Auge, aber im Gehirn wird das wieder umgedreht.

Beispiel 1 in Video 1 ab 27:39

Block 2

Bei der Erklärung, warum die Wolken hell aussehen, argumentieren beide noch zu Beginn in Richtung einer „Beleuchtungsvorstellung“, wonach das Licht hell macht (Beispiel 1).

I: Wie würde's ihr einem Mitschüler erklären, warum die Wolken hell aussehen?

S4: Weil die Sonne von unten das Licht...Ja...draufscheint

I: Welchen Weg nimmt das Licht, wenn du die Wolken siehst? Sag mal, du stehst jetzt da, wo die Kamera war und du siehst diese Wolken, welchen Weg nimmt da das Licht?

S4: Naja es sieht so aus, als würde's auf die Seite. (Zeigt einen Trichter mit den Händen)

S3: Ja auch auf die Seite, weil unten also, der Boden, ist ja dunkel.

I: Warum ist der dunkel?

S3: Vielleicht weil eben ein Hügel ist, oder ein Berg.

S4: Weil Licht nicht so von der Sonne hinkommt.

Beispiel 1 in Video 1 ab 38:45

Erst bei der expliziten Frage nach dem Lichtweg, und genauem Nachfragen wurde im Sinne der SEV argumentiert (Beispiel 2).

I: Stellt's euch vor, da ist ein kleines Kind, ja, das kommt zu dir her uns sagt, Tante S4 Onkel S3, ich seh jetzt da diese Wolken, was macht das Licht dabei, wenn ich sie sehe? Was tut das Licht, wenn ich sie sehe? Welchen Weg nimmt das Licht?
(Verhandeln, wer reden soll)
S4: Also warum er jetzt das Licht sieht?
I: Ja warum er das sieht, was er sieht, z. B. diese Wolken da.
S4: Weil sie von der Sonne angestrahlt werden
I: Aha und was macht das Licht da? Das Licht geht von der Sonne zu den Wolken, ja?
S4: Ja
I: Und aus?
S4: Nein, von den Wolken geht's dann wieder zurück in unser Auge.
I: Was sagst du S3.
S3: Ich würde sagen, die Sonne bestrahlt die Wolken und die Wolken strahlen es dann in alle Richtungen ab, reflektieren es.

Beispiel 2 in Video 1 ab 40:00

Zu dem Beispiel wurden die Schüler gefragt, wie die Wolken in der Nacht aussehen würden. Dabei wurde zögerlich im Sinne der SEV argumentiert. Die Frage, ob die Wolken sichtbar sind, wurde uneindeutig beantwortet (Beispiel 3).

I: Wie sehen die Wolken in der Nacht aus?
S4: Dunkel.
S3: Nicht so dunkel, weil sie vom Mond beschienen werden.
I: Was ist, wenn der Mond net da ist?
S4: Dann sind sie ziemlich dunkel.
I: Dann sind sie dunkel, oder man sieht überhaupt nichts?
S4: Ja
(nicht verständliches Gemurmel)
I: Warum sieht man, ist es so wie ihr gesagt habts?
S3: Weil sie nicht angeschieden, gestrahlt werden.
S4: Wenn man sie sieht, dann werden sie eben ja schon bestrahlt und reflektieren dann das Licht wieder in unser Auge. Wenn man sie nicht sieht, dann ist es eben, ja (zeigt auf S3)
S3: Ja

Beispiel 3 in Video 1 ab 42:10

Die Veränderung durch eine künstliche Beleuchtung der Wolken wurde im Sinne einer Streuvorstellung beantwortet (Beispiel 4).

I: Was erwartet's ihr dann für eine Veränderung bei den Wolken jetzt, wenn da der Scheinwerfer rauf (Schulglocke lüftet). Äh welche Veränderung erwartet's ihr bei den Wolken, wenn jetzt da der Scheinwerfer
S4: Nur wo der Scheinwerfer ist?
I: wenn der Scheinwerfer jetzt da raufleuchtet?

S4: Dass sie heller werden
 S3: Ja, dass sie heller werden.
 I: Warum?
 S3: Weil Licht auf die Wolken fällt und die Wolken reflektieren es. Glaub ich.
 S4: Glaubst du!

Beispiel 4 in Video 1 ab 45:12

Dennoch konnten beide das Sehen von nicht selbst leuchtenden Gegenständen am Ende des Blocks im Sinne der SEV zusammenfassen (Beispiel 5).

I: Könnt ihr's zusammenfassen, wann bzw. warum wir Gegenstände sehen können, die selbst kein Licht erzeugen?
 S4: Also wann, wenn sie Licht zurückwerfen ins Auge. Also wenn der Gegenstand das Licht reflektiert und das wieder ins Auge zurückfällt.
 I: S3 was sagst du?
 S3: Wenn Licht auf den Gegenstand fällt und halt draufscheint, (S4 deutet etwas) und es zurückreflektiert, ja. Und ins Auge reflektiert (Hebt bedeutungsvoll den Zeigefinger).

Beispiel 5 in Video 1 ab 46:09

Block 3

Die Zeichnung zu Block 3 wurde von beiden gut gemäß SEV erklärt (Beispiel 1).

I: Erkläre einmal die obige Zeichnung!
 S3: Die?
 (Kinder verhandeln wer spricht)
 S4: Also von der Lampe, also in dem Fall eine Lampe, wird Licht, also ein Teil ins Auge ein anderer Teil auf den Schirm und der Schirm reflektiert das wieder und dann fällt es wieder ins Auge.
 I: Was sagst du S3?
 S3: Ja auch so, und dann geht's in dieses
 S4: die Lochkamera
 S3: Genau, diese Lochkamera
 I: Was bedeuten diese Pfeile?
 S4: Das ist die Richtung, in die das Licht fällt.

Beispiel 1 in Video 1 ab 53:00

S4 kann auch unter Verwendung der SEV erklären, warum man einen Gegenstand erst sehen kann, wenn man in dessen Richtung blickt (Beispiel 2).

I: Erkläre den Weg des Lichtes.
 S4: Bei der Abbildung, oder überhaupt?
 I: Überhaupt oder bei der Abbildung...
 S4: Also bei der Abbildung fällt er,ein paar Strahlen treffen halt ins Auge, andere Strahlen die gehen eben in dem Fall auf einen Schirm und das wird dann wieder reflektiert, in ja, in die Augen und ja. Aber es wird nur dann wieder ins Auge reflektiert, wenn man's, also wenn's in die Richtung ist, in die man schaut.

Beispiel 2 in Video 1 ab 54:08

Beide Schüler können unter Verwendung der SEV erklären, warum Licht eingeschaltet werden muss, damit man den Schüler sehen kann. Es wird auch eindeutig nach dem Vorhandensein von Licht in irgendeiner Form nachgefragt (Beispiel 3).

<i>I: Was muss getan werden, damit du mit der Lochkamera einen Schüler oder eine Schülerin in einer abgedunkelten Klasse sehen kannst?</i> <i>S3: wo überhaupt kein Licht ist?</i> <i>I: Ahm! (Zustimmend)</i> <i>S3: Auch nicht irgendwas, das auf den Schüler draufscheint und dann reflektiert?</i> <i>S4: Dann sieht man's ja nicht, oder? Dann gibt's ja kein Licht, das reflektiert werden kann.</i> <i>I: Also was muss jetzt getan werden, damit ich den Schüler sehen kann in der Lochkamera?</i> <i>S3: Man muss das Licht einschalten.</i> <i>I: Also wenn ich den Scheinwerfer nicht einschalten würde, was würden Sie erwarten für eine Veränderung?</i> <i>S4: Dass man ihn nicht sieht</i> <i>I: Warum?</i> <i>S3: Weil er kein Licht reflektiert.</i> <i>S4: Weil's eben kein Licht gibt zum Reflektieren.</i>
--

Beispiel 3 in Video 1 ab 58:13

Block 4

Block 4 hatte den Sehvorgang eigentlich nur indirekt zum Inhalt. Bemerkenswert war aber folgende Aussage von S3, die auf ein tieferes Verständnis des Sehvorgangs schließen lässt (Beispiel 1).

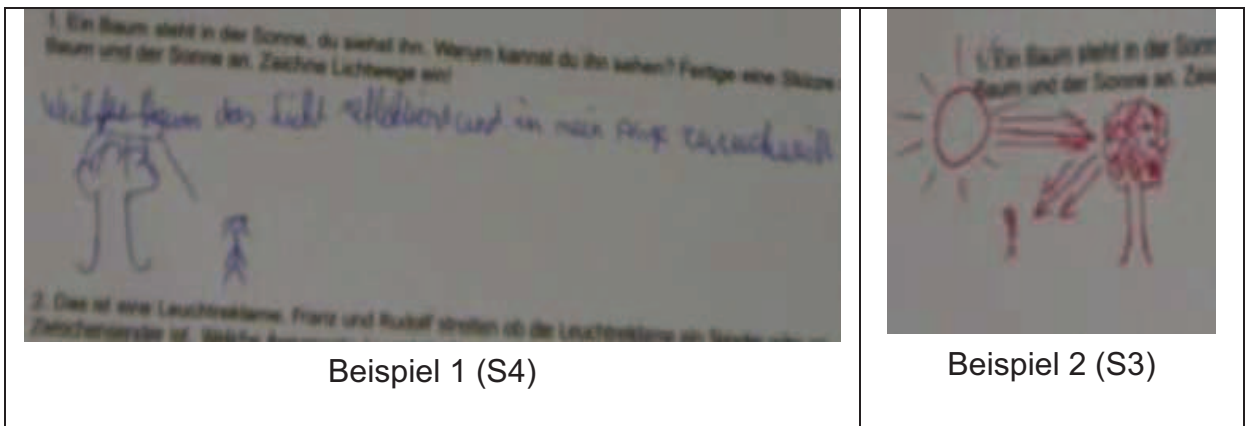
<i>I: Wie würden Sie einem Mitschüler den Begriff Lichtquelle erklären?</i> <i>S4: Lichtquelle ist ein Gegenstand von dem selbst Licht ausgeht, also der selbst Licht aussendet.</i> <i>S3: Ja, sag ich auch.</i> <i>S4: Zwischensender ist eben nur ein Gegenstand, der nur das Licht reflektiert.</i> <i>I: Gibt es Lichtquellen, die selber kein Licht erzeugen?</i> <i>S4: Für mich nicht</i> <i>S3: Hm Naja, man sieht beides irgendwie, einen Zwischensender und einen Sender deswegen würde ich nicht wirklich einen Unterschied</i>
--

Beispiel 1 in Video 1 ab 1:02:55

Block 5

Block 5 war wieder ein „Anwendungsblock“. Für die Erforschung des Verständnisses des Sehvorgangs waren vor allem die Zeichnungen zur ersten Frage interessant. Bemerkenswert ist, dass S4 zwar die Zeichnung

unvollständig angefertigt hatte, aber der Zeichnung folgenden Satz hinzugefügt hat: „Weil der Baum das Licht reflektiert und in mein Auge zurückwirft.“ (Beispiele 1 u. 2)



Der Standpunkt wird von beiden im anschließenden Gespräch auch ausführlich innerhalb der SEV begründet (Beispiel 3).

I: Also S4 ein Baum steht in der Sonne, du siehst ihn. Warum kannst du ihn sehen?
S4: Weil er das Licht reflektiert von der Sonne in mein Auge.
I: S3 was sagst du?
S3: Ja genau so
I: Du hast das jetzt so mit dem Auge betont, warum?
S4: Naja, weil man, wenn das Licht nicht wieder in das Auge fällt, dann sieht man den Gegenstand auch nicht.
I: Gibt's irgendeinen Grund, warum dir das so ganz klar ist, dass das nicht geht?
S4: ...Ja weil wenn das nicht reflektiert wird, dann gibt's ja auch kein Bild von dem Gegenstand

Beispiel 3 in Video 2 ab 0:46

Block 6

Dieser Block diente der Einführung des Streubegriffes. Hier konnte S4 die Zeichnung gemäß der SEV deuten (Beispiel 1).

I: Erkläre bitte die Bedeutung der Pfeile in Abbildung 8b.
 ...
S3: Das sind wieder die Lichtstrahlen und die reflektierten Lichtstrahlen.
I: Was sagst du?
S4: Ja, von der Taschenlampe trifft das Licht auf die Innenwand, also dann auf den Boden, aber bei dem Boden, in dem Fall also weiß, man sieht's - da die Ränder - sehen die Ränder hell aus, und dann geht's wieder ins Auge.

Beispiel 1 in Video 2 ab 17:35

Auch später, bei einer allgemeinen Beschreibung, wie das Licht verläuft, wenn das Foto gemacht wird, argumentierte S3 anhand der SEV (Beispiel 2).

I: Beschreibts einmal den Weg des Lichtes, wie das Foto gemacht wurde. Ähm nehm ma das, 9b bitte.

S3: Na es ist irgendwie von schr g oben gekommen, so wie da (zeigt auf die montierte Taschenlampe) und dann wurde es berall hingestrahlt und dann ist es in die Kameralinse gefallen.

Beispiel 2 in Video 2 ab 20:35

Block 7

In diesem Block war die Lichtung zu sehen, die Schüler sollten erklären, warum man die Lichtkegel sehen konnte. Überraschenderweise ließen sie diesmal den „Augenaspekt“ weg und argumentieren ausschließlich nach der „Streuvorstellung“ (Beispiel 1).

I: Wie w rdest du einem Mitsch ler erkl ren, warum man auf dem Foto Lichtkegel sieht?

S4: Weil in der Luft Wassertr pfchen sind, und die reflektieren das Sonnenlicht und dadurch sieht man's.

I: Was sagst du?

S3: Ja, genau das gleiche.

I: Ist die Erkl rung logisch?

S3: Ja

I: Gef llt sie euch?

S4: Mir schon.

Beispiel 1 in Video 2 ab 28:38

Andererseits wurde innerhalb dieses Blockes später wieder eindeutig der „Augenaspekt“ bei einer anderen Frage betont. Interessant ist, dass S4 anfangs verneint, dass man Licht sehen kann, für Lampen aber eine Ausnahme macht. Licht verbindet sie da anscheinend nur mit „ganz hell“ (Beispiel 2).

I: Was halts ihr von der folgenden Behauptung: Licht kann man nicht sehen?

...

S3: Doch!

S4: (Murmelt etwas)

S3: Doch kann man sehen.

I: Ja warum?

S3: Ja wenn man in eine Lampe schaut, dann kommt es ins Auge. Deswegen kann man es sehen.

I: Was sagst du?

S4: Naja

S3: Na schau: Alles was Licht reflektiert oder selber Licht aussendet kann man sehen (Glocke l utet)

S4: Ich w rd sagen, die Gegenst nde, die Licht reflektieren, kann man sehen, aber das Licht so selbst...w rd ich eher sagen, sieht man nicht. Naja z. B. wenn ich jetzt auf die T r schaue, dann seh' ich ja eigentlich kein Licht, dann seh' ich die T r, die das Licht reflektiert. Aber ich so trotzdem nur die T r. Wenn ich in die Lampe schau, dann schon, aber sonst....

S3: Das heißt, man kann Licht sehen.
 V: Theoretisch schon.
 S3: Und praktisch?
 V: Praktisch ist es nur eine Frage wo man hinschaut!
 S3: Ja ok

Beispiel 2 in Video 2 ab 30:35

Block 8

Im achten Block haben die Probanden beim Versuch das gesehen, was sie „sehen sollten“. Bei der Begründung, wann man den Lichtweg erkennen kann, argumentierten sie allerdings innerhalb der „Streuvorstellung“ (Beispiel 1).

I: Begründe, warum man den Lichtweg sehen kann. Warum kann ich den Lichtweg sehen, wenn das Raucherbüchchen da ist?
 S3: Weil etwas da ist, dass das Licht reflektiert.
 I: Und was ist das?
 S3: Der Rauch vom Raucherbüchchen.
 I: S4 wie würdest du das (unverständlich), was er gesagt hat?
 S4: Ich finde das, na ja, ich finde's logisch.

Beispiel 1 in Video 2 ab 36:25

Auch bei einer anderen Frage argumentieren beide nach der „Streuvorstellung“ (Beispiel 2).

I: Bei einer Fahrt nachts im Nebel kannst du die Lichtkegel sehen, die von den Scheinwerfern weggehen. Warum kann man die Lichtkegel sehen?
 S3: Weil sie reflektiert werden.
 S4: Von was?
 S3: Vom Nebel
 S4: Aja stimmt. Das habe ich beobachtet.
 S3: Deshalb soll man bei Nebel und so nicht so starke Scheinwerfer einstellen weil sonst irgendwie..
 Kameramann: Soll man da nicht genau die starken Scheinwerfer anstellen?
 S3: Nein, das reflektiert nämlich.
 S4+S3: Na eben nicht.
 S4: Ja eben.
 S4: Man muss langsam fahren S3 (gleichzeitig): Und dann sieht man noch weniger.
 S3: Und deshalb sind ja die Nebelscheinwerfer ja so weg von der Straße, hin auf den Straßenrand und nicht nach vorne. Weil sonst ist das unangenehm, weil der Nebel reflektiert so stark.

Beispiel 2 in Video 2 ab 36:45

Auch am Schluss argumentiert S4 noch einmal ausschließlich innerhalb der Streuvorstellung (Beispiel 3).

I: Wann würdet ihr sagen, dass ein Lichtkegel sichtbar ist?
 S4: Wenn man was hat, also wenn man einen Gegenstand hat, also der den Lichtstrahl eben reflektiert, den Lichtkegel. Naja zum Beispiel eben die Wassertropfen oder dem

Nebel halt, der das Sonnenlicht reflektiert.

Beispiel 3 in Video 2 ab 38:45

Zusammenfassung der Ergebnisse von S3+S4

Beide Schüler haben überwiegend im Rahmen der SEV argumentiert. Besonders in den Blöcken, wo es eine Zeichnung mit den Lichtwegen gab, haben sie eindeutig den Aspekt betont, dass Licht in das Auge fallen muss. Auffällig war, dass sie im letzten Block nur die Streuung als Voraussetzung für die Sichtbarkeit erwähnten. Die Tatsache, dass Licht von einem Gegenstand in das Auge fallen muss, wenn man ihn sieht, kann allerdings als nicht erwähnenswerte Trivialität für S3 und S4 gelten.

3.5.2 Ergebnisse der Befragung von S5 und S6

Bei der Deutung des Applets kamen sowohl S5 als auch S6 nicht auf die SEV. Sie argumentierten im Sinne einer Common-Sense-Vorstellung (Beispiel 1).

I: Was wird denn mit dieser Animation dargestellt, glaubts ihr?

S5: Dass jemand was sieht, wenn das Licht angeht.

S6: Das heißt, da geht das Licht aus und dann geht's wieder an.

S5: (lacht)

I: Woher stehn denn die Pfeile da?

S6: Für das Licht.

S5: Für das Licht und wenn das sieht, wenns auf die Lampe schaut das Ding (das Auge). Widergespiegelt, wenn man's sieht.

Beispiel 1 in Video 1 ab 2:09

Als die beiden konkret nach dem Lichtweg gefragt wurden, argumentierten sie zaghaft in Richtung SEV. Die Aussage „Ja, weil das Auge reflektiert“ wurde in Richtung „Das Auge nimmt Licht auf“ gewertet (Beispiel 2).

I: Wie stellt ihr euch den Lichtweg da vor, von der Glühlampe..

S6: Keine Ahnung

S5: ..bei diesem Applet was ich euch da gezeigt hab?

S6: Das Licht geht aus und wieder an.

I: Hm, und da habts ja Pfeile gesehen oder?

S6: Ja die waren so gerade.

I: Ja?

S5: Die gehen so weg von der Glühlampe (deutet mit den Händen) aber strahlen ganz überall.

S6: Dann gehen sie wieder zurück, oder?

S5: Ja, weil das Auge das reflektiert.

Beispiel 2 in Video 2 ab 0:06

Der Kurzvortrag zum allgemeinen Sehvorgang von selbstleuchtenden Gegenständen wurde von beiden akzeptiert (Beispiel 3).

I: Ist euch klar, wie das funktioniert, dass ihr, dass wir die Lampe oder die Flamme einer Kerze sehen können.
S5: Ja, weil das Licht wieder direkt in die Pupille. (Zeigt mit einem Bleistift in Richtung Auge) Und dann sieht man das auf der Netzhaut.
I: Hm. Was sagst du?
S6: Ja wegen dem Auge, wegen dieser Abbildung.
S5: Hm war gut, verständlich.

Beispiel 3 in Video 2 ab 14:52

Block 1

Bei der Paraphrasierung der SEV wurde jedoch der Begriff undifferenziert verwendet. Zumindest bei S6 ist nicht klar, ob die SEV wirklich verstanden wurde (Beispiel 4).

I: Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum man einen Gegenstand sieht, der Licht erzeugt?
S5: Ähm
S6: Weil er das Licht reflektiert und auf die Netzhaut geht und dann wird das vom Gehirn ins Auge gesendet.
I: Wo wird das reflektiert?
S6: In der Netzhaut!
S5: In der Pupille...Also es kann jetzt... Licht kommt in die Pupille. Es geht so: Mein wenn da Licht ist. So könnte man ihn nicht sehen (deutet mit der Hand parallel vor sich von links nach rechts) Und dadurch, wenn jetzt - das Licht halt.. Wenn's jetzt geht ins Auge, dann sieht man was.

Beispiel 4 in Video 2 ab 15:23

Auf die Aufforderung, den Lichtweg zu beschreiben, konnten beide keine eindeutige Antwort im Sinne der SEV geben. Die Antwort von S6, dass man sich vor das Licht hinstellen muss, kann so gedeutet werden, dass S6 davon ausgeht, dass Licht ins Auge fallen muss. S5 gibt in diesem Zusammenhang wieder an, dass Lichtstrahlen dabei doch sichtbar wären (Beispiel 5).

I: Erkläre mir bitte den Weg des Lichtes, wenn ihr einen leuchtenden Gegenstand sehts.
S5: Den Weg des Lichts?
I: Wie geht's das Licht? Was tut es da?
S5: Es scheint.
I: Und von wo?
S5: In alle Richtungen.
I: Ja. Und wenn ich den Gegenstand sehe?
S6: Dann scheint's auch.
S5: Ja dann scheint's. Sonst würde man ihn nicht sehen, wenn kein Licht wäre.

I: Wohin scheint das Licht?

S5: Überall

S6: Geradeaus.

S5: So (Macht einen auseinanderstrebende Geste mit den Fingern)

I: Und einen konkreten, eine Vorstellung wenn ich einen Gegenstand sehe, eine Lampe, wohin das Licht geht welchen Weg es nimmt, damit ich ihn sehen kann?

S5: Nein (murmelt etwas)

S6: Also da muss man sich vor dem Licht hinstellen und nicht hinter das Licht.

L: Warum?

S6: Na weil man das sonst nicht sieht.

S5: Doch man sieht die Lichtstrahlen.

Beispiel 5 in Video 2 ab 16:11

Die Lochkamera erwies sich in der Vermittlung der SEV hilfreich. So konnte S6 erklären, dass erst durch den Lichteinfall in die Lochkamera ein Bild entstehen kann (Beispiel 1).

I: Wie kommt's dazu, dass ihr in der Lochkamera ein Bild sehts?

S5: Na weil da einfach ein Loch ist.

I: und weiter? Was, was hat das Loch für eine Bedeutung?

N: Naja, dass eben Licht durchtritt durch das Loch

Beispiel 1 in Video 2 ab 17:45

In der Folge wurde die SEV für das Sehen selbst leuchtender Körper vorbehaltlos akzeptiert (Beispiel 2).

I: Wie findets ihr die folgende Erklärung: Eine Lampe erzeugt Licht und strahlt dann das Licht ab. Ich sehe eine Lampe nur, wenn ein Teil der Lichtstrahlung von der Lampe in mein Auge fällt.

Lu: Ja, find ich gut.

L: Findet's gut? (beide nicken)

L: Kommt euch etwas komisch vor dabei (beide schütteln den Kopf)

Beispiel 2 in Video 2 ab 20:29

Block 2

S5 und S6 konnten zu Beginn des zweiten Blocks nicht mit Hilfe der SEV argumentieren. Sie argumentierten mit einer Common-Sense-Vorstellung (Beispiel 1).

I: Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum die Wolken hell aussehen?

S6: Weil das Licht von unten leuchtet und dann erleuchten die Wolken.

S5: Ja, weil die Wolken die Sonne... Weil die Sonne die Wolken anstrahlt und die so gasförmig sind und Licht einfach durchscheint. Und deswegen schauen sie auch so rot aus.

I: Also dass das Licht durchgeht durch die Wolken praktisch, oder wie?

S5: Ja

I: Was sagst du, S6?

S6: Ich sag halt auch, dass die Sonne eben die Wolken anstrahlt und dadurch werden

die Wolken erleuchtet

Beispiel 1 in Video 2 ab 25:27

Bei der Frage nach dem konkreten Lichtweg bei der Aufnahme der Fotografie wurde im Rahmen der Streuvorstellung argumentiert, dass zumindest die Wolken selbst das Licht weiterstrahlen (Beispiel 2).

I: Welchen Weg nimmt das Licht, wenn ihr denkt: Ihr seids das Manderl ja und seht da diese leuchtenden Wolken ja? Sozusagen: Welchen Weg das Licht genommen hat?

S6: Also das Licht, von der Sonne, geht es zu den Wolken, von den Wolken strahlt's dann noch runter auf die Umgebung (Zeigt das auf der Grafik nach) und alles was in der Nähe von den Wolken ist.

I: Ok. Was hat euch bei dem Beispiel geholfen, das zu verstehen, eigentlich dass da...

S6: Naja durch die Pfeile hmm kann man das gut erkennen und ja...aber ich versteh auch nicht was sind das für Pfeile (zeigt auf Lichtpfeile von den Beobachtern weg) Was bedeutet das?

I: Die unten?

S6: Hmm

S5: Ich weiß es. Hm dass der Baum, der durch halt das gestrahlt oder wird und dadurch wird er wieder heller.

Beispiel 2 in Video 2 ab 26:18

Auf die direkte Frage, ob das Licht auch zu dem in der Grafik eingezeichneten Beobachter gelangt, wurde dies von beiden Schülerinnen bejaht (Beispiel 3).

I: Glaubts ihr, dass die Lichtstrahlen zu dem Manderl kommen?

S5: Zu dem Manderla?

I: Zu dem Manderl, zu dem

S6: Ja schon, weil eben die Pfeile da hin zeigen.

S5: Ja

S6: Aber nicht so stark wie auf die Wolken

...

I: Kommen sie ins Auge auch?

S5: Ja (S6: nickt)

Beispiel 3 in Video 3 ab 2:26

Beide geben richtig an, dass die Wolken nur gesehen werden können, wenn Licht auf sie trifft. Sie argumentieren aber nur innerhalb der Common-Sense-Vorstellung (Beispiel 4).

I: Was glaubts ihr, wie sehen die Wolken in der Nacht aus? (unverständlich durcheinander)

S6: Na wenn sie vom Mond angeleuchtet werden, dann sinds sie, dann sieht man sie hell. Aber dann sieht man sie halt leicht und na ja und wenn sie halt nicht angeleuchtet werden dann kann man sie wahrscheinlich auch gar nicht sehen.

S5: Ja dann sieht man sie gar nicht.

I: Warum kann ich die da gar nicht sehen?

S6: Weils kein Licht draufscheint und weils man da nicht sieht. Wenn's ganz dunkel ist

sieht man ja auch nichts.

Beispiel 4 in Video 3 ab 3:38

Beide können auch richtig begründen, dass die Wolken sichtbar werden, wenn sie mit einem Scheinwerfer beleuchtet werden. S6 gibt sogar an, dass sie in der Farbe des Scheinwerfers sichtbar sind (Beispiel 5).

I: Würde sich etwas ändern, wenn ich da mit einem starken Scheinwerfer hinleuchte?

S6: Ja

I: Bei den Wolken?

S5: Ja (beide nicken)

L: Wie würden's denn da aussehen?

S5: Hell.

S6: In der Farbe des Scheinwerfers.

I: Äh warum?

S5: Weil das Licht reflektiert auf.

S6: So wie beim Sonnenlicht halt, weil's da auf die Wolken geht

Beispiel 5 in Video 3 ab 4:17

Bei der abschließenden Zusammenfassung wird von den Schülerinnen die Sichtbarkeit eines Körpers dadurch begründet, dass dieser beleuchtet wird. Ein Hinweis auf das Weiterleiten des Lichts bzw. dass dieses ins Auge gelangen muss, fehlt (Beispiel 6).

I: Könntet ihr mal zusammenfassen, wann und warum können wir Gegenstände sehen, die selbst kein Licht erzeugen?

S5: Weil sie auf sie scheint das Licht drauf. Scheint ja auch das andere Licht drauf. Also deshalb sehen wir es ja auch, wenn was beleuchtet ist. Wenn's ganz dunkel ist, dann können wir auch nicht sehen. Aber dadurch dass ein Licht da ist, eine Lichtquelle sieht man's halt. Alles was in einer Lichtquelle ist, sieht man.

I: Was sagst du?

S6: Ja man sieht halt auch nicht. Was nicht von einem Licht angeleuchtet wird, kann man nicht sehen.

Beispiel 6 in Video 3 ab 4:49

Bei der Nachfrage nach dem konkreten Weg des Lichtes blieben beide Schülerinnen anfänglich bei der Common-Sense-Vorstellung, wonach das Licht die Gegenstände sichtbar macht. Erst als nachgefragt wurde, ob das Licht an einem beleuchteten Tisch liegen bleibt, wechselten beide Schülerinnen in die SEV (Beispiel 7).

I: Und welchen Weg geht das Licht von der Lichtquelle weg? Sag mal ihr schauts euch jetzt den Tisch da an, ja. Ihr seht ihn. Wenn euch jemand fragt, einer aus der Ersten z.B., welchen Weg nimmt das Licht von der Lichtquelle da oben, was würdest ihm da sagen?

S6: Von da oben auf den Raum (zeigt das mit der Hand).

I: Beim Sehen dieses Tisches, sehts ja den Tisch, der leuchtet ja net selber
S5: Eben weil das Licht, weil er ja angescheint wird (unverst ndlich) W ren die Lichter nicht, w rde man gar nichts sehen, auch nicht den Tisch.
I: Und was macht dann das Licht? Bleibt dann..
L: dort, oder?(gleichzeitig)
S5: Nein. Es ja es,...strahlt halt einfach
I: Auf den Tisch und dann bleibt das Licht am Tisch, oder?
S5: Hm
S6: Nein es wird dann.
S5: Ja es reflektiert dann in unser Auge.
S6: Es geht nur da und dann ins Auge.

Beispiel 7 in Video 3 ab 5:18

Block 3

Die SEV wird nur zögerlich akzeptiert. Im Zusammenhang mit Unterrichtsmaterialien scheint sie glaubhaft, von jeder Person würde sie nicht angenommen werden (Beispiel 1).

I: Hm f llt's euch schwer, die Erkl rung zu glauben?
S6: Nein. Wenn's da steht, wird's schon stimmen.
I: Aber von dir aus, wenn dir das irgendeiner erz hlt auf der Straße, w rdest es ihm dann auch glauben?
S6: Kommt drauf an, wer's erz hlt.
I: Naja sag ma es erz hlt dir jemand, zu demst normal nicht viel vertrauen hast.
S6: Dann w rd ich's nicht glauben.
I: Warum nicht? Nur weil's er ist, oder weil die Erkl rung so ist?
S5: Nur weil's er ist.
S6: Ja

Beispiel 1 in Video 3 ab 14:30

Bei der Beschreibung der Abbildung kommen beide auf die SEV (Beispiel 2).

I: Erkl rts mir mal die obige Zeichnung, was sollte die darstellen?
S5: Meinen sie den Menschen?
I: Na die ganze Zeichnung
S5: Ja einfach dass die Lampe strahlt das T-Shirt an. Dann ist das Fernrohr hier
I: Ja
S5: Das kommt, das mal ich hier nochmal hin, und dann hier wos steht, der sieht das dann halt, und sieht er's halt von dem aus, das T-Shirt, und hiers halt das wird ins Auge reflektiert, das vom T-Shirt weg.
I: Was sagst du?
S6: Ja also ich w rd sagen das ist die Lampe, die strahlt den Menschen an und dann sieht man halt ein Auge und auf das dieses Fernrohr.
I: Gut was bedeuten diese Pfeile da
S6: Naja, wo das Licht hinreflektiert, a hinstrahlt.
I: Und was sagst du?
S5: Ich find auch dass wo das Licht hinstrahlt.
I: Und was die Aug pfele? Was sagen oder was zeigen die?
S5: Dass ist das Licht dass sie das auch sehen, dass sie das Licht sehen.

Beispiel 2 in Video 3 ab 15:09

Die Paraphrasierung der SEV gelingt, als nach dem Weg des Lichtes gefragt wird (Beispiel 3).

<i>I: Erkläre mir noch mal den Weg des Lichtes!</i> <i>S6: Wir sollen ihn erklären?</i> <i>I: Den Weg des Lichtes ja, wenn ich die Lampe sehe.</i> <i>S5: Das Licht, also die Lampe strahlt das Licht aus und auf den Gegenstand, was draufkommt das Licht, wird's dann ins Auge reflektiert und dadurch sehen wir's.</i> <i>I: Was seht ihr da?</i> <i>S5: Den Gegenstand.</i> <i>S6: Naja, es wird dann ins Gehirn gebracht und das dreht dann das wieder um..</i> <i>I: Und wenn ich die Lampe sehe?</i> <i>S5: Wenn wir die Lampe sehen, schauen wir direkt ins Licht.</i> <i>S6: Dann geht das Licht ins Auge.</i> <i>S5: Dann wird das Licht direkt ins Auge</i>	Beispiel 3 in Video 3 ab 16:52
---	---------------------------------------

Die beiden Schülerinnen können auch mit Hilfe der SEV erklären, warum ein Schüler beleuchtet werden muss, damit man ihn in der Lochkamera sehen kann (Beispiel 4).

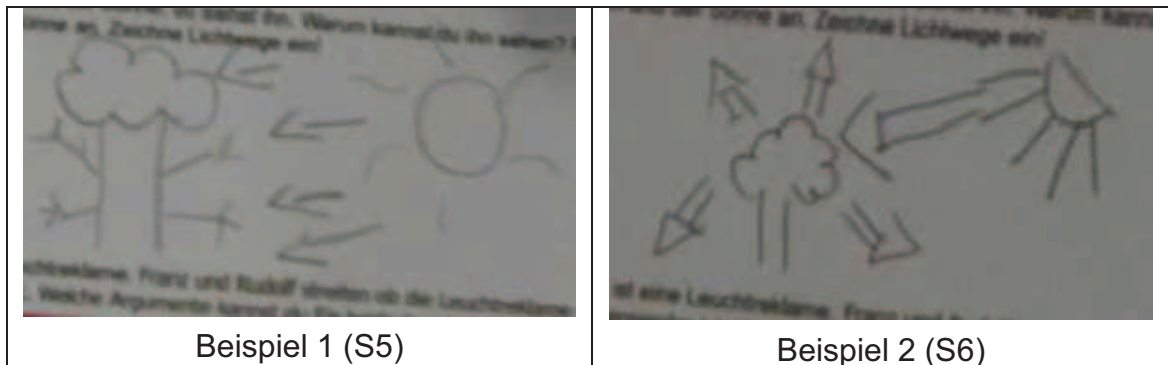
<i>I: Was muss getan werden, wenn ihr, wenn ihr, wenn die Klasse dunkel ist ja, also Licht ist ausgeschaltet. Was muss getan werden, damit du den Schüler sehen kannst?</i> <i>S5: Es muss eine Lichtquelle sein, die auf ihn draufstrahlt</i> <i>S6: Ja ein Licht muss auf ihn draufscheinen</i> <i>I: Warum?</i> <i>S5: Weil man sonst nichts sieht. Weil wenn man keine Lichtquelle hat, dann ist es dunkel.</i> <i>S6: Kann auch nichts aufs Auge reflektieren.</i> <i>S5: Eben</i> <i>I: Was wäre, wenn ich den Scheinwerfer nicht einschalte?</i> <i>S6: Dann ist es dunkel</i> <i>I: Warum?</i> <i>S6: Weil kein Licht ins Auge geht</i>	Beispiel 4 in Video 3 ab 21:38
--	---------------------------------------

Block 4

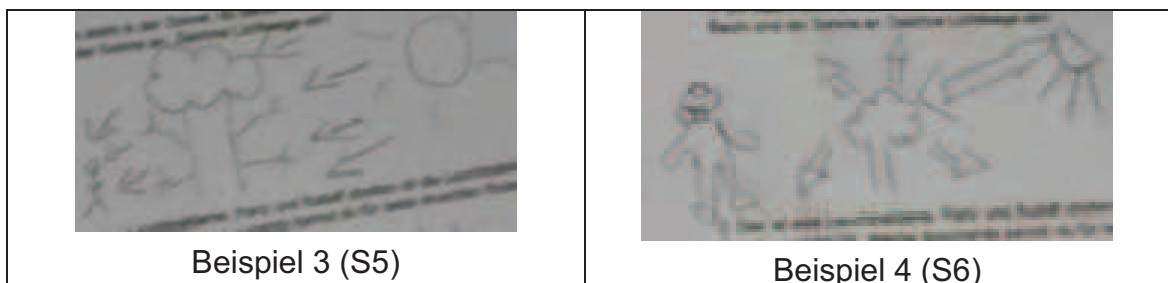
Keine relevanten Aussagen zur SEV.

Block 5

Für die Erforschung des Verständnisses des Sehvorgangs waren wieder vor allem die Zeichnungen zur ersten Frage dieses Blockes interessant (Beispiele 1 u. 2).



Bei der Befragung von S5 und S6 wurden die Probanden auch noch gebeten, die Zeichnungen zu verbessern, indem sie sich selbst in der Abbildung einzeichnen. Bei S5 kamen in diesem Zusammenhang auch Lichtpfeile hinzu, die auf das Strichmännchen zeigen, also die SEV nahe legen (Beispiel 3).



Block 6

Beide paraphrasieren die SEV bei der Beschreibung von Abbildung 8b (siehe Beispiel 1).

I: Schauts euch bitte die Abbildung 8b bitte an. Ähm was haben die Pfeile da f r eine Bedeutung?
S5: Dass das Licht, das hm gestreut wird
I: K nnts mir sagen, was die Pfeile aussagen?
S5: Ja, dass das Licht aus der brennenden Taschenlampe Lampe zusammen ist gehen in die Schachtel dort wird es halt gestreut, das Licht in alle Richtungen und das wird dann wieder gestreut in die Kamera
L: Hm Ok. Was sagst du S6?
S6: Ja ich sags genau so, dass es halt immer in der Taschenlampe oder so und das strahlt das Licht in die Mitte des Blattes und durch die mikroskopischen Unebenheiten strahlt es dann auf alle Seiten h streut es auf alle Seiten und dann wird's in die Kamera

Beispiel 1 in Video 3 ab 51:23

Auch bei der Anwendung auf die Beschreibung der Lichtwege bei der Fotografie in 9b gelingt (Beispiel 2).

I: Ähm: Beschreibts den Weg, den Weg des Lichtes, wie das Foto gemacht wurde
S6: 9a?

I: Ähm zum ja nehm ma 9b z.B. ja.

S5: Also von der von der Lampe, der Lichtquelle, in die Schachtel rein, die Schachtel hats dann gestreut und dadurch wieder zurück in die Kamera

I: Hat sie was vergessen?

S6: Ja, Nein, So denk ich es auch.

Beispiel 2 in Video 3 ab 54:52

Block 7

Bei der Frage nach der Sichtbarkeit der Lichtkegel kippen beide Schülerinnen wieder in eine Erklärung nach der Streuvorstellung. Sichtbarkeit bedeutet, dass Licht reflektiert wird. Dass das Licht in das Auge des Beobachters gelangen muss, wird nicht erwähnt (Beispiel 1).

I: Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum man auf dem Foto Lichtkegel sieht?

S5: Weil da Wassertropfen sind und die Sonne scheint drauf und die weiter unten reflektieren den Lichtkegel und

I: Was sagst du?

S6: Ich würde das genauso sagen

Beispiel 1 in Video 3 ab 1:01:31

Zumindest S5 kann auch korrekt vorhersagen, wie sich das Foto ohne Nebel verändern würde (Beispiel 2).

I: Wie würde das Foto aussehen, wenn da keine Wassertropfen in der Luft wären?

S5: Ganz normal, also ja nicht dunkel ich mein man sieht es nicht so gut das Foto mhm ja es würde halt dunkler ohne Lichtkegel

S6: Hm

I: Was bewirken die Wassertropfen in der Luft?

S6: Naja die reflektieren das Licht

I: S5 was sagst du dazu?

S6: Die denkt nach

Beispiel 2 in Video 3 ab 1:01:55

Block 8

Nach dem Versuch in Block 8 können beide richtig argumentieren, dass Wassertropfen in der Luft Licht streuen, und man so einen Lichtkegel sehen kann. Bemerkenswert ist, dass S5 sogar von sich aus ein Streuobjekt vermutet, da sie den Nebel überlesen hat. S6 argumentiert bei der Sichtbarkeit vollständig innerhalb der SEV (Beispiel 1).

I: Gut S5, ahm, warum kann man diesen Lichtkegel sehen?

S5: Ahm weil sie reflektiert werden und weil sie irgendwohin strahlen und draußen ist vielleicht Rauch oder so

I: Da steht da steht da im, in dem steht da

S5: (unverst ndlich)

S6: Naja, der der Nebel reflektiert das Licht

S5: Hm Nebel? Ah aso Ok. Aja eben eine Frage. Ja weil der Nebel, genau weil der Nebel das eben so wie auch beim R ucherst bchen so

I: Was sagst du, S6?

S6: Ja das ist halt so, dass der Nebel, der reflektiert das und dann kommt's ins Auge und dann sieht man's.

Beispiel 1 in Video 4 ab 4:01

Zusammenfassung der Ergebnisse von S5+S6

Die Ergebnisse bei S5 und S6 zur Sehvorstellung sind nicht eindeutig. Beim Applet argumentieren sie noch einer unphysikalischen Common-Sense-Vorstellung. Bei Block 1 zeigt sich eine prinzipielle Akzeptanz des SEV, in Block 2 wird anfänglich noch mit einer Beleuchtungsvorstellung argumentiert und im Laufe der Befragung in die SEV gewechselt. Im dritten Block zeigt sich zu Beginn eine Skepsis gegenüber der Erklärung des Sehens nicht selbst leuchtender Gegenstände. Am Schluss des Blockes wird jedoch richtig innerhalb der SEV argumentiert. Im fünften Block können beide Schülerinnen anfangs nicht richtig zeichnen, warum ein Baum in der Sonne sichtbar ist. Die Zeichnung von S5 entspricht der Common-Sense-Vorstellung, die andere einer Streuvorstellung. Nach dem Hinweis, sich selbst ebenfalls in die Zeichnung einzuzeichnen, ist zumindest eine Zeichnung eindeutig der SEV zuzuordnen. In Block 7 wiederum wird die Sichtbarkeit eines Objekts ausschließlich mit der Streuvorstellung argumentiert.

3.5.3 Ergebnisse der Befragung von S7 und S8

Bei der Beschreibung des Applets beschrieben beide Schülerinnen das Applet im Sinne einer Common-Sense-Vorstellung (Beispiel 1).

I: Was wird in dieser Animation dargestellt, erkl rt's einmal.

S7: Man ist in also ein Auge, ich glaub das (unverst ndlich) ist ein Auge, da ist in einem Raum, der dunkel ist und dann wird ein Licht eingeschaltet und dann sieht man den Rest auch, also

I: Was ist der Rest?

S7: Das ist ein Tisch, wo alles draufsteht.

S8: Und das Auge wird rot.

Beispiel 1 in Video 2 ab 2:28

Als die Schüler nach den Pfeilen gefragt wurden, erinnerten sie sich an

Vorwissen aus 2 Stunden Optik-Unterricht und die SEV (Beispiel 2).

I: Wofür stehen die Pfeile in diesem Applet, glaubt ihr?
S7: Ah da sind Pfeile, ups.
I: Habt ihr die nicht gesehen?
S7: Oh doch, doch ah ich glaub das sind Reflexionen
S8: Reflektionen....
S7: Also das Licht fällt auf den Tisch und wir sehen den Tisch, weil das Licht auf den Tisch fällt. Ich glaub das haben wir gelernt.
I: Echt, wann habt's des gelernt?
S8: Wir haben vor kurzem mit der Optik angefangen.
S7: Und dann hat die Fr. Prof. X. Gesagt, wir müssen jetzt aufhören, wahrscheinlich wegen Ihnen.
S8: Ja weil
I: Das heißt, ihr habt schon was gelernt?
Beide: Ja
I: Was habt ihr da gelernt?
S8: Also wir haben eigentlich nicht viel gemacht nur über die Schatten.
I: Aha
S7: Und dass man eben Dinge sieht, wo das Licht ins Auge fällt
S8: Ja. A: Man sieht eben nur Dinge, die reflektiert werden und das dann das muss dann auch ins Auge fallen.

Beispiel 2 in Video 2 ab 3:01

Beide können die SEV nach dem Vortrag richtig paraphrasieren (Beispiel 3).

I: Wie würde ihr einem Mitschüler erklären, warum man Gegenstände sehen kann?
S7: Wenn ein Gegenstand Licht reflektiert und dieses Licht in das Auge fällt, kann man die Dinge sehen.
I: Was sagst du?
S8: Ja ich würde (unverständlich) ein bisschen komplizierter ausgedrückt vielleicht.
I: Ja wie würdest du das ausdrücken?
S7: Naja, also ich hab meine eigene Blondinentheorie.
I: Ja bitte, ich höre?
S8: Ja wenn ein Gegenstand Licht reflektiert, dann und das also das reflektierte Licht in das Auge fällt, dann sieht man den Gegenstand.

Beispiel 3 in Video 2 ab 9:10

Block 1

Nach dem Kurzvortrag geben beide Schülerinnen an, den Sehvorgang zu verstehen. Sie verweisen allerdings auf ihr Vorwissen und geben an, dass der Vortrag an sich für sie nicht ausreichend wäre. S5 gibt an, dass sie den Inhalt des Vortrages lieber schriftlich gehabt hätte (Beispiel 1).

I: Ist dir klar, wie es funktioniert, dass wir eine Lampe oder eine Flamme der Kerze sehen können?
S8: Ja
S7: Ja, haben wir gelernt. Aber ich weiß nicht wie's works, wenn wir das jetzt nicht gelernt vorher hätten.
S8: Ich glaub wenn, wenn wir's nicht gelernt hätten, dann würde ich's nicht wissen. Also

weil ich's nicht so versteh.

S7: Weil es steht da auch nicht, also sie habens noch nicht so ganz eindeutig erklärt find ich. Naja es steht da. Was wollt ich sagen....mir fällt's grad nicht ein....

I: Was hat dir denn gefehlt?

S8: Ich finde hm. Auf das hat jetzt vielleicht nichts mitm Unterricht zu tun aber auf dem ersten Zettel hatte ganz klar draufstehen können, wie das funktioniert.

I: Die Lochkamera?

S7: Nein überhaupt.

S8: Was?

S7: Ja, geht's jetzt um die Lochkamera oder ums Sehen?

I: Es geht um's Sehen.

S7: Ja dann hat das eben. Ich hatte das Gefühl, das war noch nicht so ganz klar, bevor wir mit der Lochkamera angefangen haben. Also wenn wir's nicht gelernt hätten.

I: Also dieser Kurzvortrag da, der war nicht ausreichend, wo ich euch etwas gezeigt habe?

S7: Oder ich hab einfach vergessen, was Sie gesagt haben.

Beispiel 1 in Video 2 ab 30:30

Die SEV konnte S5 für das Sehen eines selbst leuchtenden Gegenstandes richtig paraphrasieren. Sie hat jedoch ein Problem zu verstehen, warum der Reflektor der verwendeten Lampe zu sehen ist (Beispiel 2).

I: Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum man einen Gegenstand, der Licht erzeugt, sieht?

S7: Weil das Licht ins Auge fällt.

I: Was sagst du S6?

S7: Es ist nur ein bisschen unlogisch, dass es erscheint einem unlogisch, dass wenn da was, wenn die Lampe jetzt so leuchtet, dass man da oben bei der Lampe auch noch ein bisschen was sieht. Also, naja wenn man jetzt diese Lampe einschaltet, das ist nicht die Lampe, dann sieht man dass da oben, nein nicht das da, das ist eine blaue Lampe, aber hm, wenn das so eine Lampe ist, wo das nicht so drüber geht unbedingt sondern was einfach nur so gehalten wird, dann sieht man das da oben immer noch. (Die verwendete Lampe hatte einen Reflektor) Also das ungefähr. Und ah, na ja, es ist...Ich glaub ich hab grad irgendwas...

Beispiel 2 in Video 2 ab 34:08

Bei der Frage nach dem Lichtweg griffen beide Schülerinnen umfangreich auf ihr Vorwissen zurück. Die letzte Frage aus Beispiel 3 wurde unabsichtlich falsch von mir gestellt. Die Antwort von S5 offenbart aber, dass das Streukonzept, Licht wird in alle Richtungen weitergeleitet, für das vollständige Verständnis der SEV noch fehlen dürfte (Beispiel 3).

I: Erkläre mir mal den Weg des Lichtes beim Sehen, von einem leuchtenden Gegenstand.

S7: Die Lampe leuchtet, es kommt drauf an ob's eine Lampe ist, die ganz offen ist oder eine Lampe oder auf einer Seite so eine Kappe hat. Und je nachdem also es breitet sich aus

S8: Licht breitet sich geradlinig aus

S7: Es breitet sich aus und je nachdem, bei einem Laserstrahl geht das, das haben wir auch gelernt zumindest, ja.

I: Was habtsn da gelernt?

S7: Dass bei einem Laserstrahl, das geht ganz grade und deshalb kann man den Leuten die Netzhaut kaputt machen, deshalb darf man das auch nicht machen bei Torwarten blablabla, und wenn man dann was da in die Bahn gibt sieht man das hinten nicht mehr, weil dass das alles abfängt, also wissen sie, was ich meine?

S8: Wenn man einen Laserstrahl in die Luft tritt, dann sieht man nichts von dem Licht, weil es naja

S7: Weil in der Luft nix ist, was dann dagegen prallt. Also

S8: dann sieht man nur den Punkt wo man halt hinleuchtet an der Wand.

S7: Ist auch bei der Taschenlampe so überhaupt generell, ah (erstaunen)

S8: Aber bei der Taschenlampe sieht man manchmal diese Dinger.

S7: Staubkörnchen

S8: Staubdinger

I: Und wie kommt jetzt das Licht vom leuchtenden Gegenstand in euer Auge?

S7: Es geht es naja es ist eine gute Frage

I: Oder Na tschuldige jetzt hab ich die Antwort eh schon vorweggenommen. Na apsst schon

Beispiel 3 in Video 2 ab 35:53

Block 2

S6 glaubt, dass das Foto in Block 2 die Schattenbildung zeigen soll. Bemerkenswert ist aber, dass es für S5 neu ist, dass die Wolken das Licht auch bis zu den Bäumen hinunter weitersenden (Beispiel 1).

S8: Also ich fand den oberen Absatz verständlicher als den unteren. Und ja, wenn man, es ist eigentlich der untere Absatz, das haben wir eigentlich schon gelernt

S7: Echt?

S8: Naja im Grunde schon mit dem Kernschatten und so. Also nicht wirklich

S7: Da ging's um das abab

S8: Ja aber weil es nur von einer Richtung kommt dann,

S7: ist der Rest Schatten ja, aber ich hatte nicht gewusst, dass die Wolken das runterreflektieren. Steht zumindest da.

Beispiel 1 in Video 2 ab 46:11

Beide Schülerinnen erklären die Sichtbarkeit der Wolken nicht mit der SEV. S6 bleibt in einer Common-Sense-Vorstellung, S5 benutzt die Streuvorstellung. Der Aspekt Auge fehlt (Beispiel 2).

I: Wie würden ihr einem Mitschüler erklären, warum die Wolken hell aussehen?

S7: Weil das Licht strahlt auf die Wolken, die Wolken sind dann hell.

S8: Ja

S7: Naja das Licht ist hell, das Licht strahlt auf die Wolken und macht...Moment...ja so hätte ich das einfach ausgedrückt.

S8: Ja die Sonne strahlt einfach das Licht auf die Wolken und die sind dann deswegen hell.

S7: Und die Wolken reflektieren das Licht.

Trotz Unterricht in Optik, zeigt sich, dass S6 bis jetzt noch nicht über das Sehen beleuchteter Gegenstände nachgedacht hat. Sie erkennt aber richtig, dass ein Gegenstand Licht abstrahlen muss, um gesehen zu werden (Beispiel 3).

I: Was hat es euch schwer gemacht zu verstehen, warum man Gegenstände, die selber gar kein Licht erzeugen, sehen kann?

S8: Ich hab jetzt nicht wirklich darüber nachgedacht.

I: Da geht's ja um das Sehen beleuchteter Gegenstände.

S7: Ja

I: Gab's da irgendetwas, dass es euch schwer gemacht hat.

S8: Naja ich denke, man sieht eher Sachen, die von selbst leuchten, als Sachen, die nicht selbst leuchten, oder? Naja weil Sachen die selbst leuchten, strahlen ja Licht ab.

Und wenn jetzt z. B: kein Licht da ist, dann kann man ja auch nicht die Tafel sehen oder das wenn das Licht nicht an ist kann man ja auch nicht die ganze Lampe sehen.

Beispiel 3 in Video 3 ab 4:23

Beide geben an, dass die Wolken in der Nacht nicht sichtbar sind und durch Scheinwerfer sichtbar gemacht werden können. Die Begründung erfolgt nach einem Common-Sense-Verständnis. Bemerkenswert ist, dass S5 das „Aussehen“ als objektive Eigenschaft betrachtet, die unabhängig von der Beleuchtung immer gleich ist (Beispiel 4).

I: Wie sehen die Wolken in der Nacht aus?

S7: Genauso wie am Tag. (S6 wirft was ein) Man sieht sie nicht aber sie sind noch genauso wie am Tag.

S8: Ja, man sieht sie nicht. Nur wenn sie beim Mond sind.

I: Warum sieht man sie nicht?

S7: Weil kein Licht draufscheint.

S8: Weil kein Licht ist. Kein Licht das stark genug ist um

I: Und wenn ich mit einem Scheinwerfer aufleuchte auf die Wolken?

S8: Ist nicht stark genug.

I: Hm?(Fragend)

S8: Ist nicht stark genug.

I: Wenns ein sehr starker ist? Wirklich starker.

S7: Dann

S8: Dann wird's durchscheinen.

S7: Nein muss nicht sein. Kommt drauf an wie groß die Wolke ist. Wenn man mitten in die Wolke reinleuchtet, würde man nicht merken, dass es eine Wolke ist, weil man denkt, das ist normal. Wenn man aber einen, ich denk schon wieder viel zu kompliziert

S8: Nein das genau. Wenn das sozusagen, wenn das Licht größer ist als die ganze Wolke zusammen also

S7: Dann sieht man, dass es eine Wolke ist. Dann sieht man die Wolke.

Beispiel 4 in Video 3 ab 5:54

Am Ende dieses Blockes wird die SEV von S5 korrekt paraphrasiert (Beispiel 5).

*I: Könntet ihr zusammenfassen, warum wir Gegenstände, die selbst kein Licht erzeugen, sehen können?
S7: Die Gegenstände, auf die Gegenstände, die kein Licht erzeugen, wird Licht geworfen, und der Gegenstand reflektiert das Licht und das fällt in unser Auge und deshalb können wir ihn sehen.*

Beispiel 5 in Video 3 ab 6:57

Block 3

Die Aussagen des dritten Blocks werden von beiden Schülerinnen akzeptiert (Beispiel 1).

*I: Fällt es euch schwer, die Erklärung zu glauben?
S7: Glauben? Nein
I: Was sagst du S7? Glaubst du das oder ist das irgendwie was Ähnliches
S8: Ich glaub das*

Beispiel 1 in Video 3 ab 13:04

Beide Schülerinnen wenden die SEV an mehreren Stellen richtig anwenden bzw. paraphrasieren die SEV richtig (Beispiele 2, 3, 4 und 5)

*I: Was bedeuten denn die Pfeile und die Augspfeile?
S7: Die Augspfeile sind auf jeden Fall die Augen, wo das Licht rein und die Pfeile sind die Lichtstrahlen würde ich sagen.
S8: Also das Licht, das reflektiert wird.
I: Das fällt dann ins Auge und das sind die Leute, die das Licht sehen. Von wo der Pfeil, von wo der Pfeil die das sehen, von wo der Pfeil herkommt.*

Beispiel 2 in Video 3 ab 15:04

*I: Welche Erklärung gibt der Text dafür, dass wir eine eingeschaltete Lampe sehen können?
S7: Du kannst nur Gegenstände sehen, von denen Licht in dein Auge gestrahlt wird. Steht da unten.
I: Was sagst du?
S8: Ja*

Beispiel 3 in Video 3 ab 15:32

*I: Erkläre einmal den Weg des Lichtes da. Bei der eingeschalteten Lampe.
S8: Erst einmal strahlt das Licht von in das Auge von einem Schüler, was wahrscheinlich nicht sehr gesund ist. Zweitens der andere Lichtstrahl strahlt auf den Menschen, auf den weißen Menschen, davon der reflektiert das Licht und das fällt's dann in paar Augen. Also das heißt, dass die Augen den Menschen sehen, aber nicht die Lampe. Hauptsache mal die Lampe steht.*

Beispiel 4 in Video 3 ab 15:54

I: Erkläre dir den Weg des Lichtes. Wenn du diesen Maxi da siehst.

S7: Der Maxl reflektiert das Licht in die Augen.

S8: Ja - oder die Pfeile, die von dem Maxl da weggehen, die sind quasi das reflektierte Licht.

Beispiel 5 in Video 3 ab 17:59

Der folgende Dialog zeigt, dass die Schülerinnen die SEV anwenden können. S8 deutet an, dass man auch in abgedunkelten Klassen etwas sehen könnte, wenn sich die Augen an die Dunkelheit gewöhnen. Sie gibt aber später auch an, dass es nie ganz dunkel ist und erklärt richtig, dass ohne Licht nichts zu sehen ist. Auch hier wird wieder das „Hinschauen“ als Voraussetzung für das Sehen genannt (Beispiel 6).

I: Was muss getan werden, damit man einen Mitschüler in einer abgedunkelten Klasse sehen kann?

S7: Man muss das Licht ausschalten. Man muss

S8: Ja man muss halt einfach warten, bis man bis das Auge sich an das Licht gewöhnt hat. Sonst..

S7: Muss man nicht unbedingt.

S8: Naja sonst kann man nicht wirklich was sehen.

I: Was versteht ihr unter abgedunkelter Klasse?

S7: So dunkel wie möglich.

S8: Naja dass das

S7: Manche Klassen haben halt keine Jalousien, da kann man nichts machen

S8: Dass das Licht halt weg ist. Also nicht weg ist sondern

S7: Es ist nie ganz dunkel.

S8: Ja ich mein

S7: Geht das überhaupt, dass es irgendwann einmal ganz dunkel ist?

S8: Ja beim Augen schließen

I: (unverständlich)

S7: Oh cool. Dann ist es nicht ganz dunkel. Dann geht ja noch Licht. Wenn's hell ist. Dann geht Licht durch deine (greift sich auf die Augenlider).

S8: Wenn man blind ist.

I: Wann kann ich ihn sehen dann, in der abgedunkelten Klasse?

S7: Wenn Licht auf ihn strahlt. Also

S8: Ja

S7: Und wenn man hinschaut

S8: Ja

I: Und warum? Und wie (unverständlich) ihr das?

S8: Naja, es ist ja

S7: Man kann nur Gegenstände sehen, die Licht reflektieren oder Licht ausstrahlen. Das Licht muss in unser Auge fallen.

S8: Aber es ist ja immer Licht da wenn man's nicht absichtlich drauf anlegt, dass es ganz ganz dunkel ist.

I: Und wenn man die Scheinwerfer nicht einschaltet?

S7: Dann sieht man ihn, kommt drauf an ob eben Licht von draußen reinkommt.

I: Es kommt nichts von draußen rein.

S8: Ok, dann sieht man ihn nicht.

I: Was sagst du?

S7: Na man kann Umrisse sehen, wenn's nicht ganz dunkel ist.

I: Es ist ganz, es kommt kein Licht rein.

S7: Ok, dann sieht man ihn nicht.

S8: Nein man sieht gar nix.

S7: Da sieht man gar nix.

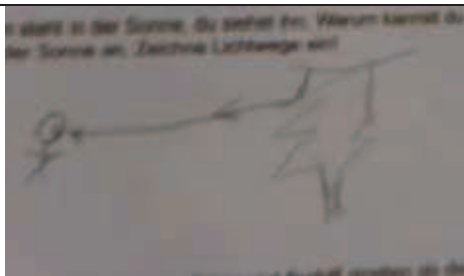
Beispiel 6 in Video 3 ab 19:50

Block4

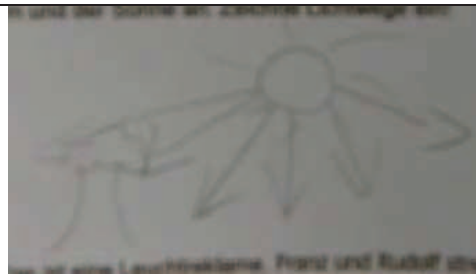
Keine relevanten Aussagen zur SEV.

Block 5

S7 fertigte eine Zeichnung im Sinne der SEV an. Die Zeichnung von S8 ist einer Common-Sense-Vorstellung zuzuordnen.



Beispiel 1 (S7)



Beispiel 2 (S8)

Block 6

Bei der Beschreibung der Pfeile in Abb. 8 argumentiert S7 nach der SEV (Beispiel 1).

I: Was bedeuten die Pfeile in Abbildung 8b?

S7: Das ist, ist das links oben ein Auge? Das da.

S8: Das sieht aus wie eine Kamera.

S7: eben

(Schulglocke 1 utet)

S7: Das sind die Lichtstrahlen und die Lichtstrahlen streuen sich und das zeigt, und dann und ein paar gehen in die Linse rein also.

Beispiel 1 in Video 7 ab 16:57

Trotz der vorherigen Aussagen wird von S7 das Foto 8c nur innerhalb der Streuvorstellung beschrieben (Beispiel 2).

I: Was sieht man in der Abbildung 8c? Beschreibt's ihr das bitte.

S8: Naja, da ist ein gelbes Blatt auf einem, in einem Karton.

S7: Das ist 11. Wir sind bei 8c, 8c.

S8: Ich hab verstanden 10c.

S7: Ahm na ja, eine Lampe strahlt Licht auf ein unebenes Blatt Papier oder was auch immer und das wird durch die Unebenheiten eben verschieden wieder reflektiert.

Auch bei der Beschreibung des Lichtweges argumentiert S7 nur innerhalb der Streuvorstellung (Beispiel 7).

I: Beschreibt's den Weg des Lichtes, wie die Fotos gemacht wurden. Wie das Foto gemacht wurde.

S7: Das da? Oder das da? ...

I: Abbildung 9b.

S7: 9b? Das ist 9b. Ahm also von da ungef hr kommt das Licht und das kommt dann da her und durch die ganzen Unebenheiten fliegt das dann so weg – also wegfliegen - dann wird das angestrahlt und das wird nicht angestrahlt, weil das nicht geht, weil das zu schr g w r, das kann geht sich nicht aus.

Block 7 und 8

Da die Befragung von S7 und S8 länger als bei den anderen Probanden dauerte, konnten diese beiden Blöcke nicht mehr behandelt werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse von S7+S8

Alle 6 Schülerinnen und Schüler gehörten derselben Klasse an. Bei S7 und S8 war jedoch der Einfluss der erlebten zwei Stunden Optik-Unterricht deutlich bemerkbar. Das Applet wird zwar nur innerhalb der Common-Sense-Vorstellung erklärt, die Paraphrasierung des Sehvorgangs entspricht jedoch vollständig der SEV. Die Schülerinnen weisen im Gegensatz zu den anderen befragten Schülerinnen und Schülern darauf hin, dass sie über den Sehvorgang im Unterricht bereits gehört haben. In Block 1 wird die SEV richtig paraphrasiert, die Schülerinnen weisen jedoch darauf hin, dass der Kurzvortrag für sie ohne Vorkenntnisse nicht ausreichend war. Block 2 zeigt ein wechselhaftes Verständnis der Schülerinnen. Für eine Schülerin ist es neu, dass die Wolken Licht weitersenden können. Die andere Schülerin gibt an, dass sie trotz Unterricht noch nicht darüber nachgedacht hat, warum man nicht selbstleuchtende Gegenstände sehen kann. Dennoch wird am Ende des zweiten Blockes die SEV korrekt paraphrasiert. Im dritten Block wird durchgehend mit der SEV argumentiert. Im fünften Block zeichnet eine Schülerin im Sinne der SEV, die andere Schülerin fertigt eine Zeichnung an, die der Common-Sense-Vorstellung entspricht. Im sechsten und letzten

behandelten Block wird ausschließlich in der Streuvorstellung argumentiert.

3.5.4 Vergleichende Beschreibung der Ergebnisse

In der Folge werden einige Fragen aus den Blöcken 1-6 vorgestellt und angegeben, wie die einzelnen Schülerinnen und Schüler darauf geantwortet haben. Zur Einordnung der Aussagen wird wieder das Kategoriensystem aus den vorigen Kapiteln verwendet, um die Aussagen einer Vorstellung zum Sehvorgang zuzuordnen.

Die Kategorien zum Sehvorgang lauteten daher erneut:

Common Sense (CS), Streuung (ST) und Sender-Empfänger-Vorstellung (SEV)

Da es sich um Doppelbefragungen mit jeweils immer zwei Schülern gehandelt hat, kommt es vor, dass es manchmal keine Aussagen gibt. Diese Fälle werden mit (-) gekennzeichnet. Stimmt eine Schülerin, ein Schüler der Aussage des Partners zu, dann wird die Aussage gleich dem Partner gewertet. Formuliert also Sx die SEV und Sy stimmt dem zu, so wird beiden die SEV zugeordnet. Antwortet eine Schülerin, ein Schüler trotz konkreter Aufforderung nicht, so wird das mit (k. A.) gekennzeichnet. Wenn eine Erklärung akzeptiert wird, wird das im Raster mit (akz.) markiert. Nicht akzeptierten Aussagen wird ein (n. akz.) zugeordnet. Daneben gibt es noch die Variablen richtig (r.) und falsch (f.) für richtige und falsche Antworten. Bei der Frage, „Ist euch klar, warum die Lochkamera ähnlich wie das Sehen mit den Augen funktioniert?“, wurden die jeweiligen Begründungen angeführt. Ein Raster mit allen Aussagen findet sich in Anhang C.

Frage: Erkläre, was in dieser Animation dargestellt wird?

CS: 6	ST: 0	SEV:0	(-):0	k.A.:0
-------	-------	-------	-------	--------

Alle befragten Schülerinnen glaubten, dass das Applet in erster Linie zeigen soll, dass man etwas sieht, wenn es hell wird. Das rote Auge erregte mehr Aufmerksamkeit als die Pfeile, die die Lichtwege darstellen sollten.

Beispiel CS:

S3: Das was ich jetzt daraus gelesen habe, ist, dass es zuerst dunkel ist. Und dann, sobald man das Licht anschaltet, sieht man alles. Aber für das Auge ist es schlecht, so schnell hell zu werden. Weil es blinkt irgendwie immer rot, wenn die Lichtstrahlen kommen.

Video 1 zu S3/S4 ab 4:10

Block 1

Frage: Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum man einen Gegenstand, der Licht erzeugt, sieht?

CS: 0	ST: 0	SEV:5	(-):1	k.A.:0
-------	-------	-------	-------	--------

Alle Schülerinnen und Schüler, die sich äußerten, paraphrasierten den Sehvorgang eines selbst leuchtenden Gegenstandes im Sinne der SEV.

Beispiel: SEV

S4: Warum man ihn sieht? Ähm. Das ist eine gute Frage. Ähm weil er Licht aussendet und das Licht in die Augen fällt? Ja.

Video 1 zu S3/S4 ab 27:44

Block 2

Frage: Wie würdet ihr einem Mitschüler erklären, warum die Wolken hell aussehen?

CS: 4	ST:1	SEV:0	(-):1	k.A.:0
-------	------	-------	-------	--------

Die überwiegende Mehrheit der Befragten Schülerinnen und Schüler argumentiert hier ausschließlich nach der Common-Sense-Vorstellung.

Beispiel: Common Sense

S7: Weil das Licht strahlt auf die Wolken, die Wolken sind dann hell.

Video 3 zu S7/S8 ab 2:10

Frage: Welchen Weg nimmt das Licht, wenn du die Wolken siehst?

CS: 0	ST:4	SEV:1	(-):1	k.A.:0
-------	------	-------	-------	--------

Wird konkret nach dem Lichtweg gefragt, wird deutlich häufiger die Streuvorstellung zur Argumentation benutzt.

Beispiel: Streuung

S6: Also das Licht, von der Sonne, geht es zu den Wolken, von den Wolken strahl's dann noch runter auf die Umgebung. Video 3 zu S5/S6 ab 0:28

Frage: Wie sehen die Wolken in der Nacht aus?

r.: 6	f.: 0
-------	-------

Alle befragten Teilnehmer beantworteten die Frage richtig.

Beispiel: richtig

S6: Na wenn sie vom Mond angeleuchtet werden, dann sinds sie, dann sieht man sie hell. Aber dann sieht man sie halt leicht und na ja und wenn sie halt nicht angeleuchtet werden dann kann man sie wahrscheinlich auch gar nicht sehen.

Video 3 zu S5/S6 ab 3:53

Frage: Warum sieht man sie nicht?

CS: 3	ST:0	SEV:2	(-):1	k.A.:0
-------	------	-------	-------	--------

Die vorhergehende Antwort wird größtenteils innerhalb der Common-Sense-Vorstellung begründet.

Beispiel: Common Sense

S8: Weil kein Licht draufscheint.

Video 3 zu S7/S8 ab 6:10

Frage: Würde sich etwas ändern, wenn ich da mit einem starken Scheinwerfer hinleuchte? Wenn ja, warum?

CS: 3	ST:1	SEV:2	(-):0	k.A.:0
-------	------	-------	-------	--------

Bei der Beantwortung dieser Frage gibt sich ein uneinheitliches Bild. Es überwiegt aber die Common-Sense-Argumentation

Beispiel: Common Sense

S8: Dann wird's durchscheinen.

Video 3 zu S7/S8 ab 6:24

Frage: Kannst du zusammenfassen, wann bzw. warum wir Gegenstände, die selbst kein Licht erzeugen, sehen können!

CS: 0(2)	ST:0	SEV:5(3)	(-):1	k.A.:0
----------	------	----------	-------	--------

Im Endverhalten haben alle Schüler, die sich geäußert haben, die SEV paraphrasiert. Zwei Probanden äußerten zuerst eine Common-Sense-Vorstellung.

Beispiel: Zuerst Common Sense, dann SEV

I: Könntet ihr mal zusammenfassen, wann und warum können wir Gegenstände sehen, die selbst kein Licht erzeugen.

S5: Weil sie auf sie scheint das Licht drauf. Scheint ja auch das andere Licht drauf, also deshalb sehen wir es ja auch, wenn was beleuchtet ist. Wenn's ganz dunkel ist, dann kann man's auch nicht sehen. Aber dadurch dass ein Licht da ist, eine Lichtquelle sieht man's halt. Alles was in einer Lichtquelle ist, sieht man.

I: Was sagst du?

S6: Ja man sieht halt auch nicht. Was nicht von einem Licht angeleuchtet wird, kann man nicht sehen.

I: Und welchen Weg geht das Licht, von der Lichtquelle weg? Sag mal ihr schauts euch jetzt den, Tisch da an ja. Ihr sehts ihn. Wenn euch jemand fragt, einer aus der Ersten z.B., welchen Weg nimmt das Licht von der Lichtquelle da oben, was würdest ihm da sagen?

S6: Von da oben auf den Raum

I: Beim Sehen dieses Tisches, sehts ja den Tisch, der leuchtet ja net selber

S5: Eben weil das Licht, weil er ja angescheint wird

(unverständlich) wären die Lichter nicht, würde man gar nichts sehen, auch nicht den Tisch.

I: Und was macht dann das Licht? Bleibt dann..

S5: Nein,

I: Do net, oder?

S5: Es ja es,...strahlt halt einfach

I: Auf den Tisch und dann bleibt das Licht am Tisch oder?

S5: *Hm*

S6: *Nein es wird dann.*

S5: *Ja, es reflektiert dann in unser Auge*

S6: *Es geht nur da und dann ins Auge.*

Video 3 zu S5/S6 ab 4:49

Block 3

Frage: Ist die Erklärung komisch? (Anm. Zum Sehen nicht selbstleuchtender Gegenstände) Fällt es euch schwer, sie zu glauben?

akz. : 5	n.akz.: 0	(-):1
----------	-----------	-------

Die Erklärung zum Sehen nicht selbstleuchtender Gegenstände wurde von allen Schülerinnen und Schülern, die sich geäußert haben, angenommen.

Frage: Welche Erklärung gibt der Text dafür, dass wir eine eingeschaltete Lampe sehen können?

CS: 0	ST:1	SEV:5	(-):0	k.A.:0
-------	------	-------	-------	--------

Die Erklärung des Sehens beleuchteter Gegenstände wurde überwiegend im Sinne der SEV paraphrasiert.

Beispiel: SEV

S3: *Man kann Gegenstände nur sehen, von denen Licht ins Auge gestrahlt wird.*

Video 1 zu S3/S4 ab 54:39

Frage: Erklärt den Weg des Lichtes!

CS: 0	ST:0	SEV:4	(-):2	k.A.:0
-------	------	-------	-------	--------

Der Lichtweg wurde von allen Schülerinnen und Schülern, die sich geäußert haben, mit Hilfe der SEV paraphrasiert.

Beispiel: SEV

S4: *Also bei der Abbildung f llt er,ein paar Strahlen treffen halt ins Auge andere Strahlen, die gehen eben in dem Fall auf einen Sch ler und das wird dann wieder reflektiert in, ja, in die Augen und ja. Aber es wird nur dann wieder ins Auge reflektiert wenn man's, also wenn's in die Richtung ist, in die man schaut.*

Frage: Was muss getan werden, damit du mit der Lochkamera einen Schüler/ eine Schülerin in einer abgedunkelten Klasse sehen kannst?

r.: 5	f.:0	(-): 1
-------	------	--------

Begründung:

CS: 0	ST: 2	SEV: 4	(-): 0	k. A.: 0
-------	-------	--------	--------	----------

Die befragten Schülerinnen und Schüler konnten durchwegs richtig anwenden, dass die Versuchsperson beleuchtet werden muss. Die Mehrheit begründete dies mit der SEV.

Beispiel: Begründung mit SEV

S5: Weil man sonst nichts sieht. Weil wenn man keine Lichtquelle hat. Dann ist es dunkel.

S6: Kann auch nichts aufs Auge reflektieren.

S5: Eben

Video 3 zu 53/S6 ab 21:57

Frage: Ist euch klar, warum die Lochkamera ähnlich wie das Sehen mit den Augen funktioniert?

Ja/Pupille= Blende: 2	Ja/Weil ein Loch ist: 1	Ja/(-): 1
Ja/CS: 1	(-): 1	

Die Lochkamera wird als Augenmodell akzeptiert. Die Begründung beschränkt sich jedoch bestenfalls auf die Benennung der Analogie von Pupille und Blendenöffnung. Eine echte Begründung im Sinne der SEV wird nicht gegeben.

Beispiel: Benennung Analogie Auge – Lochkamera

S8: Jaja, weil das ist sozusagen die Pupille und der Schirm sozusagen die Netzhaut.

Video 3 zu S7/S8 ab 21:28

Block 5

Aufgabe: Ein Baum steht in der Sonne, du siehst ihn. Warum kannst du ihn sehen? Fertige eine Skizze mit dir, dem Baum und der Sonne an. Zeichne

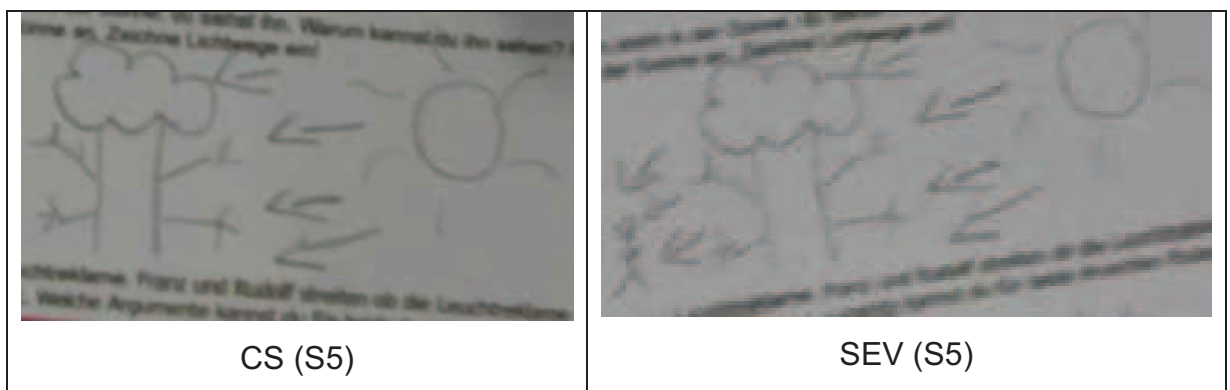
Lichtwege ein!

CS: 1 (2)	ST: 1(1)	SEV: 4(3)	(-): 0	k.A.: 0
-----------	----------	-----------	--------	---------

In Klammer steht die Auswertung der Zeichnungen, die alleine aufgrund der Angabe gestaltet wurden. Ein Schülerinnenpaar wurde nach der ersten Zeichnung aufgefordert, auch sich selbst einzuziehen, wie es in der Angabe verlangt war. Dabei wechselte S5 von der CS- zur SEV-Darstellung.

Die Mehrheit fertigte Skizzen im Sinne der SEV an.

Beispiel: Wechsel von CS zu SEV nach Hinweis



Frage: Erkläre, warum man die ausgeschaltete Werbetafel tagsüber sehen kann und nachts eine Beleuchtung notwendig ist?

CS: 2	ST: 3	SEV: 1	(-): 0	k.A.: 0
-------	-------	--------	--------	---------

Die Sichtbarkeit der Werbetafel wurde mehrheitlich anhand der Streuvorstellung begründet.

Beispiel: Streuvorstellung

S4: Na weil's am Tag von der Sonne bestrahlt wird und dann reflektiert und nachtsüber wird's dann eben nicht von der Sonne bestrahlt. Und ja, deshalb brauchts selbst kein Licht.

Video 2 zu S3/S4 ab 4:20

Block 6

Frage: Beschreibe den Weg des Lichtes, wie das Foto gemacht wurde.

CS: 0	ST: 1	SEV: 3	(-): 2	k.A.: 0
-------	-------	--------	--------	---------

Der Weg des Lichtes wird überwiegend nach der SEV paraphrasiert.

Beispiel: SEV

S5: Also von der von der Lampe, der Lichtquelle, in die Schachtel rein, die Schachtel hat's dann gestreut und dadurch wieder zurück in die Kamera.

Video 3 zu S5/S6 ab 55:02

Block 7 und 8

S7 und S8 konnten zu den Blöcken 7 und 8 nicht mehr befragt werden, daher wurde auf eine vergleichende Auswertung verzichtet.

Zusammenfassung:

Die SEV an sich rief keine Widerstände bei den Schülerinnen und Schülern hervor. Die SEV wurde schon im ersten Block von fast allen vollständig paraphrasiert. Im zweiten Block zeigte sich, dass die Ergebnisse auch stark von der Fragestellung abhängen. Die Frage, „Begründe, warum die Wolken hell aussehen!“, lieferte deutlich schlechtere Ergebnisse als die konkrete Frage nach dem Lichtweg. Die Schülerinnen konnten auch richtig vorhersagen, wie sich das Erscheinungsbild der Wolken ändert, wenn sie nicht beleuchtet oder mit Scheinwerfern beleuchtet werden. Bei den Begründungen dazu wurde die SEV jedoch selten vollständig formuliert. Bei der anschließenden Paraphrasierung des Sehens nicht selbst leuchtender Gegenstände wurde wieder die SEV fast durchgehend wiedergegeben. Im dritten Block wurde die SEV von den Schülern, die sich geäußert haben, nicht nur durchgehend paraphrasiert, sondern auch beim Anwendungsbeispiel „Was muss getan werden, damit du mit der Lochkamera einen Schüler eine Schülerin in einer abgedunkelten Klasse sehen kannst?“, überwiegend zur Begründung herangezogen. Im fünften Block zeichneten die Probanden auf Anhieb zumindest zur Hälfte Zeichnungen im Sinne der SEV. Bei der darauf folgenden Begründung der Sichtbarkeit der Werbetafel wurde die SEV jedoch nur mehr von einer Schülerin zur Begründung herangezogen. Der Aspekt „Licht muss ins Auge gelangen“ scheint generell bei den Probanden nicht sonderlich erwähnenswert zu sein. Bei der Paraphrasierung der SEV im sechsten Block wurde wieder überwiegend der SEV gemäß formuliert.

Die Ergebnisse scheinen durchwegs zufrieden stellend, vor allem wenn man sie im Kontext anderer Erhebungen zum Sehvorgang betrachtet (z.B. Andersson & Kärqvist 1982). Eine Zusammenfassung aller Ergebnisse zu den Fragen: Siehe Anhang C

3.5.5 Auswertung: Verständlichkeit und Lesbarkeit der Materialien

Im folgenden Kapitel werden einige Themen aus der Akzeptanzbefragung herausgegriffen und Reaktionen der befragten Schülerinnen und Schüler exemplarisch angeführt. Der Leser/die Leserin soll so einen Eindruck gewinnen, wie gewisse Texte, Abbildungen, Versuche etc. von den Probanden aufgenommen worden sind. Aufgrund der Reaktionen wurden einige Änderungen an den Materialien vorgenommen. Diese werden im Anschluss an das jeweilige Thema kurz zusammengefasst. In Anhang B und D sind die jeweiligen Unterrichtsmaterialien zum Vergleich angehängt.

Block 1

Thema: Was fällt den Schülerinnen und Schülern am Bild der Lochkamera auf?

Intention der Beobachtungsaufgabe 1 war es, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass das Bild in der Lochkamera verkehrt ist. So sollte noch einmal die Analogie zwischen Auge und Lochkamera betont werden und die Erklärung der Bildentstehung vorbereitet werden. Auf die Vorbereitung der Abbildungsgleichungen wurde bereits nach der Probebefragung verzichtet. Die Unterschiede zwischen Bild und Wirklichkeit, die von den Probanden beobachtet wurden, waren vielfältig.

S4: Ich hab geschrieben, dass man, also ich hab geschrieben, mit den Augen sieht man mehr und sch rfer.

S3: Ist dir noch etwas aufgefallen?

S4: Ja, dass durch die Lochkamera nur ein kleines Bild entsteht.

I: Ist dir noch was aufgefallen?

S3: Das alles am Kopf steht.

I: Hast du das auch gesehen?

S4: Ja, ich hab's nur nicht aufgeschrieben.

Video 1 zu S3/S4 ab 22:26

S5: Ähm wenn man das rauszieht, dann sieht man das Bild, aber man siehst verkehrt. Und wenn man ganz so macht, dann sieht man null.

S6: Wenn man's rauszieht, dann wird's größer und wenn man's wieder reingibt, dann wird's kleiner.

I: Also, was ist der Unterschied, was fällt euch im Bild in der Lochkamera auf?

S5: Ja es ist verkehrt und es ist verkleinert.

I: Was sagst du?

S6: Naja wenn man das irgendwie so rauszieht, dass es dann größer wird.

Video 2 zu S5/S6 ab 11:59

S7: Ich hab geschrieben, das Bild ist kleiner, und dunkler hab ich vergessen, und umgedreht und spiegelverkehrt.

I: Was hast du geschrieben, S8?

S8: Dass es verkehrt und spiegelverkehrt ist, aber es ist wirklich kleiner und dunkler?

Video 2 zu S7/S8 ab 23:19

Fazit

In jedem Paar wurde die Beobachtung gemacht, dass das Bild in der Lochkamera „umgedreht“ wird. Die Beobachtungsaufgabe wurde nicht mehr geändert.

Thema: Sieht man etwas, wenn die Lochkamera von der Lampe wegzeigt?

Beim Beobachtungsauftrag 3 sollten die Probanden feststellen, dass man Gegenstände nur dann in der Lochkamera sehen kann, wenn sie auf den Gegenstand gerichtet ist. Nur wenn Licht in die Blendenöffnung gelangen kann, entsteht ein Bild am Schirm. Diese Beobachtungsaufgabe erwies sich als missverständlich.

I: Was vermutet ihr vor dem Versuch?

S4: Ich sag nein.

S3: Ich sag ja

...

S4: Naja, ich hab's teilweise gesehen. Also z.B. wenn ich neben die Lampe geleuchtet habe, dann hab ich die Lampe trotzdem gesehen. Also wenn ich z. B. in den Computer geleuchtet habe, also habe, dann hab ich's nicht gesehen.

I: Was hast du beobachtet?

S3: Ja, man sieht es auch auf der Seite.

....

I: Ist es für euch logisch?

S3: Logisch, dass man es nicht sieht?

Beide: Ja

Video 1 zu S3/S4 ab 24:00

I: Was würdet ihr vorher erwarten?

S5: Das man nichts sieht.

I: Was sagst du?

S6: Würd ich auch sagen, dass man nichts sieht

S5: Soll ich so hinschauen?

S5: Man sieht nichts.

S6: Doch man sieht was!
 S5: Ich seh nix.
 S6: Doch, ganz leicht auf der Seite.
 S5: Bei dem hab ich nichts gesehen.
 S6: Also ich hab da, das Ding da gehabt. Und da konnt ich's ein bisschen da auf der Seite (deutet um die Lochkamera)
 I: Siehst es jetzt auch noch?
 S6: (H lt die Kamera etwas seitlicher weg.) Ja
 I: Und jetzt?
 S6: Ja?

Video 2 zu S5/S6 ab 13:05

S7: F r mich ist die Frage undeutlich.
 I: Ja, inwiefern?
 S7: Naja, da steht: Kannst du die das Gegenstand noch sehen, wenn die Lochkamera von diesem Gegenstand wegzeigt? Heißt das, dass man ganz rumgedreht ist oder das es nur so rum ist (dreht die Lochkamera um)?
 ...
 I: Was sagst du S8?
 S8: Naja ich h tt auch noch ob's naja wenn's da noch so, dass ichs nicht mehr seh sondern dass es vielleicht noch. Also so z.B. oder so. (dreht sich eindeutig mit dem K rper von der Lampe weg.)
 I: Was meinst du f r einen Unterschied?
 S8: Naja wenn, da ist es ja noch in der N he halt (wischt mit der Hand vor der Blenden ffnung auf und ab) da f llt ja noch Licht drauf aber so, wenn ich so draufschau nicht (dreht sich vollst ndig von der Lampe weg).
 I: Na macht's es einmal so, wies ihr glaubt's dass es dasteht.
 S8: Soll man's auch begr nden?
 S7: Also ich begr nd's grad, also ich weiß es nicht.
 S7: Gell da f hlt man sich ziemlich dumm. (S8 dreht sich gerade von der Lampe weg und schaut durch die LK)
 S8: Ja.
 I: Wieso?
 S8: Weil man nichts sieht.
 T: Naja, weil wer schaut schon da nach hinten, wenn man so was, das da, sehen will?
 S8: Ja durch eine Pringles-Packung. Oder Crunchchips

Video 2 zu S7/S8 ab 24:58

Fazit

Die Formulierung „Kannst du einen Gegenstand in der Lochkamera sehen, wenn die Lochkamera von diesem Gegenstand weg zeigt?“ wurde abgeändert (vgl. Anhang B und D). Die Lochkamera in Abbildung 3 wurde eindeutig von der Lampe weggerichtet. Mehrheitlich wurde schon vor dem Versuch erwartet, dass dir Lampe nicht zu sehen ist.

Thema: Ist die Lochkamera hilfreich?

Die Lochkamera wird im ersten Block als Lichtmessgerät vorgestellt. Sie soll das Verständnis des Auges als Lichtempfänger unterstützen. Die Schülerinnen und Schüler wurden durch verschiedene Fragen zu ihrer Meinung zur Lochkamera befragt.

<i>I: Ist euch klar, warum wir da die Lochkamera verwendet haben?</i> <i>... (verhandeln, wer sprechen soll)</i> <i>S4: Ich weiß es aber nicht. Wir hätten's theoretisch auch nur so machen können, ohne Lochkamera.</i> <i>S3: Naja, also ich finde, na ja, dass wir den Unterschied sehen. Wenn die Pupille ganz klein ist, wenn man weiter weg geht, dass man nicht mehr sieht. Und bei unseren großen Pupillen eben schon.</i> <i>S4: Stimmt ist logisch.</i> <i>....</i> <i>I: Hat euch die Lochkamera geholfen, zu verstehen, warum wir Gegenstände sehen können, die Licht erzeugen?</i> <i>S4: Nein, eigentlich nicht.</i> <i>I: S3</i> <i>S3: Ja.</i> <i>I: Ja schon? Warum?</i> <i>S3: Weil das kleine Loch die Pupille ist und dann diese Folie, oder was das war, die Netzhaut und da versteht man irgendwie, wie das Auge aufgebaut ist.</i>	Video 1 zu S3/S4 ab 29:41
<i>I: Ist euch klar, warum man eigentlich da die Lochkamera verwendet haben?</i> <i>S5: (Schüttelt den Kopf) Um zu sehen, wie ein Tintenfisch sieht.</i> <i>(unverständlich)</i> <i>S6: Das ist das Auge, wie das eines Kopffüßlers, also</i> <i>...</i> <i>I: Hat die Lochkamera euch geholfen zu verstehen, warum man Gegenstände sehen können, die Licht erzeugen?</i> <i>S5: Nein</i> <i>I: Also ihr seht einen Gegenstand der Licht erzeugt, ja und hat euch die Kamera geholfen zu verstehen, warum ihr den sehts?</i> <i>S6: Hm Nein</i> <i>S5: Das wusst ich eigentlich schon vorher oder. Hätte ich's nicht gewusst, würde ich jetzt nicht irgendwie so erleuchtet durch das geworden (beide lachen) Also ich mein. Nicht erleuchtet erhellt also</i> <i>I: Also die Lochkamera hat euch da irgendwie nicht weitergeholfen?</i> <i>S5: Nein</i> <i>(S6 schüttelt zustimmend den Kopf)</i> <i>S5: Also ich mein</i> <i>I: S6</i> <i>S6: Nein. Ich versteh auch irgendwie nicht, was das sein soll (schiebt Auszug rein und raus) Das hier.</i> <i>(Unverständlich)</i> <i>I: Na warum hat's dir nicht geholfen, oder?</i> <i>S5: Also nein, ich mein, ja also es, ich mein, es erklärt, wie ein Kopffüßler sieht und</i>	

aber nicht, wieso man sieht

Video 2 zu S5/S6 ab 17:12

I: Ist euch klar, warum wir die Lochkamera verwendet haben?

S7: Nein

S: Nein, nicht wirklich

S7: Nein, das ist einfach unnützig finde ich. Also wieso..

S8: Ich mein ich..

S7: Ahhhh Es geht darum, dass man das checkt, dass man das wenn man das so macht (macht Auszubewegung nach) dass das größer und kleiner wird, oder? Oder auch nicht.

S8: Und dass das spiegelverkehrt ist und verkehrt

S7: Ahhhhhhhhhh Ich glaub das war das

S8: Ein Aha-Effekt

S7: Das war das Aha Erlebnis bitte. Also ich glaub, es ging darum, dass man das einmal so sieht, wie man es eigentlich sehen würde. Oder? Also ich weiß es. Also das war das, was ich gesagt hatte.

....

I: Hat euch die Lochkamera geholfen zu verstehen, warum wir Gegenstände sehen können?

S7: Nicht wirklich, das wusste ich schon vorher.

Video 2 zu S7/S8 ab 37:44

Fazit

Den befragten Schülerinnen und Schülern war nicht wirklich klar, warum die Lochkamera verwendet wurde. S3 und S4 sahen die im Vergleich zur Pupille kleinere Blendenöffnung als wesentlich. S5 und S6 sahen den Zweck der Lochkamera in der Analogie zum Kopffüßerauge. S7 und S8 sahen wiederum die Veränderung des Bildes mit der Auszuglänge als wesentlich an. Die Lochkamera wurde auch größtenteils als nicht hilfreich eingestuft, den Sehvorgang zu verstehen. S4, S5, S6 und S7 bezeichneten die Lochkamera in diesem Zusammenhang als nicht hilfreich. Lediglich S3 fand die Lochkamera in dem Sinn hilfreich, weil er dadurch den Augenaufbau besser verstehen könne. Die Lochkamera wurde als zentrales Element der Unterlagen weiterbelassen. Sie kommt beim Demonstrationsversuch zum Sehen nicht selbst leuchtender Gegenstände erneut vor und wird in weiterer Folge zu einer Linsenkamera bzw. Entfernungsmesser umgebaut.

Block 2

Thema: Ist der Text verständlich?

Der Text des zweiten Blocks wurde bereits nach der Probebefragung überarbeitet. Durch die Länge und die Fülle an Information stellte er die Probanden vor eine gewisse Herausforderung.

S3: Sehr gut.

I: Wie ging's euch beim Lesen dieses Textes?

S4: Gut

I: Gut ja, und dir?

S3: Auch sehr gut

I: Kommt euch etwas komisch vor dabei?

S4: Bei mir nicht

I: Gibt's da irgendeine Stelle wo ihr denkt, was heißt das oder so? Oder beim Bild der Zeichnung...

S3: Neinein, das ist sehr gut erklärt.

I: Habts ihr Fragen zum Text, verstehts ihr ihn?

S4: Ich versteh ihn.

S3: Ich auch.

Video 1 zu S3/S4 ab 38:09

S5: Versteh den Text nicht so gut.

I: Ja, was, oder wie?

S6: Generell nicht, ich find es ist nicht so gut erklärt.

I: Hmm. z.B.? Hast du irgendwas, was dir besonders nicht gefällt?

S5: Mh ja, dass die Wolken werden unten angestrahlt und dann dadurch leuchtet es. (Verzieht fragend den Mund)

I: Mhh

(N murmelt unverständlich)

I: Und kannst mas zeigen, wo man das wo man's im Blatt sieht?

S5: Ähm ja. Die Wolken leuchten deshalb, weil die Sonne sie von unten anstrahlt.

I: Naja, wie wärest du das ausdrücken, oder?

S5: Nein, ich mein, naja ist eigentlich eh gut ausgedrückt, man muss ihn halt fters lesen, damit man's versteht.

I: Mhm Ok.

I: Wie ging's euch sonst so beim Lesen des Textes?

S5: Gut

I: Kommt euch irgendetwas komisch da vor?

S5: Nein

S6: Ich find's auch gut dass da immer Bilder dabei sind.

S5: Find ich auch.

I: Meinst du jetzt die Zeichnungen oder die Fotos?

S6: Ja beides (S5 sagt ebenfalls gleichzeitig beides)

Video 2 zu S5/S6 ab 23:44

I: Was sagst du S8

S8: Also ich fand den oberen Absatz verständlicher als den unteren. Und ja, wenn man, es ist eigentlich der untere Absatz, das haben wir eigentlich schon gelernt

....

I: Ja also, was hat euch verwirrt, oder was war denn da komisch?

S7: Ja außer dem mit den Bäumen finde ich nix. Also dass die Bäume auf einmal da waren, obwohl wir. Obwohl es im oberen Absatz nicht gestanden ist.

S8: Ich find, es ist kompliziert ausgedrückt

I: Was hätte man denn einfacher ausdrücken können?

S7: Es könnte auch sein, dass es so spät ist und dass wir so müde sind. Ich bin zumindest müde.

I: Es ist 16:25

S7: Mir ist nur nicht klar, warum das jetzt rot ist, also das sagen sie nicht. Es sagt zwar dass es rot ist, aber wir sehen nicht, warum's rot ist. Ist mir jetzt aber nur beim Nachdenken eingefallen.

I: Kommt euch etwas komisch vor dabei, bei dem Text?

S7: N

S8: Nein

Video 2 zu S7/S8 ab 46:12

Fazit

Der Text erwies sich weiterhin als herausfordernd für die Schülerinnen und Schüler. Lediglich S3 und S4 fanden den Text leicht verständlich. S5 gab an, dass sie den Text mehrmals lesen müsse, um ihn zu verstehen. Für S7 war interessanterweise die rote Farbe der Wolken irritierend. In der Probefragung war noch die Rede vom „rötlichen Licht der Sonne“. Auf diese Formulierung ist in der Hauptbefragung verzichtet worden, um den Text einfacher zu gestalten. Für die Materialien, die im Unterricht verwendet wurden, wurde der Text wieder leicht abgeändert. So wurde die Formulierung „Die Wolken strahlen in einem hellen Rot..“ durch die Formulierung „Die Wolken strahlen hell...“ ersetzt. Bei der Erprobung im Unterricht bin ich mündlich ausführlich auf die Farben des Himmels eingegangen und habe den Schülerinnen und Schülern auch den engen Zusammenhang zwischen blauem Himmel und rotem Sonnenuntergang erklärt. Leider ist sich aufgrund des Zeitdruckes eine noch umfassendere Überarbeitung der Unterlagen nicht ausgegangen, aber an sich bin ich der Meinung, dass die Erklärung der Körperfarben im Optik-Unterricht an den Beginn gestellt werden sollte um die SEV so eindringlicher zu vermitteln. Besonders die Tatsache, dass ein „gelber“ Pullover bei Kerzenlicht anders aussieht als bei Neonlicht, hinterlässt bei einigen Schülern einen verwunderten, aber bleibenden Eindruck.

Thema: Das Kameraauge

Um den Lichtweg beim Entstehen der Fotografie zu erklären, wurde der Begriff Kameraauge verwendet. Interessant war es daher, welche Assoziationen die Probanden mit diesem Begriff verbinden, und ob der Begriff Widerstände hervorruft.

I: Sagt euch der Begriff Kameraauge etwas? Was verstehts ihr darunter?

S3: Die Linse von der Kamera.

I: Was sagst du?

S4: Ja, ich auch.

Video 1 zu S3/S4 ab 38:32

I: Sagt euch der Begriff Kameraauge etwas?

S5: Hm ja die Linse denk ich mir.

I: Was sagst du?

S6: Keine Ahnung

I: Was stellst du dir darunter vor hast du irgendeine Vorstellung?

S6: Ähm irgendeinen Teil eines Auges heißt Kameraauge.

S5: Ok, was stellst da drunter so vor?

S6: Ähm ich weiß nicht. Irgendein Teil eines Auges heißt Kameraauge und...

I: Und sonst weiter kannst da nix vorstellen bei dem Teil?

S6: Nein

Video 2 zu S5/S6 ab 24:45

L: Sagt euch der Begriff Kameraauge etwas?

T: Ja am Anfang hatte ich mir auch gedacht, was das heißen soll aber dann hab ich gemerkt, dass da unten ein Maxl. Soll das eine Kamera sein.

A: Aha, das hab ich ja noch gar nicht gesehen. Das hat ja nur Beine.

T: Herr Prof. ist das ein Maxl mit Kamera oder ist das einfach nur ein Maxl?

L: Ein Maxl mit Kamera.

T: Eben, deshalb hab ich mir gedacht, ach das ist ein Kameraauge. Weil ich mir gedacht hab, seit wann haben Menschen Kameras im Auge.

L: Ja was verstehts ihr unter Kameraauge?

T: Das ist das Objektiv.

A: Ja Objektiv

A: Wenn eine Kamera ausgeschalten ist, dann geht das Objektiv ja so rein. Und also dieses Ding eben was so rein und raus geht wenn man's ausschaltet

Video 3 zu S7/S8 ab 1:15

Fazit

S4, S5 und S6 verstanden unter Kameraauge die Linse einer Kamera. S7 und S8 ordneten diesem Begriff das Objektiv zu. Lediglich S6 verstand unter dem Kameraauge einen Teil des menschlichen Auges. Der Begriff Kameraauge wurde daher in den Unterlagen für den Unterricht beibehalten.

Thema: Was macht das Beispiel verständlich/unverständlich?

Der zweite Block bestand aus einer Fotografie, einer Grafik und relativ viel Text. Es war nun interessant zu wissen, welche Teile dieses Blockes das Verständnis des Sehens beleuchteter Gegenstände erleichtern bzw. erschweren.

S3: Hat euch dieses Beispiel geholfen, das zu verstehen, was ich da fabriziert hab?

S4: Ja

S3: Ja

I: Die Wolken sind ja ein Gegenstand an sich, die kein Licht erzeugen. Hat euch irgendetwas schwer gemacht zu verstehen, warum man Gegenstände sehen kann, die kein Licht erzeugen?

S3: Nein

(S4 schüttelt mit dem Kopf)

Video 1 zu S3/S4 ab 41:30

I: Ok. Was hat euch bei dem Beispiel geholfen das zu verstehen, eigentlich dass da...

N: Naja, durch die Pfeile hmm kann man das gut erkennen und ja...aber ich versteh auch nicht was sind das f r Pfeile (zeigt auf Lichtpfeile von den B umen weg) Was bedeutet das?

I: Die unten?

S6:Hmm

S5: Ich weiß es. Hm dass der Baum der durch..halt das gestrahlt oder wird und dadurch wird er wieder heller.

I: Hm. Was sagst du dazu?

S6: Ich weiß nicht, ich glaub eher, das ist irgendeine. Ich weiß nicht irgendein Licht oder so. Weil ich finde dass die Pfeile sind f rs Licht und da unten nochmal Pfeile ist irgendwie verwirrend.

I: Glaubst du dass das andere Pfeile sind oder hm

S6: Hm Naja sie sind nicht gelb.

I: Sie sind nicht gelb? Naja eigentlich sind sie's schon, wenn man genau hinschaut.

S6: Aja, also am (Unverst ndlich) w rd ich's jetzt nicht.

I: Hm gr ßere Abbildungen.

S6: Oder vielleicht auch gleich große Pfeile weil, so sieht man das irgendwie nicht.

S5: Ja das ist unverst ndlich, so glaub man das sind immer anders. Außer die Lichtstrahlen werden halt schw cher.

I: Hm

S6: Wenn das, wenn's so ausgedr ckt werden soll, dann passt's eh

I: Glaubst du dass sie schw cher werden?

S6: Ja schon weil als erster geht's von der Sonne aus und dann auf die Wolken und dann wird's schw cher und dann auf die B ume und dann ist's hier.

I: Glaubts ihr, dass die Lichtstrahlen zu dem Manderl kommen?

S5: Zu dem Manderl a?

I: Zu dem M x zu dem

S6: Ja schon, weil eben die Pfeile da hin zeigen.

S5: Ja

S6: Aber nicht so stark wie auf die Wolken

Video 3 zu S5/S6 ab 0:43

I: Welchen Weg nimmt das Licht, wenn du die Wolken siehst?

S8: Nach unten. Also nach unten nicht nach oben.

S7: Naja, es ist. Das Licht kommt. Da sind die Wolken und da geht's dann runter. Und ich frag mich warum? Na weil's, warum kann's nicht da auch weitergehen, wenn's nach unten geht?

I:(unverst ndlich)

S7: Naja, da sind diese sch nen Pfeile die gehen da so r ber und ich frag mich ok, die Wolken sind da dazwischen, aber dann geht's da runter warum kann's da nicht auch da weiter gehen (zeigt waagrecht von den Wolken weg).

I: Ok Ja.

S8: Naja, wenn's da noch weiter geht, dann wird's ja irgendwann wieder raufgehen.

S7: Was? Bitte?

S8: Naja Wo soll's da noch weitergehen? Das scheint ja so so schon mit diesen

S7: Ja aber wenns in diese Richtung scheint, warum kann's dann nicht auch in die andere Richtung scheinen?

S8: Also in diese Richtung kann's nicht scheinen, weil da der Berg ist.

Und da scheints halt nicht hin, weil's da sonst rauf gehen w rde.

S7: Wer hat dem Licht gesagt, dass es nicht raufgehen darf?

S8: Das ist so.

...

I: Was hat euch bei diesem Beispiel geholfen das zu verstehen? Den Weg des Lichtes?

S7: Nachdenken

S8: Die Bilder

S7: Ja die Bilder auch.

S7: Also das da?

I: Welches Bild?

S7: Das! Das obere ist einfach nur so ein unter auf wie auch immer, Untergang wie man ihn schon gut kennt.

Video 3 zu S7/S8 ab 2:40

Fazit

S3 und S4 waren relativ zufrieden mit dem Beispiel. S6 hatte Probleme mit den Pfeilen, die in der Grafik vom Baum weggingen. Obwohl diese Pfeile gelb gefüllt waren, dominierte im Erscheinungsbild die schwarze Umrandung der Pfeilfläche. S7 wiederum hatte Probleme mit der Tatsache, dass zwar Lichtpfeile in verschiedene Richtungen von der Wolke weggingen, aber eben nicht nach oben oder zur Seite. Dennoch wurden von S7 als auch S8 die Grafik als am ehesten hilfreich eingestuft. Die Grafik wurde für die Unterrichtsmaterialien so abgeändert, dass einerseits auf eine schwarze Umrandung der Lichtpfeile verzichtet wurde und andererseits nur mehr zwei beispielhafte Lichtwege eingezeichnet wurden. Durch die Reduktion der Lichtwege sollte nicht der Anspruch suggeriert werden, dass wirklich alle Lichtwege dargestellt werden.

Block 3

Thema: Können die Schülerinnen und Schüler die Zeichnung erklären?

Die Grafik war ein wesentlicher Teil des dritten Blocks. Interessant war, ob die Probanden die Fülle an Pfeilen auch richtig deuten können.

I: Erkläre einmal die obige Zeichnung!

S3: Die?

(Beide verhandeln, wer sprechen soll)

V: Also von der Lampe, also in dem Fall eine Lampe, wird Licht, also ein Teil ins Auge ein anderer Teil auf den Schüler und der Schüler reflektiert das wieder und dann fällt es wieder ins Auge.

I: Was sagst du S3

S3: Ja auch so, und dann geht's in dieses..

S4: die Lochkamera

S3: Genau, diese Lochkamera

I: Was bedeuten diese Pfeile?

S4: Das ist die Richtung, in die das Licht fällt.

I: Und diese Augenpfel da und diese runden Kreise mit dem Punkt drinnen (lacht)

S4: Das sind Augen.

I: Was bedeuten diese?

S3: Das Auge, wo das Licht ins Auge fällt.

Video 1 zu S3/S4 ab 53:00

I: Erklär mir mal die obige Zeichnung, was sollte die darstellen?

S5: Meinen sie den Menschen?

I: Na die ganze Zeichnung

S5: Ja einfach dass die Lampe strahlt das T-Shirt an. Dann ist das Fernrohr hier

I: Ja

S5: das kommt, das mal ich hier nochmal hin, und dann hier was steht, der sieht das dann halt, und sieht er's halt von dem aus, das T-Shirt, und hier's halt, das wird ins Auge reflektiert, vom Tshirt weg.

I: Was sagst du?

S6: Ja also ich würde sagen das ist die Lampe, die strahlt den Menschen an und dann sieht man halt ein Auge und auf das dieses Fernrohr.

I: Gut was bedeuten diese Pfeile da

S6: Naja, wo das Licht hinreflektiert, ah, hinstrahlt.

I: Und was sagst du?

S5: Ich finde auch, dass wo das Licht hinstrahlt.

I: Und was die Augenpfel? Was sagen oder was zeigen die?

S6: Dass ist das Licht, dass sie das auch sehen, dass sie das Licht sehen.

Video 3 zu S5/S6 ab 15:09

I: Erklär's mal, was sieht man da in der obigen Zeichnung da?

S7: Ja da wollte ich was dazu sagen. Ich finde ein bisschen, Es sind viele Augen da und das irritiert. Und ich doch doch, jetzt wo ich sehen verstehe ichs wie gemeint ist mein ich. Sollen die Augen eine Schulklasse sein? Weil wenn dann ist es unlogisch, dass die Schüler nicht auf den Typen schauen und sondern, dass der eine ins Licht schaut.

..

I: Was sagst du S8? Was sagst du zu der Zeichnung?

S8: Ich finde (S7: flüstert was)

I: Die Zeichnung was sieht man da? (unverständlich)

S8: Dass ein Typ ein, ein Mensch das Licht reflektiert und dass ein paar Leute auf dass einer aufs Licht schaut, also direkt ins Licht und zwei schauen den Typen ein anderer schaut wieder durch, wie heißt das Ding nochmal, die Lochkamera.

I: Was bedeuten denn die Pfeile und die Augenpfel?

S7: Die Augenpfel sind auf jeden Fall die Augen wo das Licht rein und die Pfeile sind die Lichtstrahlen würde ich sagen.

S8: Also das Licht, das reflektiert wird.

S7: Das fällt dann ins Auge und das sind die Leute, die das Licht sehen. Von wo der Pfeil, von wo der Pfeil die das sehen, von wo der Pfeil herkommt.

Video 3 zu S7/S8 ab 13:18

Fazit

Die Zeichnung wurde durchwegs richtig gedeutet. Einzig S5 und S6 bezeichneten die Lochkamera als Fernrohr.

Thema: Was macht Block 3 verständlich/unverständlich?

Block 3 bestand aus Text, Grafik und einem Versuch. Interessant war es hier zu wissen, welches Element die Schüler am hilfreichsten erachteten, das Sehen beleuchteter Gegenstände zu verstehen.

I: Was hat euch geholfen da, in diesem Ding das zu verstehen?

S3: Der Versuch mim S.

S4: Ja mir hat eigentlich gut die Abbildung..

S3: Ja, die versteh ich auch.

S4: Ahm ein Versuch ist immer gut, da versteht man immer mehr

I: Was hat euch das ganze schwer gemacht?

S3: Nichts

Video 1 zu S3/S4 ab 22:26

I: Wenn ich da jetzt diesen Zettel anschau', den ich da euch geben hab, den letzten. Hat euch, Was heut euch da das Verst ndnis schwierig gemacht? War da irgendwas drinnen wo ihr sagts, das

S5: Ja der Text

I: Der Text, ja was da genau?

S5: Nein ich fand der Text war nicht so gut, find ich da waren die anderen besser.

I: Irgendein Wort, das euch gest rt hat?

S5: Nein

S6: Hmhm (Sch ttelt mit dem Kopf)

S5: Außer dass der fehlt.

I: Und wenn das ein bisschen k rzer w r? Glaubts dass das besser w r', oder?

S5:Hm

S6: Ich find es reicht irgendwie nur die hm die Zeichnung und dann die...(Unverst ndlich - Zeigt auf den Merksatz unten)

S5: Erkl rt dir das gut, weil normal mein sind ja auch so ganz lange Texte, das find ich schlecht. Relativ kurze Texte sind besser mit den Abbildungen

I: Was hat euch geholfen das zu verstehen?

S6: Die Abbildung

S5: Ohne Abbildung h tt ich's nicht wirklich verstanden.

S6: Aber vielleicht k nnte man auch bei den Abbildungen irgendwelche Nummern oder so hinschreiben, weil man weiß nicht genau, was als erster passiert.

I: Was, aha, zeitliche Reihenfolge meinst du? Was glaubst du, dass als erster passiert?

S6: Naja als erster leuchtet die Lampe dann strahlt das auf den Menschen und vom Menschen da her weg

I: Also zuerst leuchtet die Lampe und dann strahlt's auf den Menschen oder wie?

S6: Die Lampe beginnt zu leuchten, dann strahlt das Licht auf den Menschen

(Sch ler betritt den Raum und fragt nach dem Klassenbuch)

S6: Ähm also, Dann also die Lampe beginnt zu leuchten, dann strahlt sie auf den Menschen und vom Menschen dann eben aufs Auge

I: Hm Ok.

S6: Aber ich find's auch ein bisschen verwirrend weil man weiß dann eben nicht, wenn man den Text nicht gelesen hat, oder man es selbst nicht ausprobiert hat, was halt als erstes kommt und das Fernrohr Kamera wird ja dann auch nicht eingesetzt.

Video 3 zu S5/S6 ab 18:25

I: Aber was hat euch geholfen zu verstehen, warum man die Lampe sehen kann.

S7: Die klare Aussage da unten

S8: Ja ich denke sie hat alles gesagt

I: Was hat euch das Verständnis schwer gemacht?

S7: Eigentlich nur diese komischen Ausdrücke.

I: Welche komischen Ausdrücke?

S7: Der Mitschüler strahlt das Licht der Lampe weiter. Ja aber sonst nichts. Ist nicht wirklich schwer.

S8: Mich irritiert's dass auf jeder Zeichnung die Pupillen alle gleich groß sind.

I: Ist ein guter Punkt eigentlich.

S7: Ja aber dann werden die Schüler wieder fragen: Warum ist die Pupille kleiner als die andere? Dann muss man's ihnen wieder dort erklären.

Video 3 zu S7/S8 ab 16:24

Fazit

S3 und S4 äußerten sich wie auch bei den anderen Themen zufrieden zum dritten Block. S5 und S6 sind hingegen unzufrieden mit dem Text. S6 regt an, die Pfeile mit Nummern zu versehen um die zeitliche Abfolge der Lichtabstrahlung besser zu verstehen. S7 hat ein Problem mit dem Begriff „abstrahlen“, S8 bemängelt, dass die Pupillen alle gleich groß sind, obwohl in ein Auge Licht direkt von der Lampe fällt. Block drei wurde aufgrund dieser Erfahrungen in mehreren Punkten geändert. S5 betont, dass ihr kurze Texte lieber sind. Das Layout wurde überarbeitet und der Text besser gegliedert. Die Anregung von S6 wurde übernommen und die Lichtpfeile wurden nummeriert. Die Lichtpfeile wurden gelb und die Augen rund um die Pupillen rot eingefärbt. Die rote Einfärbung soll klar machen, dass das Auge etwas empfängt.

Block 4

Thema: War der Text verständlich?

Im vierten Block wurden drei neue Begriffe eingeführt, Lichtquellen, Sender und Zwischensender. Auch hier stellte sich die allgemeine Frage nach der Verständlichkeit der Textes.

S3: Wie ging's euch beim Lesen dieses Textes?

S4: Gut

I: Habts ihr Fragen zum Text?

S4: Nein

S3: Nein

I: Kommt euch etwas seltsam vor?

S4: Nein

S3: Hmhm (schüttelt den Kopf)

S4: Alles verständlich.

Video 1 zu S3/S4 ab 1:01:21

I: Wie ging's euch beim Lesen des Textes?

S5: Ich fand ihn sehr gut den Text, es ist gut erklärt

S6: Ja der erste Zettel und der ist ein bisschen verwirrend

I: Was?

S6: Naja, es ist irgendwie, keine Ahnung es ist so, es sind irgendwie viele Informationen in ganz wenigen Zeilen

I: Ihr hättet lieber mehr Zeilen?

S6: Naja vielleicht dass, man es ein Bisschen besser erklärt, weil das ist irgendwie so

I: Was würdest denn du schreiben? Wenn er besser wäre? Hast du Vorschläge?

S6: Eigentlich hab ich keine Vorschläge.

I: Ok na passt, wenns du sagst, hast eh schon sehr viel gesagt.

S5: (Unverständlich) Sehr gut finds auch alle gut erklärt. Alle drei Absätze versteht man.

Video 3 zu S5/S6 ab 23:51

I: Wie ging's euch beim Lesen dieses Textes?

S7: War leicht, das war wirklich leicht.

S8: Ja das war leicht.

I: Habts ihr Fragen zum Text?

S7: Nein

S8: Nein

S7: Ich versteh nur nicht, warum, nein, nein, nein....

I: Kommt euch etwas seltsam vor?

S7: Nein

S8: Nein

Video 6 zu S7/S8 ab 0:31

Fazit

Bis auf S6 fanden alle den Text gut verständlich.

Thema: Können Schülerinnen die Begriffe Sender und Zwischensender richtig definieren?

Dieses Thema soll klären, ob die Probanden die Begriffe Sender und Zwischensender akzeptieren und wie sie diese Begriffe definieren.

I: Wie gefallen euch die Begriffe Sender und Zwischensender?

S4: Eigentlich ganz gut.

S3: Sehr gut.

I: Könnt ihr den Unterschied zwischen beiden nennen?

S3: Der Sender erzeugt selber Licht, also er sendet es aus. Der Zwischensender erzeugt selber kein Licht

S4: reflektiert

S3: Genau, wenn Licht draufscheint

Video 1 zu S3/S4 ab 1:01:39

I: Wie findet ihr die Begriffe Sender und Zwischensender?

S5: Normal, so wie alle Wörter

I: S6?

S6: Naja, es ist halt ein ein Wort? (lacht)

I: War's vielleicht für das was es sein soll

S6: Naja es ist eh beschrieben, was ein Sender und was ein Zwischensender ist.

I: Und das ist passend? Passt das zu dem, was beschrieben wird?

I: Könnt ihr mir den Unterschied zwischen beiden nennen?

S5: Ja. Ein Sender ist der, der direkt das Licht ausstrahlt und ein Zwischensender ist der, auf den das Licht strahlt und der deswegen leuchtet

S6: Ein Sender erzeugt das Licht und ein Zwischensender das ist z.B. ein Tisch, der strahlt das Licht, also der wird vom Licht angestrahlt und dann strahlt er das Licht weiter

Video 3 zu S5/S6 ab 25:35

I: Wie gefällt euch die Begriffe Sender und Zwischensender?

S7: Sender finde ich gut. Zwischensender naja

S8: Also Sender okay, aber was ist bei Zwischensender zwischen?

S7: Naja, zwischen - Es ist nicht vom Anfang und es ist nicht am Ende - zwischen

I: Könnt ihr mir den Unterschied zwischen Sender und Zwischensender nennen?

S7: Naja Sender sind die die selber Licht ausstrahlen und Zwischensender sind die, wo das Licht drauf reflektiert wird. Die man aber trotzdem so hell sieht.

I: Was sagst du S8?

S8: Also ich finde, naja also Sender können selber Licht erzeugen, aber sie können auch nicht reflektieren weil sie selber nicht selber Licht erzeugen können aber bei der Sonne geht das sicher, aber z.B. bei einer Glühlampe. Ja, und ein Zwischensender ist halt ein Gegenstand, der kein Licht erzeugen und nur Licht reflektieren kann.

Video 6 zu S7/S8 ab 0:59

Fazit

Alle befragten Schülerinnen und Schüler können die Begriffe Sender und Zwischensender richtig definieren. Interessant ist, dass S8 glaubt, dass Sender im Allgemeinen Licht nicht reflektieren können, weil sie es selbst erzeugen.

Thema: Was sind Lichtquellen?

Sender und Zwischensender zählen zu den Lichtquellen, weil sie Licht abstrahlen. Interessant war es zu wissen, was die Schülerinnen und Schüler unter dem Begriff Lichtquelle verstehen.

*I: Nennt ein paar Lichtquellen
(verhandeln, wer reden soll)*

S4: Glühlampe

S3: Sonne, Kerze

S4: Glühlampe

S3: Ja

S4: Sterne, oder?

S3: Ja ich den schon

I: Ihr seht ja den Tisch vor euch

S4: Ja

I: Ähm ist das jetzt auch eine Lichtquelle für euch?

S4: Nein

S3.: Zwischensender

S4: Zwischensender.

I: Zwischensender sind also für euch keine Lichtquellen?

S4: Nein

S3: Aber es kommt einem so vor, weil man es trotzdem sieht. So wie der Mond.

I: Wie würde ihr einem Mitschüler den Begriff Lichtquelle erklären?

S4: Lichtquelle ist ein Gegenstand, von dem selbst Licht ausgeht, also der selbst Licht aussendet.

S3: Ja sag ich auch: Zwischensender ist eben nur ein Gegenstand, der nur das Licht reflektiert.

I: Gibt es Lichtquellen, die selber kein Licht erzeugen?

S4: Für mich nicht

S3: Hm Naja, man sieht beides irgendwie, einen Zwischensender und einen Sender deswegen wäre nicht wirklich ein Unterschied

Video 1 zu S3/S4 ab 1:02:06

I: Ok. Nenn mir bitte ein paar Lichtquellen

S5: Lampen, Kerzen

S6: Glühlampe

S5: Sterne, Mond

I: Mond ist okay? Ist der Tisch ein Zwischensender, ist der Tisch eine Lichtquelle?

S5: Nein, ein Zwischensender aber doch, doch, das ist eine Lichtquelle. Weil ein Zwischensender sind auch Lichtquellen

S6: Aja stimmt

Lu: Glaub ich

I: Wie würde ihr einem Mitschüler den Begriff Lichtquelle erklären?

S6: Naja Sender und Zwischensender sind Lichtquellen, weil das Licht reflektieren (sieht nach) abstrahlen können. Ja wobei ich Sender und Nichtsender ist Zwischensender ja

I: Was sagst du?

S5: Ja ich würde auch sagen das Lichtquellen halt. Dadurch sieht man dann halt was. Ohne Lichtquellen würde man nichts sehen

I: Gibt Lichtquellen, die selber kein Licht erzeugen

S5: Ja Zwischensender

S6: Zwischensender

Video 3 zu S5/S6 ab 26:30

I: Nenn mir ein paar Lichtquellen bitte.

S7: Sonne Lichtquellen ist Sender oder Zwischensender?

I: Lichtquellen

S8: Mond Sonne

S7: Tisch, Wand, Tafel, Sonne, Mond, Sterne

S8: Glühlampe

I: Ok, passt.: Wie würde ihr einem Mitschüler den Begriff Lichtquelle erklären?

S7: Eine Lichtquelle ist ein Gegenstand

S8: Wo Licht rauskommt

S7: den man sieht.

S8: Nein eine Lichtquelle ist ein Gegenstand der Licht selbst erzeugen kann und ausstrahlen kann.

S7: Wieso ein Zwischensender kann Licht nicht erzeugen

S8: Na eben

S7: Was hat

(beide lachen)

I: Gibt's Lichtquellen, die selber kein Licht erzeugen?

S7: Ja Tisch, erzeugt kein Licht, wird nur von Lampe angestrahlt

I: Was sagst du S7?

S8: Pf Naja ich fr her Lichtquelle immer so verstanden, dass eine Lichtquelle ist

S7: Ich auch

S8: Sowas, das selbst Licht ausstrahlt.

S7: Dacht ich auch, bis jetzt.

Video 6 zu S7/S8 ab 2:35

Fazit

S3 und S4 nennen ausschließlich Sender als Lichtquellen, Zwischensender zählen sie explizit nicht zu den Lichtquellen. Bemerkenswert ist die Argumentation von S3, der die SEV benutzt, um zu argumentieren, dass zwischen Sendern und Zwischensendern eigentlich kein Unterschied besteht. Auch S5 und S6 nennen vorwiegend Sender als Lichtquellen, auf Nachfrage geben sie auch an, dass Zwischensender zu den Lichtquellen gehören. S7 nennt als einzige auf Anhieb auch Zwischensender als Lichtquellen. S7 und S8 geben beide an, dass sie eigentlich nur Sender zu den Lichtquellen zählen würden. Lichtquelle erscheint als Überbegriff für Sender und Zwischensender zumindest unintuitiv und es ist für Schüler nicht nahe liegend, Zwischensender zu den Lichtquellen zu zählen. Bei den Unterrichtsmaterialien wurde daher der Begriff Lichtquelle aufgegeben und der Begriff Lichtsender als Überbegriff verwendet. Lichtsender wurden in Selbstsender und Zwischensender unterteilt.

Block 5

Block 5 blieb im Wesentlichen unverändert. Es wurden kleinere Änderungen im Layout vorgenommen.

Block 6

Thema: Was hat geholfen, die Streuung zu verstehen?

Der 6. Block hatte die Streuung zum Thema. Die Probebefragung hat gezeigt, dass das Verständnis der Streuung ein wichtiger Punkt bei der Akzeptanz der SEV ist. Daher war es wichtig zu wissen, was den Schülerinnen und Schülern hilft, die Streuung zu verstehen.

I: Was hat euch geholfen, die Streuung zu verstehen?

S4: Die Abbildungen

I: Die Abbildungen?

S4: Ja

S3: Diese Abbildung mit den Unebenheiten

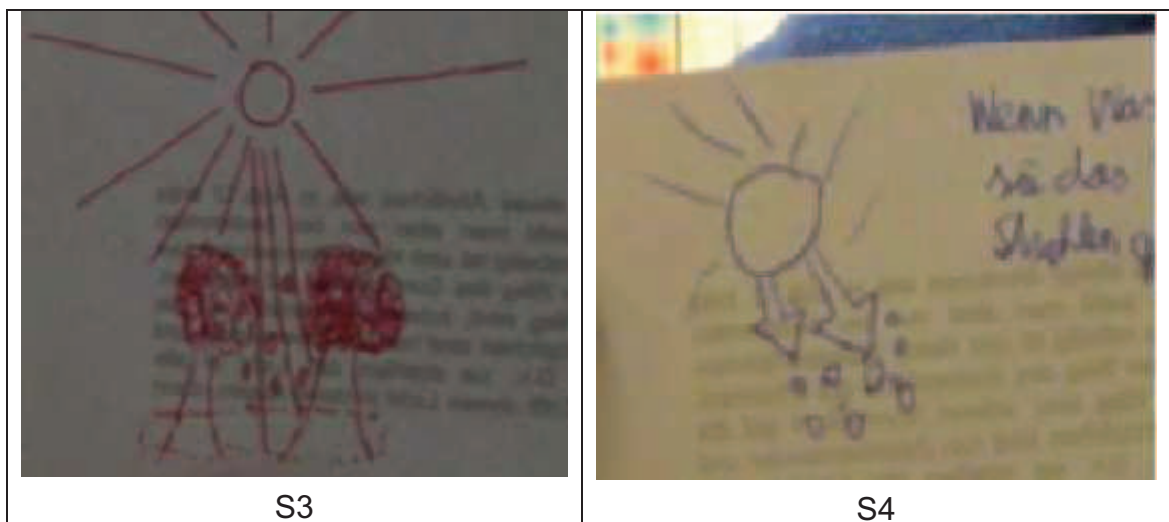
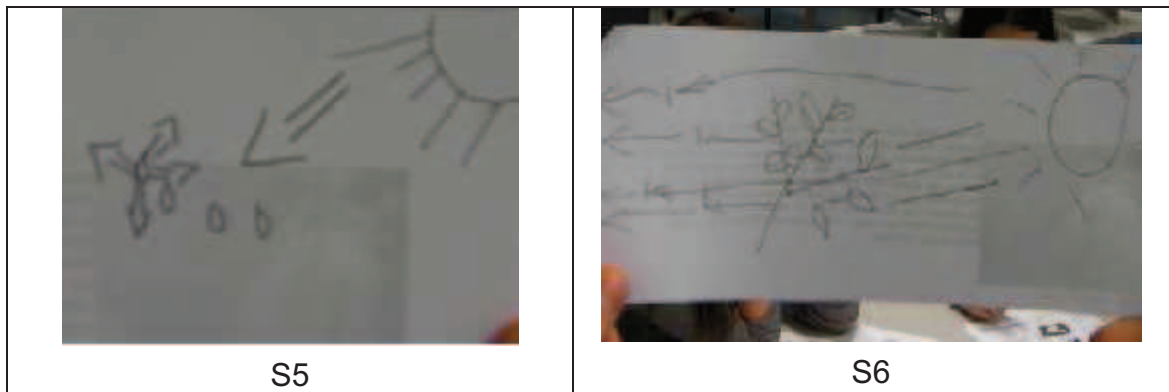
S4: Bei mir das (S4 zeigt höchstwahrscheinlich auf die letzte Abbildung) I: Und was hat e S3: Was hats euch schwer gemacht? S4: Gar nichts S3: Nichts nein	Video 2 zu S3/S4 ab 21:15
I: Was im Text hat euch geholfen, den Begriff Streuung zu verstehen? S5: Ähm der Text (unverständlich, knallt?) I: Hat oder irgendwas S6: Es erscheint irgendwann mal I: Also in den ganzen zwei Seiten hier S6: Ich weiß nicht, ob das auf dem Blatt war, es stand irgendwann einmal dass, wenn es streut, dann verteilt sich das Licht auf die, auf die anderen Seiten eben von der Schachtel und das fand ich eben gut erklärend I: Und was hat's schwer gemacht den Begriff Streuung zu verstehen, wenn ihr euch die beiden Seiten.. S5: Gar nichts finde ich S6: Ich find's auch gut, dass da eine Abbildung dabei ist, dass man das auch noch sieht	Video 3 zu S5/S6 ab 55:21
I: Was hat euch im Text geholfen, den Begriff Streuung zu verstehen? S7: Bilder, Bilder sind immer gut. S8: Ja Bilder und dieser Absatz da, dieser Absatz da mit: Physikerinnen nennen den Vorgang Streuung von Licht und (zeigt den Absatz) S7: Das Licht wird gestreut I: Was hat euch schwer gemacht, den Begriff Streuung zu verstehen? S7: Gar nix S8: Gar nix	Video 6 zu S7/S8 ab 22:02

Fazit

Alle befragten Schülerinnen zeigten sich mit dem 6. Block zufrieden und konnten nichts nennen, das ihnen das Verständnis des Streubegriffs schwer gemacht hätte. Vor allem die Abbildungen wurden als hilfreich angegeben.

Block 7

In Block 7 war es interessant zu wissen, welche Vorstellungen die Probanden zum Lichtkegel entwickelten, nachdem sie die Unterlagen gelesen hatten. Die Frage lautete: „Zeichne und erkläre einen Lichtkegel!“



Fazit

Die vier verbliebenen Schülerinnen und Schüler zeichneten auf diese Frage größtenteils die Wassertropfen in der Luft, die das Licht streuen. Hier schien die Frage missverständlich formuliert bzw. dürften die Probanden keine eindeutige Vorstellung von Lichtkegeln haben.

Thema: Wie weit verläuft ein Lichtkegel?

Die Probanden wurden gebeten, jeweils 3 Lichtkegel zu umranden.





Danach wurden die Schüler zu den Zeichnungen befragt.

I: S4, Frage an dich (zeigt auf ihre Lichtkegel)

S4: Ja ich weiß. Ich hab's mehr so

I: Wie? Länger oder

S3: Ja, länger.

I: ...Und was wär, wenn da kein Boden wäre, wie weit würde da ein Lichtkegel gehen glaubst du?

S4: Weit

I: Unendlich weit oder paarhundert Meter oder tausend Meter

S4: (murmelt etwas)

I: Bitte?

S4: Unendlich nicht.

Video 1 zu S3/S4 ab 29:18

I: Wie weit geht denn so ein Lichtkegel glaubst du?

S5: Nicht so weit, weil das Licht auch nicht ewig ist

I6: Hm

S: Dass das Licht ganz schwach wird

Video 3 zu S5/S6 ab 1:01:12

Fazit

Nur die Umrandung von S3 kann als die richtige Umrandung eines Lichtkegels gewertet werden. Alle anderen Schülerinnen haben einen Lichtkegel nur zum Teil markiert. (Die Umrandung von S5 kann als Grenzfall gewertet werden.) Auffällig ist auch die Andeutung der endlichen Länge eines Lichtkegels durch S4, S5 und S6. S5 widerspricht auch eindeutig einer Erhaltungsvorstellung des Lichts. Block 7 wurde daher für die Unterrichtsmaterialien deutlich abgeändert. Es wurde das Foto des Lichtkegels eines Skybeamers anstatt des bisherigen Fotos gewählt.

Das hat mehrere Gründe:

- Die Kegelform des ausströmenden Lichtes ist auf dem Foto besser zu erkennen.
- Dadurch, dass der Lichtkegel von „unten nach oben“ geht, stellt sich eindringlicher die Frage, wie weit das Licht wirklich strömt.
- Man sieht, wie die Intensität des Lichts mit steigender Entfernung vom Skybeamer immer schwächer wird. Die Intensitätsabnahme wird durch Streuung und die Verteilung des Lichts auf eine immer größere werdende Fläche begründet. So soll erklärt werden, warum Lichtquellen irgendwann nicht

mehr zu sehen sind, obwohl das Licht erhalten bleibt.

Block 8

Zum Block 8 wurden die verbliebenen 4 Probandinnen ebenfalls zur Verständlichkeit der Unterlagen befragt.

I: Was hat euch am besten geholfen zu verstehen, wie ein Lichtkegel sichtbar wird?

S4: Die Abbildungen

S3: Dieser Text (Zeigt auf Zettel mit Lichtkegel auf Lichtung)

S4: Beides eigentlich.

I: Was hat euch eher verwirrt?

S4: Eigentlich gar nichts.

S3: Gar nix

Video 2 zu S3/S4 ab 39:13

I: Was hat euch am besten geholfen zu verstehen, wie ein Lichtkegel sichtbar wird?

S5: Der Text

S6: Ahm der Versuch eigentlich, dass sie mit dem wie sie das abgehandelt haben und dann durch den Rauch sieht man das dann

I: Was hat euch eher verwirrt?

S5: Nix

S6: Auch nix.

Video 4 zu S5/S6 ab 6:42

Fazit

Die verbliebenen vier Schülerinnen geben an, dass die Unterlagen nicht verwirrend für sie waren. Es werden abwechselnd der Text des 8. aber auch des 7. Blocks, die Abbildungen aber auch der Versuch genannt. Der achte Block wurde daher, bis auf kleinere Änderungen, nicht mehr abgeändert.

4 Bericht über den Einsatz der Materialien im Unterricht

Die Unterrichtsmaterialien wurden vom 1.3.2012 bis zum 5.6.2012 in einer 4. Klasse eines Wiener Gymnasiums erprobt. Die Klasse umfasst 25 Schülerinnen und Schüler, davon waren 12 Buben und 13 Mädchen. Der Unterricht fand jeweils Dienstags und Donnerstags statt, die Stunde am Dienstag begann um 14:35 am Nachmittag, die Stunde am Donnerstag begann um 10:55. Im Allgemeinen lief der Unterricht streng nach dem Konzept ab. Das bedeutet, dass im Regelfall alle Versuche, die sich im Konzept befinden, entweder von der Lehrkraft oder den Schülerinnen und Schülern selbst durchgeführt wurden. Der Text wurde von einem Schüler/einer Schülerin vorgelesen und danach besprochen. Die Klasse führte während der Erprobung kein Heft.

Das Schulbuch wurde ebenfalls nicht verwendet. Der folgende Bericht soll einen Überblick über die konkrete Umsetzung des Konzepts bieten. Alle Abweichungen vom Konzept werden angeführt. Dinge, die nach Plan verliefen, werden nicht erwähnt. Weiters werden Unzulänglichkeiten der Materialien in der Erprobung berichtet und Verbesserungen in der Endfassung angeführt. Die erprobten Materialien finden sich in Anhang D. Der Anhang E ist die Endfassung der Unterrichtsmaterialien. Vorab sei gesagt, dass die Änderungen nur mehr relativ gering waren und Details zu Abbildungen etc. betrafen.

1. Einheit: Do 1.3. 2012

Inhalt der ersten Einheit war die Einführung in die Optik und der Bau der Lochkamera. Trotz vorherigem Hinweis und von mir bereitgestellten Klebebändern, Scheren und Klebstofftuben war teilweise nicht ausreichend Arbeitsmaterial vorhanden und es gab Wartezeiten beim Anfertigen der Lochkamera. Fotokarton und Transparentpapier wurden ebenfalls bereitgestellt. Ich habe die Lochkamera nicht mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam Schritt für Schritt vorgebaut, sondern die Anleitung ausgegeben und die Schülerinnen und Schüler selber bauen lassen. Die Kameramodelle wurden unterschiedlich schnell fertig und es gab bei der Qualität der Modelle teils deutliche Unterschiede. Das Loch in den Deckel des Kameramodells wurde ausschließlich von mir durchgestoßen. Die Schülerinnen und Schüler wurden gebeten, erste Beobachtungen durch das Fenster etc. zu machen. Sie wirkten dabei größtenteils beeindruckt. Neben dem Bau der Kamera blieb noch Zeit, das Deckblatt der Unterlagen zu besprechen.

2. Einheit: Di 6.3.2012

Inhalt der zweiten Einheit war die Besprechung des Sehvorgangs bis exkl. Demonstrationsversuch zum Sehen beleuchteter Gegenstände. Zur Erläuterung des Sehvorgangs wurde ein Demonstrationsauge aus Styropor verwendet, das wie eine Lochkamera funktionierte. Mit einem LED-Spot wurde demonstriert, wie auf der Rückseite des StyroporAuges am Schirm leuchtende Punkte entstehen. Die Schülerversuche zur Beobachtung von selbst leuchtenden Gegenständen wurden mit einem Notebook, einem LED-Spot und einer Schreibtischlampe durchgeführt. Schüler kamen der Reihe nach zu mir und beobachteten diese Gegenstände mit der Lochkamera. Bei der Besprechung des Fotos mit den rötlich gefärbten Wolken wurde ausführlich über die „Farben des Himmels“ gesprochen. Ich habe erwähnt, dass die Luft blaues Licht aus

dem Sonnenlicht herausfiltert und in alle Richtungen verteilt und beim Sonnenuntergang nur mehr der Rotanteil des Lichtes zu sehen ist. Es wurde auch erwähnt, dass das Foto von Seite 7 mit einem Handy aufgenommen wurde und daher aufgrund der kleinen Linse stellenweise etwas dunkel ist. Für die Schüler war das einleuchtend, es führte aber zu unvermeidlichen Diskussionen über Handymarken.

3. Einheit: Do 8.3. 2012

Inhalt der dritten Einheit war der Demonstrationsversuch zum Sehen beleuchteter Gegenstände bis inklusive der Erklärung des Streuvorganges auf Seite 11. Es gab keine Besonderheiten. Die Färbung der Innenwände der Schachtel wurde auch als Demonstrationsversuch von allen Schülerinnen und Schülern gut gesehen.

4. und 5. Einheit: Di 13.3 – Vormittag + Nachmittag

Durch eine Supplierstunde erhielt ich eine zusätzliche Physikstunde am Vormittag. Leider war an dem Tag eine Schularbeit, sodass die Schülerinnen und Schüler zumindest am Vormittag nicht besonders konzentriert waren. Die Vormittagsstunde wurde 5 Minuten früher beendet, da in der Stunde darauf die Schularbeit stattfand. Inhalt der beiden Stunden war die Entstehung von Lichtkegeln und die Entstehung der Mondphasen. Das Beispiel mit dem Skybeamer erschien den Schülern sehr einleuchtend. Es war ihnen klar, dass die Helligkeit des Lichtkegels mit der Entfernung abnimmt, weil Licht weggestreut wird und sich das Licht auf eine größere Fläche verteilt. In diesem Zusammenhang war ihnen auch verständlich, dass das Licht theoretisch unendlich weit strahlt, man einen Sender irgendwann einmal nicht mehr sehen kann, weil sich das Licht auf eine immer größere Fläche verteilt. Es wurde erwähnt, dass selbst ein Laserstrahl immer breiter wird. Es wurde das Beispiel mit dem Blenden von landenden Flugzeugen gebracht und auf die Gefährlichkeit von unsachgemäßen Umgang mit Laserpointern hingewiesen. Die Erhaltung des Lichts wurde auch damit argumentiert, dass die Sonne sehr weit weg ist, und man trotzdem Licht von ihr empfängt. Die Demonstrationsversuche wurden alle am Nachmittag gezeigt, da am Vormittag der Physiksaal nicht zur Verfügung stand. Der Versuch zur Erklärung der Mondphasen war relativ zeitaufwändig und mühsam. Für diesen Versuch musste der Physiksaal abgedunkelt werden und der Großteil der Klasse war

unbeschäftigt, was naturgemäß Auswirkungen auf den Lärmpegel hatte. Bei der Durchführung des Versuchs trat eine ganze Bankreihe vor den Lehrertisch und ein Schüler nach dem anderen hielt abwechselnd den Ball und drehte sich mit ihm um die eigene Achse. Ich hielt eine Tischlampe mit montiertem LED-Spot in der Hand und „folgte“ dem Ball, da sonst nicht eine ganze Hälfte des Balles immer ausreichend beleuchtet gewesen wäre. Der Versuch erschien den Schülerinnen und Schülern zum Teil lächerlich und manche machten nur widerwillig mit. Trotzdem war der Versuch nach meinem Empfinden effektiv, was das Verständnis des Entstehens der Mondphasen anlangt. Die Arbeitsanweisung, die Mondphasen in Kästchen einzuzichnen (S. 15) erwies sich ebenfalls als nicht selbsterklärend. Sehr viele Schüler und Schülerinnen zeichneten in alle Kästchen Halbmonde. Es war nicht klar, dass die Mondphasen von rechts unten zugeordnet werden sollen. Dieses Beispiel wurde abgeändert, indem die Schüler und Schülerinnen aufgefordert werden, zuerst die Position des Mondes bei Vollmond zu finden. Das Kästchen mit dem Vollmond ist jetzt durchgestrichen, um den Zuordnungscharakter der Aufgabe zu unterstreichen.

6. Einheit: Do 15.3.2012

Die sechste Einheit umfasste die Seiten 16 bis 19, enthielt die Fotografie der Beleuchtungsanordnung in einem Museum und reichte bis zur geradlinigen Lichtausbreitung. Das Beispiel mit dem Mosaik im Museum stiftete etwas Unruhe, weil die Schüler und Schülerinnen nicht wussten, welche Begriffe sie in die Zeilen schreiben sollten. Bei der Überarbeitung wurden die Begriffe angegeben, auch wenn das Beispiel jetzt sogar etwas trivial wirkt. Für Verblüffung sorgte die Frage, ob man wissen kann, ob die Sonne jetzt Licht abstrahlt. Diese Frage wirkte auf die Schüler durchaus anregend. Das Experiment von Seite 19 wurde mit einem Blatt Papier ohne Kerze nachgestellt. Das Blatt wurde zusammengerollt, und die Schüler sollten sehen, dass sich das Bild eines Gegenstandes nicht ändert, wenn er durch die Röhre und ohne Röhre betrachtet wird (Es wurde darauf geachtet, dass das Papier das Auge nicht seitlich abdeckt.) Überraschenderweise konnten viele Schülerinnen und Schüler vorhersagen, wie sich die Beobachtung ändern müsste, wenn Licht bogenförmig ins Auge gelangen könnte.

7. Einheit: Mo 26.3.2012

Die siebente Einheit fand nach einer einwöchigen Pause an einem Montag in

einer Supplierstunde statt. Der Inhalt umfasste die Seiten 20, geradlinige Lichtausbreitung bis zum Beginn der Seite 23, die Entstehung von Sonnenfinsternissen. Die Beispiele zu Seite 20 b und c erwiesen sich als problematisch. Vielen Schülerinnen und Schülern war die Bedeutung der Linien nicht klar. Außerdem wussten sie nicht, wie sie den Maßstab in der Zeichnung korrekt anwenden sollten und von welcher Stelle sie messen sollten. Diese Beispiele wurden überarbeitet. Lichtkegel sind jetzt durchgängig färbig gezeichnet. Die Maßstabsangabe wurde in ein Lineal verwandelt, das bei den Scheinwerfern beginnt. Bei Seite 21, Beispiel b, wurde die erste Zeichnung gemeinsam gezeichnet. Der Versuch zum Schattenraum wurde zwar aufgebaut, aber aufgrund der allgemeinen Disziplinlosigkeit der Klasse in dieser Stunde wurde darauf verzichtet, die Schülerinnen und Schüler zwischen die Schnüre in den Schattenraum gehen zu lassen.

8. Einheit: Di 27.3.2012

Der Stoff dieser Einheit begann ab der Erklärung der Sonnenfinsternis und ging bis zum Anfang der Seite 25. Beispiel a auf Seite 24 gestaltete sich schwierig für die Schülerinnen und Schüler. Die Bedeutung der Linien von den Scheinwerfern weg war ihnen nicht klar. Dieses Beispiel wurde daher überarbeitet (siehe Anhang D und E) Auf Seite 24 wurde Beispiel b ausgelassen.

9. Einheit: Di 12.4.2012

Die Stunde fand unmittelbar nach den Osterferien statt. Der Stoff, der vor den Ferien durchgenommen wurde, wurde am Beginn der Stunde kurz wiederholt. Inhalt der Stunde waren die Seiten 25 bis Seite 27. Auf Seite 25 wurde Beispiel d ausgelassen. Für mich überraschend waren die guten Ergebnisse bei Beispiel f dieser Seite.

10. Einheit: Di 17.4.2012

Der Stoff dieser Einheit umfasste die Inhalte von Seite 27 bis Beginn Seite 30, das Bild der Lochkamera bis zu der Abbildungsgleichung. Zur Veranschaulichung der Bedeutung der Einfallrichtung wurde kurz das Beispiel eines ausgestreckten Daumens eines gestreckten Arms gezeigt. Es wurde erwähnt, dass man den Daumen an „derselben Stelle“ sieht, wie eine Person hinter dem Daumen, obwohl diese sich im Raum eigentlich ganz woanders

befindet. Begründet wurde dies damit, dass das Licht vom Daumen wie von den Personen aus der gleichen Richtung einfällt und daher am gleichen Ort auf der Netzhaut dargestellt wird. Beispiel b auf der Seite 29 erwies sich als mühsame Angelegenheit. Schülerinnen und Schüler zeichneten die durch die Blende fallenden Lichtstrahlen auf verschiedene Weisen. Bei der Überarbeitung wurde daher ein roter Punkt eingezeichnet, der die Blendenmitte symbolisieren soll. So sollen alle Schülerinnen und Schüler möglichst ähnliche Ergebnisse erhalten. Das Vergleichen der Ergebnisse von Beispiel b auf Seite 29 gestaltete sich mühsam. Schülerinnen und Schüler hatten unterschiedliche Ergebnisse. Für einen Schüler kam aufgrund diverser Ungenauigkeiten nicht unbedingt der Zusammenhang $B/G = b/g$ heraus. Durch großzügiges Runden und die Wahl der „richtigen“ Ergebnisse gelang es, diesen Zusammenhang ungefähr nachzuweisen. Dieser Zusammenhang wurde von den Schülerinnen und Schülern auch trotz der Ungenauigkeiten akzeptiert. Linsen und Fotokarton wurden an die Schülerinnen und Schüler ausgegeben mit dem Auftrag, die Lochkamera zu Hause gemäß Bauanleitung in eine Linsenkamera umzubauen.

11. Einheit: Do 19.4.2012

Diese Einheit begann bei den Beispielen zu der Abbildungsgleichung und endete bei der Seite 32 mit der Akkomodation. Auf Seite 30 wurden Beispiele d und e aus Zeitgründen ausgelassen. Seite 31 wurde ohne entsprechende Versuche und der Darstellung des Applets besprochen, da der Physiksaal in der Einheit nicht zur Verfügung stand. Die Darstellung des Applets anhand der Fotostrecke empfanden die Schülerinnen und Schüler als ausreichend, der Versuch mit den unterschiedlichen Blendengrößen wurde in der darauf folgenden Stunde nachgeholt. Seite 32 wurde gemäß Unterlagen besprochen. Bei Abb. 2 sorgte der Schriftzug „Physik ist leiwand!“ für besondere Erheiterung.

12. Einheit: Di 24.4.2012

Wie es gelegentlich bei Nachmittagsstunden der Fall ist, kamen viele Kinder dieser Stunde verspätet zum Unterricht. Inhalt der Stunde war die Demonstration des Versuches mit verschiedenen Blenden, die mit einem LED-Spot beleuchtet werden, das Kalibrieren der Lochkamera und erste Beobachtungsaufgaben am Spiegel auf Seite 34. Das Kalibrieren der Lochkamera gestaltete sich äußerst schwierig. 8 Messstationen wurden zuvor von mir in der Mittagspause aufgebaut. Die Schülerinnen und Schüler hatten Probleme, den Auszug hinauszuziehen und dabei die Kamera ruhig über dem

Messpunkt zu halten. Es wurde auch davon abgegangen, die Messstationen zu wechseln. Stattdessen haben die Teams an einer Station die Messstationen auf unterschiedliche Entfernungen eingestellt. Die Ergebnisse der Kalibrierungen waren jedoch insgesamt sehr ungenau und die Kalibrierung dauerte relativ lange. Die Unterlagen wurden daher an diesem Punkt deutlich überarbeitet. Da die gratis Papiermaßbänder von einschlägigen Möbelhäusern nur bis 100 cm reichen, wurde auf eine Kalibrierung auf 140 cm verzichtet. Die Versuchsanleitung für Versuch c auf Seite 34 war ebenfalls verwirrend. Einige Schülerinnen und Schüler wussten nicht, was sie zu tun hätten. Eine falsche Perspektive in der Grafik wurde bemängelt. In den Materialien wurde daher diese Grafik durch ein Foto ersetzt, bei dem im Spiegelbild die Würfelaugen entfernt wurden.

13. Einheit: Donnerstag 26.4.

Diese Einheit umfasste die Inhalte von Seite 35 bis zu den Aufgaben auf Seite 37. Die Versuchsanordnung zu Beispiel a auf der Seite 35 erwies sich für die Schüler als schwer verständlich. Dieser Schülerversuch musste mehrmals erklärt werden. Diese Anleitung wurde daher durch ein Foto der Versuchsanordnung ersetzt. Der Versuch zu Beispiel b konnte trotz relativ ungenauer Entfernungsmesser der Schülerinnen und Schüler vernünftig durchgeführt werden. Punkt 4 zu Beispiel b wurde aus Zeitgründen ausgelassen. Da diese Stunde wieder in einer gewöhnlichen, nicht verdunkelbaren Klasse gehalten wurde, konnte auch das Experiment zur Kerze im Wasserglas nicht gezeigt werden. Es wurde nur auf die Abbildung in den Unterlagen verwiesen.

14. Einheit: Donnerstag 3.5.

Diese Stunde konnte erst mit 15minütiger Verspätung beginnen, da ich von der Maturaaufsicht verspätet abgelöst wurde. Inhalt dieser Rumpfstunde war von der Seite 38 bis zum Beginn der Seite 40 mit einem Experiment zum Reflexionsgesetz. Bei Beispiel a auf Seite 38 erwies sich das Zeichnen des Spiegelbildes des Bechers aufgrund der Dicke des Spiegels als schwieriger als gedacht. Auf das Zeichnen des Spiegelbildes bei gekipptem Spiegel wurde aufgrund des großen Erklärungsbedarfes verzichtet. Beispiel b stellte die Schülerinnen und Schüler wie erwartet vor größere Schwierigkeiten. Dieses Beispiel musste ausführlicher diskutiert werden. Seite 39 wurde wie vorgesehen besprochen. Den Rest der Stunde wurde das Experiment von Seite 40 mit

einem kleinen Spiegel in der Klasse durchgeführt. Die Lichtwege wurden mit Wollschnüren nachgestellt. Die Ergebnisse erwiesen sich für die Schüler als einleuchtend und wurden schon vorab vorausgesehen. Aus Zeitgründen wurden nur die Lichtwege für drei Schülerpaare mit Schnüren nachgezeichnet. Beim Durchführen dieses Experiments ist zu bedenken, dass erhebliche Zugkräfte auf den Spiegel wirken und dieser ziemlich fest montiert werden muss. In der Durchführung habe ich den Spiegel an die Tafel gedrückt und die Schnüre waren durch ein Gummiringerl gefädelt, das um den Spiegel gespannt war. Bei der Durchführung ist weiters darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler absolut ruhig bleiben. Schon einfache Bewegungen mit dem Kopf können zu wechselnden Ergebnissen führen, sodass Schüler und Schülerinnen sich nicht mehr sehen können. Beispiel c wurde nur mündlich besprochen, das Ergebnis war für die Schülerinnen und Schüler einsichtig.

15. Einheit: Dienstag 8.5.

Diese Stunde musste in einer Klasse gehalten werden, weil der Physiksaal aufgrund einer Fortbildungsveranstaltung gesperrt war. Die Schülerinnen und Schüler fielen an diesem Nachmittag als relativ unkonzentriert auf. Inhalt der Stunde war ab, Seite 40 bis inklusive Seite 43, die Konstruktion eines Spiegelbildes mit Hilfe des Reflexionsgesetzes. Das Reflexionsgesetz erschien den Schülern einleuchtend. Das Einzeichnen der reflektierten Lichtstrahlen auf Seite 41 verlief ebenfalls problemlos. Die Schülerinnen und Schüler hatten bei späteren Beispielen zur Brechung Probleme, den Winkel zum Lot richtig einzuzeichnen. Beispiel a zu Seite 41 wurde daher um den Auftrag erweitert, Einfallswinkel und Ausfallswinkel zu messen. Leider konnten die meisten Schülerinnen und Schüler das Reflexionsgesetz nicht auf Beispiel c anwenden. Sie zeichneten überdurchschnittlich oft nach der Reflexion einen Lichtkegel, der zusammenläuft. Sie haben den Lichtkegel vertikal gespiegelt. Vielen war auch nicht klar, was unter den Stellvertretern an den Rändern zu verstehen ist. Die Zeichnung wurde daher in den Unterlagen abgeändert. Ein Randstrahl wurde bis zum Spiegel verlängert, um den Stellvertreteranspruch zu verdeutlichen. Ein Lot wurde eingezeichnet, um zu zeigen, dass das Reflexionsgesetz zu verwenden ist. Der Spiegel in Beispiel c wurde ebenfalls abgeändert. Es wurde auf die „transparente Oberseite“ verzichtet. Es zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler teilweise nicht wussten, auf „welche Linie“ sie das Reflexionsgesetz anwenden sollten. Das stiftete Verwirrung. Beim Beispiel auf Seite 43 gab es ähnliche Probleme wie bei den Beispielen davor. Das Reflexionsgesetz wurde nicht angewandt, stattdessen wurde der Lichtkegel

vertikal gespiegelt. Den Schülern, die wussten, dass sie das Reflexionsgesetz anwenden sollen, war teilweise nicht klar, an welcher Linie sie spiegeln sollen. Teilweise wurde sehr viel Zeit aufgewandt um die Kerze zu spiegeln. Die Materialien wurden daher an diesem Punkt umfangreich abgeändert. Der Spiegel wurde ausschließlich durch einen schwarzen Balken dargestellt. Es wurde ein Lot eingezeichnet, um klarzustellen, dass das Reflexionsgesetz anzuwenden ist. In der Angabe wurde klargestellt, dass die Kerzenflamme zu spiegeln ist. Die Ränder der Lichtkegel wurden gelb gefärbt. Am Ende der Stunde wurde Seite 46 den Schülerinnen und Schülern vorab als Hausexperiment mitgegeben. Da Hausübungen als solche in Physik nicht zulässig sind, wurde die Aufgabe als Plusbeispiel ausgegeben, für die es ein „Mitarbeitsplus“ gibt.

16. Einheit: Donnerstag 10.5.2012

Diese Stunde umfasste die Inhalte von Seite 44 mit dem Konstruktionsbeispiel bis zu der Seite 48, der Erklärung der Lichtbrechung. Obwohl es mit dem ähnlich gelagerten Beispiel davor so große Probleme gegeben hatte, verlief diese Konstruktionsaufgabe von Seite 44 problemlos. Da die Schüler an dem Tag Schularbeit hatten, hatte fast niemand das Hausexperiment zu Hause durchgeführt. Die Ergebnisse wurden anhand von „youtube“-Videos gezeigt und besprochen. Die Erklärung der Lichtbrechung durch die Spielzeugachse, die einseitig abgebremst wird, erschien einleuchtend. Die Schülerinnen und Schüler beschwerten sich jedoch über die Tatsache, dass in den Abbildungen das Wort *rau* mit *h* geschrieben wurde. Da es sich um Screenshots aus dem Applet handelte, wurde die Rechtschreibung nicht geändert. Es gab sonst keine besonderen Vorkommnisse.

17. Einheit: Dienstag 15.5.2012

Diese geplante Einheit ist aufgrund einer Exkursion entfallen.

17. Einheit: Dienstag 22.5.2012

Diese Einheit hatte die Seiten 49 bis zum Beginn der Seite 53 zum Inhalt. Obwohl das Brechungsgesetz den Schülerinnen und Schülern relativ plausibel erschien, konnten sie die Tabelle nicht richtig anwenden. Das lag daran, dass viele Schülerinnen und Schüler den Einfallswinkel nicht richtig bestimmen konnten. Vielfach wurde dieser Winkel von der Grenzfläche aus zum

einfallenden Strahl gemessen. Beispiel a von Seite 49 wurde daher um den Auftrag erweitert, den Einfallswinkel einzuzeichnen. Obwohl in der Vorstunde gelernt, war vielen auch nicht klar, wann Brechung zum und wann Brechung vom Lot stattfindet. Das Prinzip der Umkehrbarkeit der Lichtwege wurde in den Unterrichtsmaterialien ausgelassen, da es bei Prozessen, wo gleichzeitig Reflexion und Brechung stattfindet, nicht anwendbar ist. Bei Beispiel c wäre dieses Prinzip allerdings hilfreich gewesen. Durch mündliche Erklärungen konnten die Schüler davon überzeugt werden, die Tabelle richtig zu lesen. Da eine Straffung der Materialien eine Kernaufgabe dieser Arbeit ist, wurde auch weiterhin auf das Prinzip der Umkehrbarkeit der Lichtwege verzichtet, da es wie oben erwähnt nicht immer anwendbar ist. Es wurden in der Einheit noch Beispiel d von Seite 50 und f von Seite 51 durchgenommen. Alle anderen Beispiele bis Seite 52 wurden aus Zeitgründen ausgelassen.

18. Einheit: Donnerstag 24.5.2012

Diese Einheit hatte die Seiten 53 bis 55 zum Inhalt und behandelte daher die Totalreflexion und die Einführung der Sammellinse. Der Inhalt dieser Seiten wurde überwiegend plangemäß durchgenommen. Die erste Abbildung auf Seite 54 warf bei einigen Schülern die Frage auf, warum der Laserstrahl den Acrylglasblock seitlich verlassen kann. Diese Frage wurde in die Materialien als Aufgabe eingebaut. Der Abbildungsvorgang mit der Demonstrationslinse wurde den Schülern gezeigt. Das Bild der Demonstrationslinse war jedoch relativ unscharf. Eine eindeutige Bildweite war de facto nicht zu bestimmen. Auf das Messen der Entfernung des reellen Bildes mit dem Entfernungsmesser wurde daher, aber auch aus Zeitgründen, verzichtet. Die Schülerinnen und Schüler akzeptierten jedoch die Tatsache, dass ein Bild in der Luft sei. Für sie war die Situation ähnlich wie beim Messen der Entfernung des Spiegelbildes. Den Schülern wurde allerdings bereits zusätzlich gezeigt, dass sich die Form des Bildes nicht ändert, wenn man die Hand vor die Linse hält. Dass das Bild dunkler wird, wurde von den Schülern erkannt. Den Schülern wurde dabei erklärt, dass durch die Hand einfach nur weniger Licht von der Linse verwendet wird. Die Schüler schienen diese Erklärung zu akzeptieren.

19. Einheit: Donnerstag 31.5.2012

Inhalt dieser Einheit waren die Seiten 56 bis 59. Der Abbildungsvorgang wurde besprochen und die Schülerinnen und Schüler wieder daran erinnert, wozu eine Linse verwendet wird. Es wurde dabei wiederholt, warum die Lochkamera mit

einer Linse ausgestattet wurde und welche Vorteile man durch die Linse erreicht. Viele Schüler nannten allerdings als Begründung für die Linse, dass durch die Linse das Bild der Kamera schärfer wird. Nur wenige erwähnten spontan, dass das Bild durch die Linse heller wird. Die Abbildung eines LED-Spots wurde gezeigt. Die Analogie zwischen Leuchtflecken und Pixeln am Handy wurde erwähnt. Da mir diese Analogie sehr hilfreich erscheint, wurde sie in der Endfassung der Unterlagen explizit erwähnt. Beendet wurde diese Einheit mit der Definition von Brennpunkt und Brennweite. Da in der späteren Einheit der Stellvertreter-Charakter von Lichtstrahlen den Schülerinnen und Schülern nicht klar war, wurden die Grafiken auf Seite 58 und 59 abgeändert. Dunkelgelb gezeichnete Lichtstrahlen strömen innerhalb eines hellgelben Lichtkegel zu und von der Linse.

20. Einheit: Dienstag 5.6.2012

Inhalt dieser Einheit waren die Seiten 60 bis 63, in denen unter anderem Konstruktionsaufgaben zur Sammellinse behandelt werden. Der Konstruktionsvorgang war den Schülern aufgrund der Abbildung allein nicht klar. Ich habe sowohl die Konstruktion von P' als auch Q' an der Tafel vorgezeigt. Die Konstruktion von Beispiel a auf Seite 61 gelang in der Folge weitgehend selbständig. Die Umsetzung auf die Beispiele von Seite 62 gelang vielfach nicht. Die Spitze des Pfeils konnte überwiegend richtig gezeichnet werden. Die Abbildung des Pfeilendes gelang nicht. Vereinzelt wurde der Pfeil einfach an P' „angehängt“, sodass der Schaft des Pfeils nach unten zeigte. Beispiel c von Seite 63 wurde ausgelassen. Die Konstruktionen bei Beispiel d gelangen überwiegend. Das Ergebnis wurde richtig vorhergesagt. Bei Beispiel e blieb den Schülerinnen und Schülern nicht in Erinnerung, dass die Lochkamera in jeder Lage ein scharfes Bild erzeugt. Im Gegenteil wurde der Linsenkamera pauschal attestiert, dass sie schärfere Bilder als die Lochkamera macht.

Persönlicher Gesamteindruck vom Unterricht nach diesen Materialien

Die Unterrichtserfahrung war für mich größtenteils erfreulich, manchmal aber auch durch den festen Rahmen bedingt etwas langweilig und stressig. Dadurch, dass dem Konzept gefolgt werden musste, blieben mir natürlich wenig Freiheiten. Teilweise fühlte ich mich auch gedrängt, möglichst viel in einer Stunde unterzubringen, weil schließlich alle Materialien getestet werden sollten. Diese strenge Orientierung am Konzept hatte den Nachteil, dass der Unterricht relativ unflexibel gestaltet werden musste. Vor allem, wenn die Klasse den Unterricht

nur unkonzentriert verfolgte, was an der gesteigerten Lautstärke erkennbar war, machte sich das Fehlen eines Heftes unangenehm bemerkbar. Weil die Unterrichtsmaterialien parallel zur Erprobung entwickelt wurden, mussten immer wieder Blätter ausgeteilt werden. Das führte einerseits zu Zeitverlust am Beginn der Stunde, andererseits zu Unruhe in der Klasse. Obwohl die Klasse eine Mappe zu führen hatte, waren vereinzelt Schülerinnen und Schüler mit den Zetteln überfordert. Es mussten auch immer wieder Zettel nachgeliefert werden, wenn Schüler in vorhergehenden Stunden fehlten.

Insgesamt aber war der Unterricht nach diesen Materialien dennoch abwechslungsreich und spannend, und die Schülerinnen und Schüler konnten auch in dieser Klassengröße relativ viel selbst machen. Besonders erfreulich waren die Momente, als ich beobachten konnte, wie eine zu Beginn relativ unkonzentrierte Klasse durch die Arbeit mit den Materialien begeistert bzw. gebunden werden konnte. Von Schülerinnen und Schülern erhielt ich überwiegend positives Feedback. Die vielen Abbildungen wurden sehr positiv aufgenommen. Einige Schülerinnen bzw. Schüler gaben an, dass die Materialien für sie verständlicher als das Schulbuch waren. Es gab andererseits auch männliche Schüler, die sich über die Einfachheit der Sprache beschwerten. Der schiere Umfang der Materialien wirkte aber auch auf manche abschreckend. So kam nicht einmal eine Frage wie: „Müssen wir das alles für den Test können? Das sind ja urviele Seiten!“ Zu den persönlichen Highlights zählte aber die Erfahrung, dass schwache Schülerinnen und Schüler durch diese Materialien angesprochen werden konnten und deutlich aktiver als davor mitarbeiteten indem sie sich öfter zu Wort meldeten.

5 Folgerungen und Aussicht

Die Ergebnisse der Akzeptanzbefragung zeigen, dass die Materialien gut geeignet sind, den Schülerinnen und Schülern die SEV zu vermitteln. Die Erlebnisse im Unterricht waren ebenfalls ermutigend. Schülerinnen bzw. Schüler meiner Klasse, die normalerweise zu den leistungsschwächeren zählten, waren beim Unterricht nach diesen Materialien überdurchschnittlich motiviert. Gerade die Vielzahl an Abbildungen und die Möglichkeiten zur Eigentätigkeit trugen zu einem gesteigertem Interesse und Verständnis bei.

Dennoch ist und bleibt Raum für weitere Verbesserungen der Materialien. Für den Regelunterricht sind sie meiner Meinung nach zu umfangreich, um sie vollständig verwenden zu können. Weitere Straffungen werden nötig sein. Manche Schüler fanden alleine den Seitenumfang der Materialien etwas abschreckend. Durch Smartphones mit ihrer Vielzahl an Sensoren ergeben sich in der Zukunft ebenfalls neue Möglichkeiten den Optik-Unterricht zu gestalten. Vielleicht werden auch bald Tablets flächendeckend im Klassenzimmer eingesetzt? Spätestens dann wird man Unterrichtsmaterialien nach anderen Vorgaben gestalten müssen und können. Die Materialien sind daher aus meiner Sicht sicher eine große Hilfe für den derzeitigen Optik-Unterricht, werden aber stetig weiterentwickelt werden müssen.

6 Literaturverzeichnis

Blumör R. (1993): Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik, Essen: Westarp Wiss.

Duit; Rhöneck (1996): Lernen in den Naturwissenschaften. IPN:Kiel

Gleixner Ch. (1998): Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potential, München: Dissertation der Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München

Gunstone R., White R. (2006): Probing Understanding, London: RoutledgeFalmer

Hecht E.(1999): Optik, R. Oldenbourg Verlag, München

Herd, D.; Soostmeyer, M.; Sumfleth, E. (1990): Einführung in die elementare Optik. Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs. Essen: Westarp Wissenschaften.

Hopf, M., Haagen-Schützenhöfer, C. & Heran-Dorr, E. (2011). Low Cost in der Optik. Praxis der Naturwissenschaften - Physik, 60(5)

Vogt H., Krüger D. (2007): Die Theorien in der biologiedidaktischen Forschung, Springer Berlin Heidelberg

Putz B. (2009): Faszination Physik 4, Veritas Verlag, Linz

Rakoczy K.(2007): Videoanalysen in der Unterrichtsforschung, Frankfurt a. M.: Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung

Staraushek E.(2003): Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher, Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg. 9

Seimert W. (2011): CoreIDRAW X5, bhv, Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH

Wiesner H.(1992): Verbesserung des Unterrichtserfolges über Optik (I), Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten, Physik in der Schule 30, 9

Wiesner H.(1992): Verbesserung des Unterrichtserfolges über Optik (II), Didaktisch-methodische Begründung für einen Lehrgang und die Einführung einer physikalischen Vorstellung vom Sehen, Physik in der Schule 30, 10

Wiesner H.(1992): Verbesserung des Unterrichtserfolges über Optik (III), Ausbreitung des Lichts, Schatten und Mondphasen, Physik in der Schule 30, 11

Wiesner H.(1992): Verbesserung des Unterrichtserfolges über Optik (IV), Die Bildentstehung bei der Lochkamera und das Kameramodell als Entfernungsmesser, Physik in der Schule 30, 12

Wiesner H.(1993): Verbesserung des Unterrichtserfolges über Optik (V), Das Spiegelbild I, Physik in der Schule 31, 2

Wiesner H.(1993): Verbesserung des Unterrichtserfolges über Optik (VI), Das Spiegelbild II, Physik in der Schule 31, 3

Wiesner H.(1993): Verbesserung des Unterrichtserfolges über Optik (VII), Brechung, Physik in der Schule 31, 4

Wiesner H.(1993): Verbesserung des Unterrichtserfolges über Optik (VIII), Totalreflexion, Physik in der Schule 31, 6

Wiesner H.(1993): Verbesserung des Unterrichtserfolges über Optik (IX), Reelle Bilder bei Sammellinsen, Physik in der Schule 31, 9

Wiesner, H.; Engelhardt, P.; Herdt D. (1995): Unterricht Physik, Optik I. Lichtquellen, Reflexion. 3 Bände. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co (Unterricht Physik, 1)

Wiesner, H.; Engelhardt, P.; Herdt D. (1996): Unterricht Physik, Optik II. Brechung, Linsen. 2 Bände. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co (Unterricht Physik, 2).

7 Abbildungsverzeichnis Endfassung Unterrichtsmaterialien

Seite 4, Abb. 1: http://www.medienwerkstatt-online.de/lws_wissen/vorlagen/showcard.php?id=5401&edit=0D

Seite 4, Abb. 2: Scan aus Wiesner, H. et.al. (1995), 6.4.1., Folie für Augen eines Kopffüßers und des Menschen

Seite 9, Reklameschild "Cafe": http://www.werbetafel.de/Leucht-und_Lichtwerbung.html

Seite 12, Abb. 1: <http://www.snl-company.de/equipment/skybeamer.jpg>

Seite 13, Abb. 4: <http://michaelzuest.wordpress.com/>

Seite 17, Abb. 1: Screenshot von <http://phet.colorado.edu/en/simulation/color-vision>

Seite 17, Abb. 2: <http://www.weltderphysik.de/gebiete/atome/forschung-mit-licht/konventionelle-laser/messen-mit-licht/>

Seite 23, Abb. 2: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sonnenfinsternis_0569.jpg&filetimestamp=20101005175215

Seite 23, Abb. 4: Screenshot aus Video - <http://vimeo.com/9082373>

Seite 25, Bild A: <http://www.stephan-heinsius.de/mondfinsternis2006p.html>

Seite 25, Bild B: <http://ulli-m.de.tl/Mond.htm>

Seite 26, Abb. 1: <http://www.preisvergleich.eu/suche16315.html>

Seite 27, Screenshot von: http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/versuche/01lochkamera/erklaerung.htm

Seite 31, Abb. 2: http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/versuche/01lochkamera/erklaerung.htm

Seite 54, Abb. 2: <http://www.ebay.de/itm/ORIGINAL-SCHOTT-ASTAX-GLASFASER-GLASFASER-LAMPE-60er-70er-JAHRE-/160679449589>

Seite 54, Abb. 3: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flexibles_Endoskop.jpg&filetimestamp=20060718031845

Anhang A: Leitfaden Probebefragung

Leitfaden für die Akzeptanzbefragung:

Begrüßung und Begründen der Befragung:

„Wir wissen, dass die Lehre vom Sehen ein anspruchsvolles Teilgebiet der Physik ist. Wir wollen herausfinden, wie wir für euch Unterrichtsmaterialien erstellen können, die euch beim Lernen helfen.“

Applet von LEIFI Physik wird gezeigt (Glühbirne in Raum).

Fragen zum Applet:

Hast du Fragen zu diesem Applet? Kommt dir etwas komisch vor? Erkläre was in dieser Animation dargestellt wird? Wofür stehen die Pfeile? Was passiert mit dem Licht, erkläre!

Lehrer erklärt in einem kurzen Vortrag wie der Sehvorgang abläuft. (Gegenstände werden gesehen, wenn ein Abbild von ihnen auf der Netzhaut entsteht. Licht muss von dem Gegenstand ins Auge einfallen.)

Fragen zum Vortrag: Hast du Fragen zu der Erklärung? Ist die Erklärung verständlich? Kommt dir etwas komisch vor?

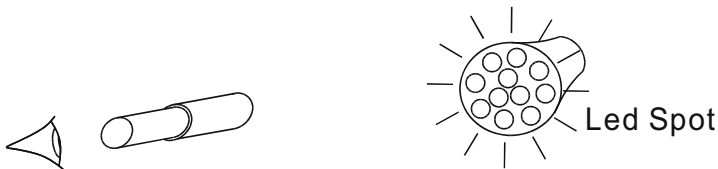
Lochkamera wird vorgestellt.

Frage zur Lochkamera: Gibt es Fragen zur Lochkamera? Kommt dir etwas komisch vor?

1.Block:

Schüler führen Schritt für Schritt die Handlungsaufträge zum Sehen selbstleuchtender Gegenstände durch. Zu jedem Beispiel werden folgende Fragen gestellt: Ist der Arbeitsauftrag verständlich formuliert? Welches Ergebnis hast du gefunden? Danach Diskussion der richtigen Ergebnisse. Falls Schüler andere Ergebnisse haben, werden die richtigen Ergebnisse auf ihre Akzeptanz geprüft. (Wie gefällt dir die Lösung? Kannst du sie in eigenen Worten wiederholen? Ist sie vernünftig/komisch?)

Die Schüler notieren die Ergebnisse nicht. Die Schüler/Schülerinnen werden gebeten, beim Lesen schwer verständliche bzw. „komische“ Formulierungen im Text zu markieren.



Betrachte z.B. einen leuchtenden LED Spot!

Beobachte mit der Lochkamera:

** Blicke durch die Lochkamera und beobachte einen leuchtenden Gegenstand. Vergleiche den Umriss des Gegenstandes mit dem Bild! Schreibe auf, welche Gegenstände du beobachtet hast!*

** Verändere die Entfernung Gegenstand – Lochkamera nicht. Schiebe den Auszug der Lochkamera hinein und beobachte, ob sich das Bild verändert. Notiere:*

** Verändere nun den Auszug nicht. Betrachte das Bild und gehe mit der Lochkamera näher an den Gegenstand heran. Ändert sich das Bild? Notiere:*

** Entferne dich nun vom beobachteten Gegenstand. Ändert sich das Bild? Notiere:*

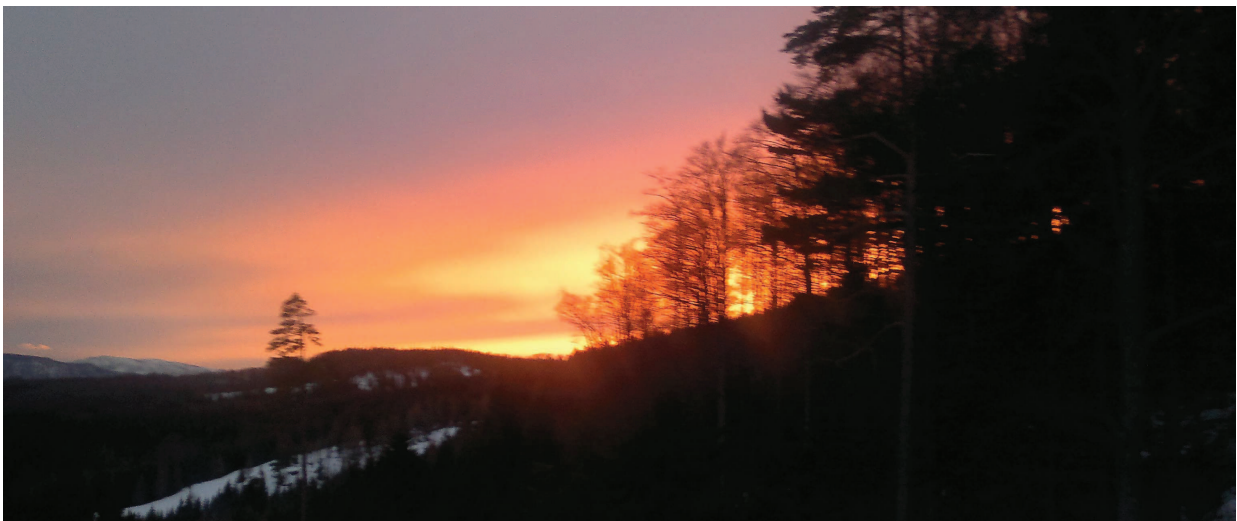
Im Anschluss an die Handlungsaufträge werden folgende Fragen gestellt:

Hast du Fragen zum Sehen selbstleuchtender Gegenstände? Kommt dir etwas komisch vor? Wiederhole die Erklärung in eigenen Worten! Kannst du dir vorstellen, dass du einen Gegenstand nur deshalb sehen kannst, weil ein Teil der Lichtstrahlung, die vom Gegenstand weggeschickt wurde, in dein Auge fällt? Begründe deine Antwort.

2.Block:

Die Schüler lesen selbständig den folgenden Textteil. Sie werden wieder gebeten, Textteile zu markieren, die schwer zu verstehen sind bzw. die ihnen komisch vorkommen.

Das Sehen beleuchteter Gegenstände:



Dieses Foto wurde aufgenommen, nachdem die Sonne hinter den Bergen untergegangen war. Die Wolken strahlen in einem hellen Rot. Bei Tageslicht erschienen die Wolken noch in schönem Weiß. Die Wolken brennen nicht. Sie strahlen von selbst kein Licht ab, wie es Kerzen oder Lagerfeuer tun.

Die Wolken leuchten deshalb, weil die Sonne sie von unten anstrahlt. Das rötliche Licht der untergehenden Sonne wird von den Wolken in das Kameraauge weitergesendet. Daher sehen die Wolken rötlich aus. Rechts unten im Bild siehst du noch ein paar Fichtenbäume. Sie sind schwer zu erkennen. Der Berg verdeckt dort die Sonne. Nur wenig Licht gelangt dorthin wo sie stehen. Dieses wenige Licht wird zum Kameraauge weitergesendet. Das Kameraauge sieht dort fast alles gleich schwarz. Wir tun uns schwer, die Bäume von der Umgebung zu unterscheiden.

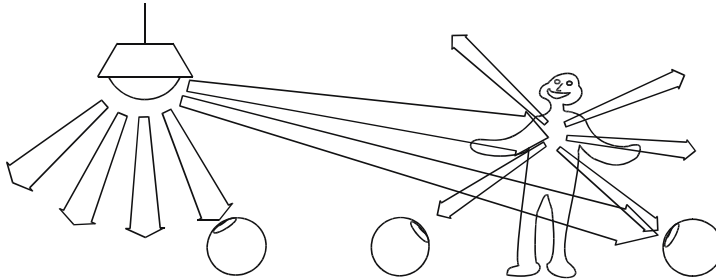
Es werden folgende Fragen im Anschluss gestellt:

Wie ging es Dir beim Lesen dieses Textes? Hast du lange gebraucht, um den Inhalt zu verstehen? Verstehst du den Text, hast du Fragen zum Text? Kommt dir etwas komisch vor? Erkläre in eigenen Worten, warum die Wolken rot aussehen! Wie sehen die Wolken in der Nacht aus? Welche Begründung/Überlegung hast du für deine Erklärung? Wie sehen die Wolken zu Mittag aus? Welche Begründung/ Überlegung hast du für deine Erklärung? Angenommen jemand strahlt mit einem hellen sehr starken Scheinwerfer auf die Wolken , würde sich etwas verändern? Beschreibe! Warum kann man die Bäume so schwer sehen? Erkläre in eigenen Worten! Würde sich etwas ändern, wenn man dort mit starken Scheinwerfern hinleuchtet? (Der Scheinwerfer ist so stark wie ein Laserpointer, dessen Strahl eine weit entfernte Wand erreicht.) Welche Veränderungen erwartest du? Warum? Sagt dir der Begriff Kameraauge etwas? Beschreibe, was du dir darunter vorstellst?

3.Block:

Der Modellversuch zum Sehen beleuchteter Gegenstände wird gezeigt und von den Schülern mit der Lochkamera beobachtet. Die Schüler lesen dazu folgenden Text. Sie sollen dabei wieder schwer verständliche Stellen markieren bzw. Stellen anzeichnen, die ihnen komisch vorkommen.

Wir werden den Sehvorgang mit einem Experiment veranschaulichen: Im abgedunkelten Klassenraum wird ein/e hell gekleidete/r Schüler/in mit einer starken Lampe beleuchtet. Beobachte mit der Lochkamera das entstehende Bild!



Wir können die Beobachtungen auf unser Auge übertragen:

Der Körper strahlt das Licht der Lampe weiter. Gelangt ein Teil dieses wieder abgestrahlten Lichtes in unser Auge, dann können wir ihn sehen.

Generell gilt:

Du kannst nur Gegenstände sehen, die Licht abstrahlen.

Im Anschluss werden folgende Fragen gestellt:

Wie ging es Dir beim Lesen dieses Textes? Hast du lange gebraucht, um den Inhalt zu verstehen? Hast du Fragen zum Text, verstehst du ihn? Kommt dir etwas komisch vor? Erkläre in eigenen Worten, wie der Sehvorgang beschrieben wird! Ist die Erklärung plausibel? Fällt es dir schwer sie zu glauben? Gibt es einen Teil dieser Erklärung, der dir komisch vorkommt? Welcher? Warum kommt dir das komisch vor? Erkläre die obige Zeichnung! Was muss getan werden, damit du mit der Lochkamera die Schülerin/den Schüler in der abgedunkelten Klasse sehen kannst? Welche Begründung/Überlegung hast du für deine Erklärung? Was passiert, wenn die Scheinwerfer nicht eingeschaltet werden, welche Veränderungen erwartest du? Warum?

4.Block:

Die Schülerinnen lesen den folgenden Text. Schwer verständliche, und „komische“ Stellen sind zu markieren.

Wir unterscheiden zwei Arten von Lichtquellen:

- Leuchtet ein Gegenstand selbst, nennen wir ihn Sender (z. B. Glühbirne, Sonne).
- Muss ein Gegenstand erst beleuchtet werden, nennen wir ihn Zwischensender (Tisch, Fußboden, Mond, Wolken).

Beide Lichtquellen strahlen Licht ab. Primäre Lichtquellen werden durch Erhitzen etc. zum Leuchten angeregt. Zwischensender werden durch Bestrahlung mit Licht angeregt.

Im Anschluss werden folgende Fragen gestellt:

Wie ging es Dir beim Lesen dieses Textes? Hast du lange gebraucht, um den Inhalt zu verstehen? Verstehst du den Text? Hast du Fragen zum Text? Kommt dir etwas seltsam vor? Nenne ein paar Lichtquellen! (Wenn keine Zwischensender kommen, wird nachgefragt. z.B. Du hast nun nur Gegenstände/Objekte genannt, die von selbst aus leuchten. Siehst du den Tisch vor dir, ist der für dich jetzt auch eine Lichtquelle? Welche Begründung/Überlegung hast du für deine Erklärung?) Was stellst du dir unter einer Lichtquelle vor? Könnte man einen besseren Überbegriff für Sender und Zwischensender finden als den Begriff Lichtquelle? Wie findest du die Begriffe Sender und Zwischensender?

5.Block:

Die Schüler/Schülerinnen beantworten die folgenden Aufgaben mündlich. Die Skizze zum Sehen eines Baumes wird angefertigt und von den Schülerinnen/Schülern erklärt. Schwer verständliche und „komische“ Stellen sind zu markieren. Bei „fälschen“ Antworten werden die richtigen auf Akzeptanz geprüft.

* Ein Baum steht in der Sonne, du siehst ihn. Warum kannst du ihn sehen? Fertige eine Skizze mit dir und dem Baum etc. an. Zeichne Lichtwege ein!

* Eine Leuchtreklame wird Abends eingeschaltet und leuchtet selbst.

Wann ist sie primäre Lichtquelle/Sender und wann ist sie sekundäre Lichtquelle/Zwischensender?



Erkläre, warum man die ausgeschaltete Werbetafel tagsüber sehen kann und warum nachts eine Beleuchtung notwendig ist!

Folgende Fragen werden noch zur Absicherung gestellt:

Kannst du dir vorstellen, dass du einen Gegenstand nur deshalb sehen kannst, weil ein Teil der Lichtstrahlung, die vom Gegenstand weggeschickt wurde, in dein Auge fällt? Macht es für das Sehen einen Unterschied ob Gegenstände selbst leuchten oder nicht? Welche Begründung/Überlegung hast du für deine Erklärung?

6.Block:

Die Schülerinnen lesen den folgenden Textteil durch. Der Versuch mit den beleuchteten Papieren wird von der Lehrkraft demonstriert. Schwer verständliche und „komische“ Stellen sind zu markieren.

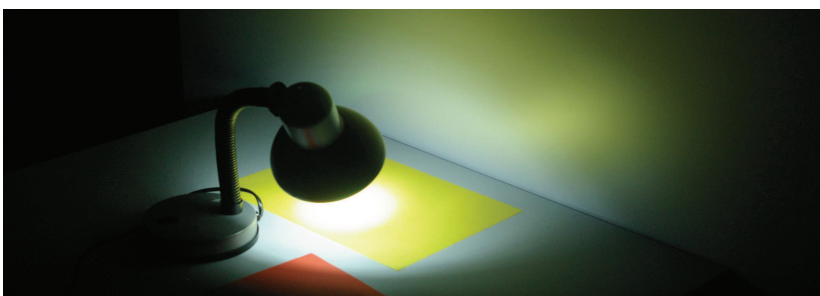
Die Streuung

Wir werden uns jetzt genauer ansehen, wie Gegenstände Licht weiterleiten. Mit deiner Lochkamera konntest du bereits beobachten, wie das Licht deines hell gekleideten Mitschülers auf den Schirm deiner Lochkamera gelangt ist.

Ein Gegenstand streut Licht, wenn er Licht aufnimmt und wieder abstrahlt. Je nachdem, wie viel Licht der Gegenstand in Richtung eines Beobachters abstrahlt, erscheint der Gegenstand hell oder dunkel.

Wir beleuchten mit einer Tischlampe in einem abgedunkelten Raum abwechselnd schwarzes, weißes und gelbes Papier.

Welchen Unterschied bemerkst du bei der Beleuchtung von schwarzem und weißem Papier?



Du siehst im Photo rechts, wie gelbes Papier mit einer Tischlampe beleuchtet wird. Dort wo das weiße Licht der Lampe direkt hinkommt, erscheint die Umgebung heller. Du kannst aber auch einen gelben Schimmer an der grauen Wand sehen. Das Licht, das vom Papier gestreut wird,

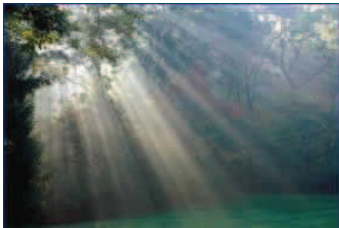
ist gelb. Von der grauen Wand wird dieses gelbe Licht in den Fotoapparat gestreut. Die Wand erscheint daher gelblich.

Es werden folgende Fragen im Anschluss gestellt:

Hast du Fragen zu dem Text? Kommt dir etwas komisch vor? Kannst du den Begriff Streuung in eigenen Worten erklären? Kannst Du Dir vorstellen, dass ein bestrahlter Gegenstand wieder Lichtstrahlen aussendet? Kann man mit einem angestrahlten Gegenstand andere Gegenstände beleuchten? Begründe! Was sieht man, wenn man das Papier wegzieht? Was ist, wenn das rote Papier unter der Lampe liegt? Weißt du was mit bestrahlter Gegenstand gemeint ist? Verstehst du unter „angestrahlter Gegenstand“ was anderes? Wenn ja, was?

7.Block:

Die Schülerinnen lesen den folgenden Text. Schwer verständliche, und „komische“ Stellen sind anzustreichen.



Du hast sicher schon mal so etwas ähnliches wie im Bild links gesehen. Solche Lichtkegel sieht man aber nur bei bestimmten Wetterverhältnissen. Wenn es neblig ist und kleine Wassertröpfchen in der Luft sind, können wir den Lichtweg sehen. Die Wassertröpfchen streuen Licht, dieses Licht kann in die Augen der Beobachter gelangen.

Im Anschluss werden folgende Fragen gestellt:

Wie ging es dir beim Lesen diese Textes? Hast du lange gebraucht, um den Inhalt dieses Textes zu verstehen? Verstehst du, worum es da geht bzw. hast du Fragen zu dem Text? Kommt dir etwas komisch vor? Wiederhole in eigenen Worten, was man auf dem Photo sieht! Ist die Erklärung schlüssig? Gefällt sie dir? Was sieht man, wenn es keine Wassertröpfchen in der Luft gibt? Was bewirken die Wassertröpfchen in der Luft? Wenn die Bäume links im, Bild höher und dichter sind, wie verändert sich das Bild? Beschreibe den Rasen an der Stelle, wo die Lichtkegel ankommen! Was erwartest du an diesen Stellen, wenn der Nebel weg ist? Ändert sich etwas?

8.Block:

Die SchülerInnen lesen den folgenden Textteil durch. Der Versuch zum Lichtkegel wird demonstriert. Die Schülerinnen beantworten die Fragen mündlich. Schwer verständliche, und „komische“ Stellen sind anzustreichen.

Wir werden versuchen einen Lichtweg künstlich sichtbar zu machen. In einem abgedunkelten Raum leuchtet deine Lehrkraft an eine weiße Wand. Kannst du etwas zwischen Lampe und Wand beobachten?

Als nächstes zündet deine Lehrkraft Räucherstäbchen an. Du kannst den Lichtweg erkennen. Begründe warum du den Lichtweg sehen kannst!

Beispiel:

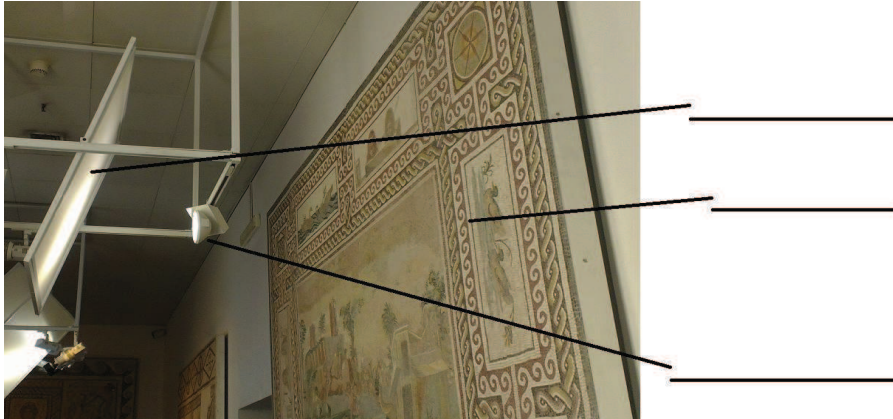
* Bei einer Fahrt nachts im Nebel kannst du die von einem Scheinwerfer ausgehenden Lichtkegel sehen. Beschreibe, was beim Sehen dieser Kegel vor sich geht.

Im Anschluss werden folgende Fragen gestellt:

Hast du Fragen zu den Lichtkegeln? Kommt dir bei der Erklärung etwas komisch vor? Zeichne und erkläre einen Lichtkegel! Wann würdest du sagen, dass ein Lichtkegel sichtbar ist? Welche Bedingungen müssen gegeben sein?

Extrablock:

*In einem Museum wird ein Mosaik, wie unten abgebildet, beleuchtet.
Beschrifte! Welche Gegenstände sind das?*



Welche „Aufgaben“ haben diese 3 Gegenstände?

1.
2.
3.

Warum kann der Scheinwerfer vom Mosaik weg leuchten und dabei trotzdem das Mosaik beleuchten?

.....

.....

Was ändert sich, wenn der Schirm schwarz ist?

.....

.....

Wie ändert sich die Helligkeit des Mosaiks, wenn man den Schirm wegnimmt?

.....

.....

Kommt dir bei dieser Anordnung etwas komisch vor?

.....

.....

Hast du Fragen zu dem Bild?

.....

Anhang B: Leitfaden Hauptbefragung

Leitfaden für die Akzeptanzbefragung:

Begrüßung und Begründen der Befragung:

„Wir wissen, dass die Lehre vom Sehen ein anspruchsvolles Teilgebiet der Physik ist. Wir wollen herausfinden, wie wir für euch Unterrichtsmaterialien erstellen können, die euch beim Lernen helfen.“

Frage nach: Name, Deutsch und Physiknoten.

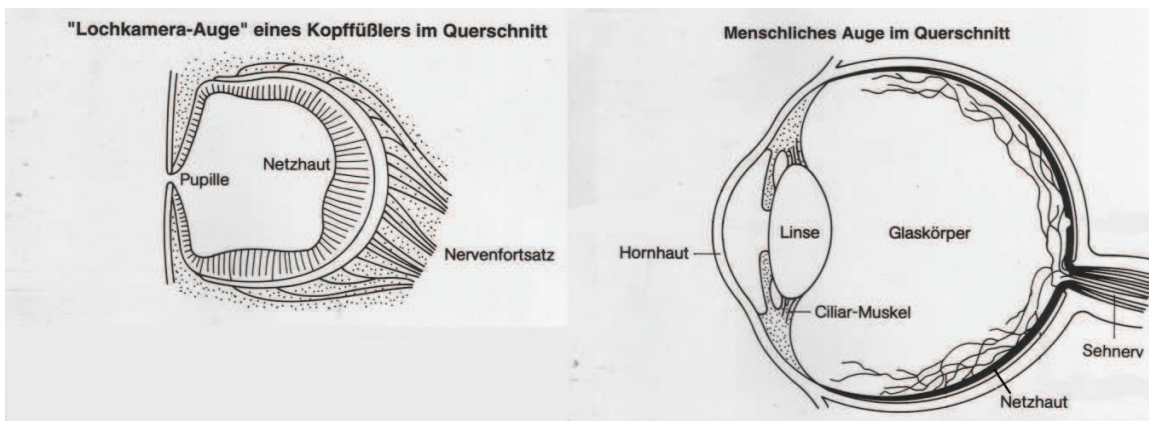
Applet von LEIFI Physik wird einmal! gezeigt (Glühbirne in Raum).

Fragen zum Applet:

Hast du Fragen zu diesem Applet? Kommt dir etwas komisch vor dabei? Erkläre was in dieser Animation dargestellt wird? Wofür stehen die Pfeile? Wie stellst du dir den Lichtweg vor? Gibt es etwas in dem Applet, dass es dir schwer macht zu verstehen warum wir Gegenstände sehen können?

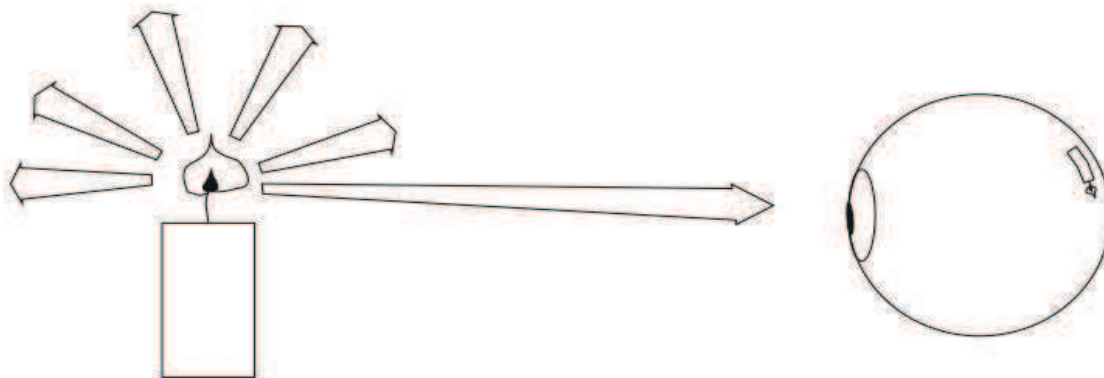
Lehrer erklärt in einem kurzen Vortrag wie der Sehvorgang abläuft.

Ich zeige euch jetzt kurz wie der Sehvorgang abläuft. Damit wir etwas sehen können braucht es Licht. Das Licht trägt sozusagen die Information von dem was wir sehen. Der Gegenstand den wir sehen ist ein Lichtsender. Das Auge mit dem wir sehen ist ein Lichtempfänger. (Abbildung wird gezeigt)



Links siehst du das Auge eines Kopffüßlers, rechts ist ein menschliches Auge. Beide sehen verschieden aus, haben aber zwei Dinge gemeinsam. Eine Pupille durch die das Licht einfällt und eine Netzhaut auf der ein Bild des Gegenstandes entsteht.

Du siehst in der folgenden Abbildung wie der Sehvorgang prinzipiell abläuft. Von der Kerzenflamme geht Licht in alle Richtungen weg. Ein Teil des Lichts kann durch die Pupille ins Auge hinein. Auf der Netzhaut entsteht ein kleines Bild der Flamme bzw. der Kerze insgesamt. Das Bild wird von Zellen erfasst und die Information von den Nerven ins Gehirn gesendet und dort, im Gehirn, verarbeitet. Du siehst die Kerze.



Fragen zum Vortrag: Hast du Fragen zu der Erklärung? Ist die Erklärung verständlich? Kommt dir etwas komisch vor dabei?

Wie würdest du einem Mitschüler erklären warum man Gegenstände sehen kann?

1.Block:

Lochkamera wird vorgestellt.

Die Lochkamera – Ein Augenmodell und Lichtempfänger

Die Lochkamera ist ein Augenmodell. Sie funktioniert so wie das Auge eines Kopffüßers. Licht tritt durch die Blendenöffnung der Lochkamera ein, am Schirm entsteht ein Bild des Gegenstandes. Unterhalb siehst du eine zerlegte Lochkamera:

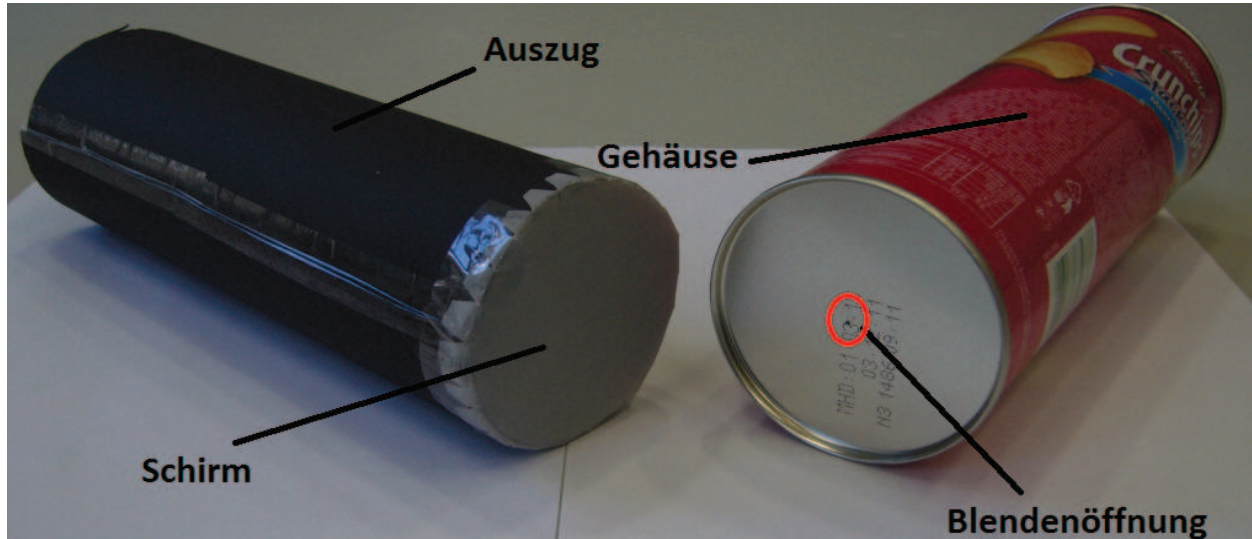


Abb.1: Die Teile einer Lochkamera

Vervollständige!

Die Blendenöffnung der Lochkamera hat die gleiche Aufgabe wie der/die..... des Kopffüßerauges.

Der Schirm der Lochkamera hat eine ähnliche Aufgabe wie die/der..... des Kopffüßerauges.

Beobachtungen mit der Lochkamera

Die Lochkamera ist ein Lichtmessgerät. Fällt Licht auf den Schirm der Lochkamera, so kannst du etwas am Schirm erkennen. Willst du einen Gegenstand mit der Lochkamera beobachten, dann musst du die Kamera so halten, dass Licht von dem Gegenstand durch die Blendenöffnung kommen kann (Siehe Abb. 2).



Abb.2: So beobachtet man einen Gegenstand mit der Lochkamera. Den Auszug kannst du hinein- und hinausschieben. P.s. Der Schirm ist näher bei der Blendenöffnung und nicht beim Auge!

Frage zur Lochkamera: Gibt es Fragen zur Lochkamera? Weißt du wofür das PS bei Abbildung 2 steht? Was bedeuten die Pfeile in Abbildung 2?

Schüler führen den Handlungsauftrag zum Sehen selbstleuchtender Gegenstände durch. Die Schüler/Schülerinnen werden gebeten, beim Lesen schwer verständliche bzw. „komische“ Formulierungen im Text zu markieren.

Beobachte mit der Lochkamera:

1. Schau dir mehrere von selbst leuchtende Gegenstände mit den Augen an. Schaue dir die gleichen Gegenstände danach durch die Lochkamera an (Siehe Abb. 3.). Gehe dabei mit der Lochkamera nahe an diese Gegenstände ran, um ein deutliches Bild zu sehen.

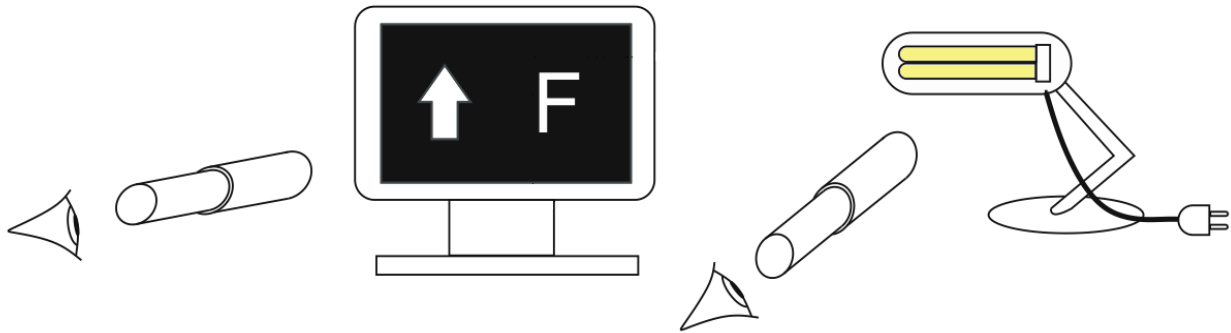


Abb.3: Blicke in die Lochkamera und betrachte leuchtende Gegenstände!

2. Was fällt dir an dem Bild in der Lochkamera auf? Was sind die Unterschiede zu dem, was du mit den Augen siehst?

3. Kannst du einen Gegenstand in der Lochkamera sehen, wenn die Lochkamera von diesem Gegenstand weg zeigt? Schreib erst deine Vermutung auf und führ dann den Versuch durch. Schreib dann auf was du beobachtet hast!

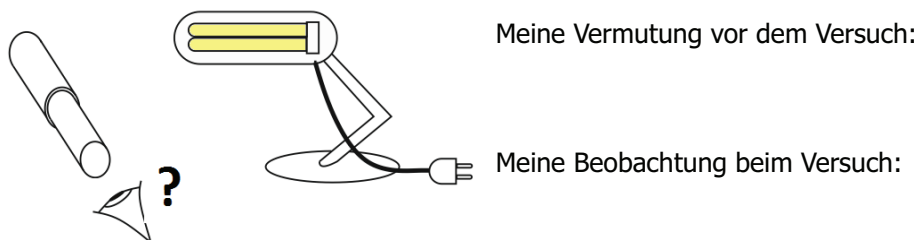


Abb.4: Kann man die Lampe so in der Lochkamera sehen?

Es werden folgende Fragen gestellt: Sind die Arbeitsaufträge verständlich formuliert? Welches Ergebnis hast du gefunden? Danach Diskussion der richtigen Ergebnisse. Falls Schüler andere Ergebnisse haben, werden die richtigen Ergebnisse auf ihre Akzeptanz geprüft.

Ist dir klar wie es funktioniert, dass wir eine Lampe oder die Flamme einer Kerze sehen können? Kommt dir da etwas komisch vor dabei? Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum man einen Gegenstand der Licht erzeugt sieht? Erkläre den Weg des Lichtes! Ist dir klar warum wir die Lochkamera verwendet haben? Wie macht die Lochkamera ein Bild? Hat die Lochkamera dir geholfen, zu verstehen warum wir Gegenstände sehen können, die Licht erzeugen? Wenn ja, wie? Warum kann die Lochkamera nachweisen, ob jemand einen Gegenstand sehen kann oder nicht? Hat dich etwas in der Angabe gestört oder verwirrt?

Wie findest du diese Erklärung: Eine Lampe erzeugt Licht und strahlt dann das Licht ab. Ich sehe die Lampe nur, weil ein Teil der Lichtstrahlung von der Lampe in mein Auge fällt?

2.Block:

Die Schüler lesen selbständig den folgenden Textteil. Sie werden wieder gebeten, Textteile zu markieren, die schwer zu verstehen sind bzw. die ihnen dabei komisch vorkommen.

Das Sehen beleuchteter Gegenstände:



Abb.5: Fotografie einer Berglandschaft bei Sonnenuntergang

Dieses Foto (Abb.5) wurde aufgenommen, nachdem die Sonne hinter den Bergen untergegangen war. Die Wolken strahlen in einem hellen Rot, obwohl sie selbst kein Licht erzeugen, wie es Kerzenflammen oder Lagerfeuer tun. Die Wolken leuchten deshalb, weil die Sonne sie von unten anstrahlt (Siehe Abb. 6). Die Wolken schicken dann das Licht von der Sonne weiter in das Kameraauge. Daher erscheinen die Wolken ganz hell.

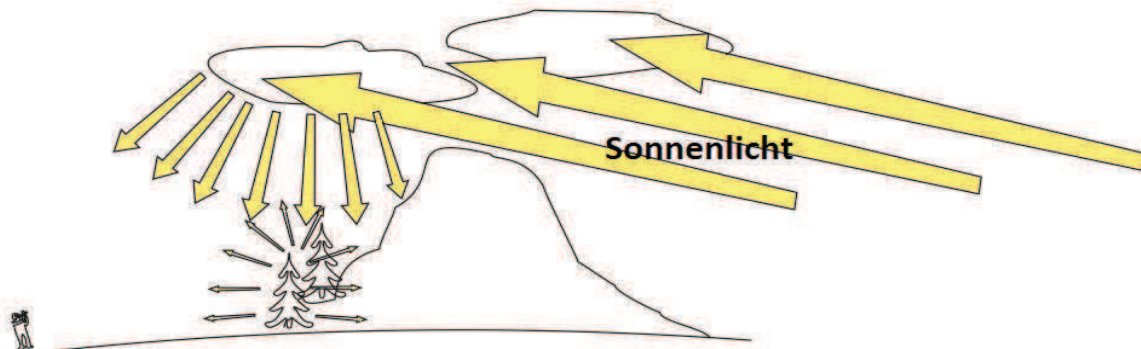


Abb.6: Die Wolken strahlen das Licht der Sonne weiter.

Rechts unten im Foto siehst du noch ein paar Bäume. Sie sind schwer zu erkennen. Der Berg verdeckt dort die Sonne. Nur wenig Sonnenlicht kommt zu den Bäumen (Siehe Abb.6). Die Bäume schicken dieses wenige Licht dann weiter ins Kameraauge. Wenn ein Gegenstand wenig Licht abstrahlt, dann bekommen wir wenig Bildinformation von diesem Gegenstand. In unserem Fall kommt kaum Licht von den Bäumen ins Kameraauge. Deswegen erscheint am Foto fast alles gleich schwarz. Wir tun uns schwer, die Bäume von der Umgebung zu unterscheiden.

Es werden folgende Fragen im Anschluss gestellt:

Wie ging es Dir beim Lesen dieses Textes? Kommt dir etwas komisch vor dabei? Sagt dir der Begriff Kameraauge etwas? Beschreibe, was du dir darunter vorstellst?

Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum die Wolken hell aussehen? Welchen Weg nimmt das Licht wenn du die Wolken siehst? Was hat dir bei diesem Beispiel geholfen das zu verstehen? Was hat es dir schwer gemacht zu verstehen warum man Gegenstände, die selber gar kein Licht erzeugen sehen kann?

Wie sehen die Wolken in der Nacht aus? Welche Begründung/Überlegung hast du für deine Erklärung? Würde sich etwas ändern, wenn man dort mit starken Scheinwerfern hinleuchtet? (Der Scheinwerfer ist so stark wie ein Laserpointer, dessen Strahl eine weit entfernte Wand erreicht.) Welche Veränderungen erwartest du? Warum? Kannst du zusammenfassen wann bzw warum wir Gegenstände, die selbst kein Licht erzeugen, sehen können!

3.Block:

Der Modellversuch zum Sehen beleuchteter Gegenstände wird gezeigt und von den Schülern mit der Lochkamera beobachtet. Die Schüler lesen dazu folgenden Text. Sie sollen dabei wieder schwer verständliche Stellen markieren bzw. Stellen anzeichnen, die ihnen komisch dabei vorkommen.

Wir werden diesen Sehvorgang mit einem Experiment veranschaulichen:

Wir brauchen einen abgedunkelten Klassenraum, einen hell gekleideten Schüler und eine starke Lampe.

Beobachte mit der Lochkamera den Mitschüler mit dem weißen Oberteil im dunklen Klassenraum. Nun wird eine starke Lampe auf ihn gerichtet. Beobachte deinen Mitschüler nun noch einmal durch die Lochkamera. Wir haben jetzt wieder die Lochkamera als Messgerät für Licht verwendet. Sie zeigt uns an, ob der Gegenstand, den wir beobachten, Licht abstrahlt oder nicht.

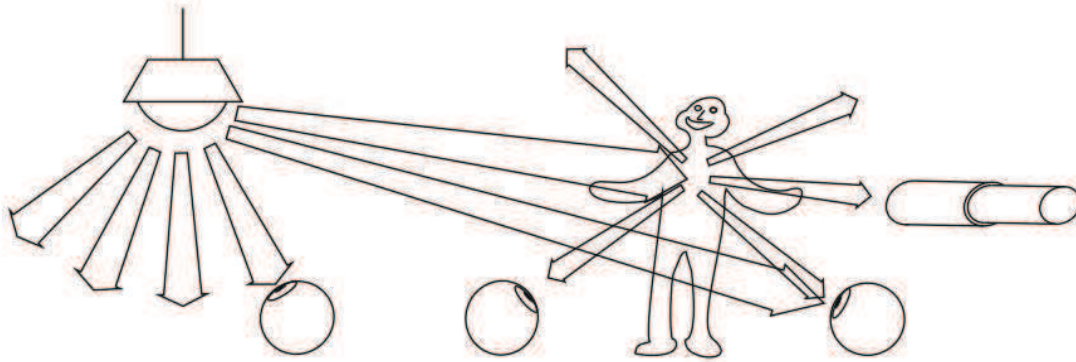


Abb.7: Licht der Deckenlampe wird von der/dem Schüler/in aufgenommen. Ein Teil dieses Lichts wird in die Augen der Beobachter weitergestrahlt.

Wir können die Beobachtungen mit Lochkamera auf unser Auge übertragen (Siehe Abb.7):

Dein Mitschüler strahlt das Licht der Lampe weiter. Gelangt ein Teil von dem Licht, das dein Mitschüler weiter strahlt in dein Auge, dann kannst du ihn sehen.

Generell gilt:

Du kannst nur Gegenstände sehen, von denen Licht in dein Auge gestrahlt wird.

Im Anschluss werden folgende Fragen gestellt:

Wie ging es Dir beim Lesen dieses Textes? Hast du Fragen zum Text, verstehst du ihn?

Ist an der Erklärung etwas komisch? Fällt es dir schwer sie zu glauben? Warum kommt dir das komisch vor? Erkläre die obige Zeichnung! (Was bedeuten die Pfeile und die Augäpfel?) Welche Erklärung gibt der Text dafür, dass wir eine eingeschaltete Lampe sehen können! Erkläre den Weg des Lichtes! Was hat dir geholfen das zu verstehen? Was hat dir das Verständnis schwer gemacht?

Welche Erklärung gibt der Text dafür, dass wir die Person neben der Lampe in Abbildung 7 sehen können? Erkläre den Weg des Lichtes! Was hat dir geholfen das zu verstehen? Was hat dir das Verständnis schwer gemacht?

Was muss getan werden, damit du mit der Lochkamera die Schülerin/den Schüler in der abgedunkelten Klasse sehen kannst? Welche Begründung/Überlegung hast du für deine Erklärung? Was passiert, wenn die Scheinwerfer nicht eingeschaltet werden, welche Veränderungen erwartest du? Warum? Ist dir klar warum die Lochkamera ähnlich wie das Sehen mit den Augen funktioniert?

4.Block:

Die Schülerinnen lesen den folgenden Text. Schwer verständliche, und „komische“ Stellen sind zu markieren.

Wir unterscheiden zwei Arten von Gegenständen, die Licht abstrahlen (=Lichtquellen):

1. *Sender: Sender erzeugen selbst Licht. Sie strahlen das erzeugte Licht in alle Richtungen ab. (z. B. Glühbirne, Sonne).*
2. *Zwischensender: Zwischensender erzeugen selbst kein Licht. Sie strahlen nur dann Licht ab, wenn sie beleuchtet werden. Sie leiten das Licht eines anderen Senders weiter. (Tisch, Fußboden, Mond, Wolken).*

Sender und Zwischensender sind Lichtquellen, weil sie Licht abstrahlen können. Für unser Auge funktioniert das Sehen eines Senders ganz gleich wie das Sehen eines Zwischensenders. Dazu muss immer Licht vom Gegenstand, der ein Sender oder ein Zwischensender sein kann, ins Auge gelangen.

Im Anschluss werden folgende Fragen gestellt:

Wie ging es Dir beim Lesen dieses Textes? Hast du Fragen zum Text? Kommt dir etwas seltsam vor? Wie findest du die Begriffe Sender und Zwischensender?. Kannst du mir den Unterschied zwischen beiden nennen?

Nenne ein paar Lichtquellen! (Wenn keine Zwischensender kommen, wird nachgefragt.z.B. Du hast nun nur Gegenstände/Objekte genannt, die Licht erzeugen. Siehst du den Tisch vor dir, ist der für dich jetzt auch eine Lichtquelle? Welche Begründung/Überlegung hast du für deine Erklärung?) Wie würdest du einem Mitschüler den Begriff Lichtquelle erklären? Gibt es Lichtquellen, die selber kein Licht erzeugen? Könnte man einen besseren Überbegriff für Sender und Zwischensender finden als den Begriff Lichtquelle?

5.Block:

Die Schüler/Schülerinnen beantworten die folgenden Aufgaben mündlich. Die Skizze zum Sehen eines Baumes wird angefertigt und von den Schülerinnen/Schülern erklärt. Schwer verständliche und „komische“ Stellen sind zu markieren. Bei „falschen“ Antworten werden die richtigen auf Akzeptanz geprüft.

1. Ein Baum steht in der Sonne, du siehst ihn. Warum kannst du ihn sehen? Fertige eine Skizze mit dir, dem Baum und der Sonne an. Zeichne Lichtwege ein!

2. Das ist eine Leuchtreklame. Franz und Rudolf streiten ob die Leuchtreklame ein Sender oder ein Zwischensender ist. Welche Argumente kannst du für beide Ansichten finden?



Erkläre, warum man die ausgeschaltete Werbetafel tagsüber sehen kann und warum nachts eine Beleuchtung notwendig ist!

Folgende Fragen werden noch zur Absicherung gestellt:

Macht es für den Vorgang wie man sieht einen Unterschied ob Gegenstände Licht erzeugen oder nicht? Welche Begründung/Überlegung hast du für deine Erklärung?

6.Block:

Die Schülerinnen lesen den folgenden Textteil durch. Der Versuch mit den beleuchteten Papieren wird von der Lehrkraft demonstriert. Schwer verständliche und „komische“ Stellen sind zu markieren.

Die Streuung

Denk an den vorigen Versuch! Mit deiner Lochkamera konntest du beobachten, wie Licht von deinem Mitschüler auf den Schirm deiner Lochkamera gelangt ist. Wir wissen also schon, dass Zwischensender das Licht von einem Sender weiterleiten.

Wir werden uns jetzt genauer ansehen, auf welche Art Zwischensender Licht weiterleiten.

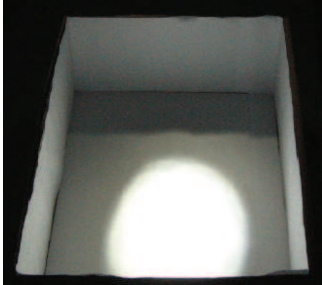


Abb. 8a: Das gestruete Licht erleuchtet die Seitenwände der Schachtel.

Wir leuchten mit einer Taschenlampe auf den weißen Boden einer Schachtel. Du kannst nun sehen, dass alle Innenseiten der Schachtel erleuchtet sind. (Abb. 8a)

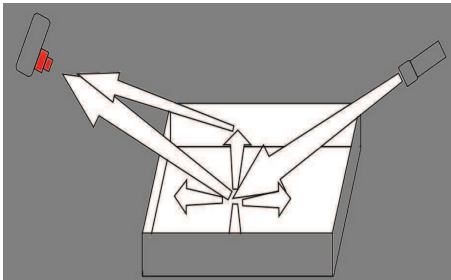


Abb. 8b: Das Licht wird weitergeleitet.

Das Blatt leitet das Licht also in alle möglichen Richtungen weiter. (Abb. 8b)

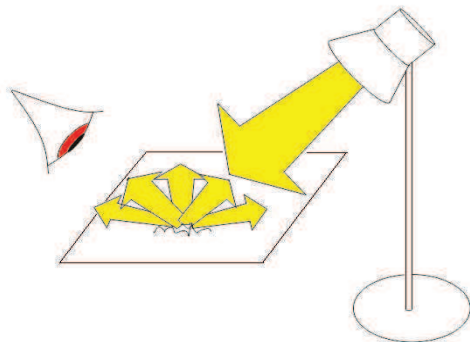


Abb. 8c: Licht wird an Unebenheiten gestreut.

Physiker/innen nennen diesen Vorgang Streuung von Licht, weil die mikroskopisch kleinen Unebenheiten der Papieroberfläche das Licht in alle möglichen Richtungen verteilen (Abb. 8c). Das Licht wird gestreut.

Im nächsten Versuch möchten wir untersuchen, ob alle Zwischensender Licht auf die gleiche Art weiterleiten. Wir leuchten mit der Taschenlampe auf ein schwarzes und ein weißes Blatt Papier.

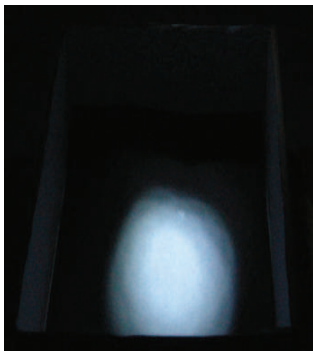


Abb. 9a: Schachtel mit schwarzem Boden.



Abb. 9b: Schachtel mit weißem Boden.

Welchen Unterschied bemerkst du bei der Beleuchtung von schwarzem und weißem Papier? Wie kann dieser Unterschied zustande kommen?

Wie du weißt, nimmt ein Zwischensender (z.B. ein Blatt Papier) Licht auf und strahlt dann Licht sofort wieder in alle Richtungen ab. Das weiße Blatt ist ein Zwischensender, der viel Licht wieder abstrahlt. Deswegen kann die Schachtelwand auch viel Licht in unsere Augen weiterleiten. Die Wand sieht hell aus. Das schwarze Blatt strahlt nur wenig vom Licht weiter. Die Die Wand der Schachtel sieht dunkler aus, weil nur wenig Streulicht in unsere Augen weitergeleitet wird.

Hast du eine Idee, was mit dem Licht passiert, das von einem Zwischensender nicht weitergeleitet wird?

In den Fotos unten siehst du verschiedenfarbige Blätter in einer Schachtel. Du siehst farbige Schimmer an den Innenwänden der Schachtel. Wie funktioniert das?



Abb.10a, 10b, 10c: Verschiedenfarbige Blätter liegen in der Schachtel. Sieh dir die Wände der Schachtel genau an!

Überlegen wir uns nun den Lichtweg für die Schachtel mit dem gelben Blatt Papier.: Das Licht von der Lampe trifft auf das gelbe Papier. Das Licht wird aufgenommen und sofort wieder abgestrahlt. Das Blatt sendet aber nur gelbes Licht weiter. Deswegen schaut das Blatt für uns gelb aus. Das gelbe Streulicht trifft zum Teil auf die inneren Wände der Schachtel. Die Schachtelwand streut das Licht noch einmal. Sie sendet also einen Teil des gelben Lichts weiter. Wenn dieses Licht von der Schachtelwand in unser Auge kommt, sehen wir die Schachtelwand gelblich.

Die Skizze rechts (Abb.11) fasst das für dich zusammen:

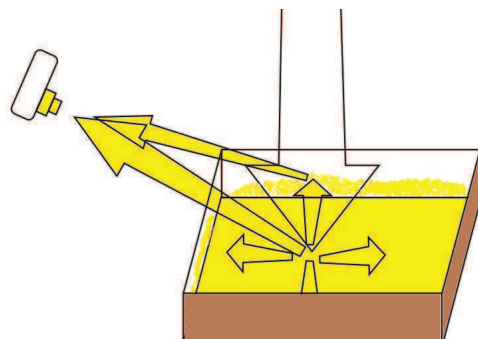


Abb.11: Die Wände sehen gelblich aus.

Es werden folgende Fragen im Anschluss gestellt:

Wie ging es dir beim Lesen dieses Textes? Hast du Fragen zu dem Text? Kommt dir etwas komisch vor dabei?

Wie würdest du einem Mitschüler den Begriff Streuung erklären?

Erkläre: Warum gibt ein Zwischensender das Licht das auf ihn trifft in verschiedene Richtungen wieder ab? Gefällt dir diese Erklärung? Ist sie logisch? Erkläre die Bedeutung der Pfeile in Abbildung 8b.

Beschreibe was auf Abb 8c zu sehen ist (wirklich Bildbeschreibung und nicht Interpretation einfordern. Wenn nötig fragen: Warum wird das Licht in alle Richtungen verteilt? Wenn nötig fragen: Ist die Darstellung der Unebenheiten erkennbar? Warum sind da überhaupt Unebenheiten?)
Zeige in Abb. 9a wo die Innenwände der Schachtel sind (damit klar ist, ob die S/S überhaupt erkennen was sie erkennen sollen)

Beschreibe den Weg des Lichtes wie das Foto gemacht wurde. Was in dem Text hat dir geholfen Streuung zu verstehen. Was hat es dir schwer gemacht die Streuung zu verstehen?

Kennst du den Begriff „Reflexion“? Was verstehst du darunter?
Kannst du Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Reflexion und Streuung erklären?

7.Block:

Die Schülerinnen lesen den folgenden Text. Schwer verständliche, und „komische“ Stellen sind anzustreichen.



Du hast sicher schon mal so etwas Ähnliches wie in Abb.12 links gesehen. Solche Lichtkegel sieht man aber nur bei bestimmten Wetterverhältnissen. Wenn es nebelig ist und kleine Wassertröpfchen in der Luft sind, können wir den Weg des Sonnenlichts gut erkennen. Dort wo die Blätter nicht im Weg sind, scheint Sonnenlicht auf die Wassertröpfchen. Die Wassertröpfchen sind nun Zwischensender und sie streuen das Sonnenlicht. D.h. sie strahlen das Licht in alle möglichen Richtungen weiter. Trifft dieses Licht in deine Augen, dann siehst du den Lichtkegel.

Abb.12: Lichtkegel im Nebel

Im Anschluss werden folgende Fragen gestellt:

Wie ging es dir beim Lesen diese Textes? Verstehst du, worum es da geht bzw. hast du Fragen zu dem Text? Kommt dir etwas komisch vor dabei? Zeichne und erkläre einen Lichtkegel!

Umrande 3 verschiedene Lichtkegel am Foto! (damit soll klar werden ob die SuS überhaupt die Lichtkegel am Foto erkennen, von denen wir reden)

Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum man auf dem Foto Lichtkegel sieht? Ist die Erklärung logisch? Gefällt sie dir?

Wie sieht das Foto aus, wenn es keine Wassertröpfchen in der Luft gibt? Was bewirken die Wassertröpfchen in der Luft?

Was hältst du von der Behauptung: Licht kann man nicht sehen? Fallen dir Gründe ein, warum diese Aussage richtig oder falsch ist?

8.Block:

Die SchülerInnen lesen den folgenden Textteil durch. Der Versuch zum Lichtkegel wird demonstriert. Die Schülerinnen beantworten die Fragen mündlich. Schwer verständliche, und „komische“ Stellen sind anzustreichen.

Wir wollen nun herausfinden, wann man Licht sehen kann. In einem abgedunkelten Raum leuchtet deine Lehrerin an eine weiße Wand. Was kannst du zwischen Lampe und Wand beobachten? Wo ist Licht sichtbar?

Als nächstes zündet deine Lehrin Räucherstäbchen an. Du kannst nun einen Lichtkegel zwischen der Lampe und der Wand erkennen.

Begründe warum du nun den Lichtweg sehen kannst! (Skizziere den Versuch)

Beispiel:

* Bei einer Fahrt nachts im Nebel kannst du die Lichtkegel sehen, die von den Scheinwerfern weggehen.

Erkläre:

Warum kannst du diese Lichtkegel sehen? Warum schicken Scheinwerfer Licht in Form von Kegeln aus?

Im Anschluss werden folgende Fragen gestellt:

Gibt es etwas das man an dem Text ändern könnte?

Hast du Fragen zu den Lichtkegeln? Kommt dir bei der Erklärung etwas komisch vor dabei? Wann würdest du sagen, dass ein Lichtkegel sichtbar ist? Welche Bedingungen müssen gegeben sein?

Was hat dir am besten geholfen zu verstehen, wie ein Lichtkegel sichtbar wird? Was hat dich eher verwirrt?

Extrablock:

*In einem Museum wird ein Mosaik, wie unten abgebildet, beleuchtet.
Beschrifte! Welche Gegenstände sind das?*



Welche „Aufgaben“ haben diese 3 Gegenstände?

1.
2.
3.

Warum kann der Scheinwerfer vom Mosaik weg leuchten und dabei trotzdem das Mosaik beleuchten?

.....

.....

Was ändert sich, wenn der Schirm auf den der Scheinwerfer leuchtet, nicht weiß sondern ganz schwarz ist?

.....

.....

Wie ändert sich die Helligkeit des Mosaiks, wenn man den Schirm wegnimmt?

.....

.....

Kommt dir bei dieser Anordnung etwas komisch vor?

.....

.....

Hast du Fragen zu dem Bild?

.....

Anhang C: Hauptbefragung – Überblick Schülervorstellungen zum Sehvorgang

Frage	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Erkläre was in dieser Animation dargestellt wird?	CS	CS	CS	CS	CS	CS
Block1						
Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum man einen Gegenstand, der Licht erzeugt, sieht?	SEV	SEV	SEV	SEV	SEV	-
Block2						
Wofür stehen die Pfeile? Welchen Weg nimmt das Licht?	SEV	SEV	SEV	ST	SEV	SEV
Wie würdests ihr einem Mitschüler erklären, warum die Wolken hell aussehen?	-	CS	CS	CS	ST	CS
Welchen Weg nimmt das Licht, wenn du die Wolken siehst?	ST	SEV	-	ST	ST	ST
Wie sehen die Wolken in der Nacht aus?	r	r	r	r	r	r
Warum sieht man sie nicht?	SEV	SEV	CS	-	CS	CS
Würde sich etwas ändern, wenn ich mit einem starken Scheinwerfer hinleuchte? Wenn ja, warum?	ST	SEV	CS	ST	CS	CS
Könntets ihr mal zusammenfassen, wann und warum können wir Gegenstände sehen, die selbst kein Licht erzeugen.?	SEV	SEV	CS/SEV	CS/SEV	SEV	-
Block 3						
Ist die Erklärung komisch? Fällt es euch schwer, sie zu glauben?	akz	akz	-	-	akz	akz
Welche Erklärung gibt der Text dafür, dass wir eine eingeschaltete Lampe sehen können?	SEV	SEV	ST	SEV	SEV	SEV
Erklärt den Weg des Lichtes!	-	SEV	SEV	SEV	SEV	-
Was muss getan werden, damit du mit der Lochkamera einen Schüler eine Schülerin in einer abgedunkelten Klasse sehen kannst?	r/ST	-/ST	r/SEV	r/SEV	r/SEV	r/SEV
Ist euch klar, warum die Lochkamera ähnlich wie das Sehen mit den Augen funktioniert.	-	Ja/Blende = Pupille	Ja/CS	Ja/Loch	Ja/-	Ja/Pupille = Blende
Block 5						
Zeichnung Baum in Sonne, Endverhalten	SEV	SEV	SEV	ST	SEV	CS
Gut dann das drunter, erkläre warum man die ausgeschaltete Werbetafel tagsüber sehen kann und nachts eine Beleuchtung notwendig ist?	ST	ST	CS	SEV	ST	CS
Block 6						
Beschreibts einmal den Weg des Lichtes, wie das Foto gemacht wurde (9b).	SEV	-	SEV	SEV	ST	-

Anhang D: Unterrichtsmaterialien im Erprobungsunterricht

Eine Kerze, ein Glastisch und zwei verschiedene Fotos!



Abb.: Fotografie mit Blitz



Abb.: Fotografie ohne Blitz

Das Foto eines Gegenstandes hängt sehr davon ab, ob er bei Tageslicht, bei Kerzenlicht mit und ohne Blitz fotografiert wird. (Siehe obige Abbildungen) Im linken Bild wurde die Kerze mit Blitzlicht fotografiert, im rechten wurde sie nur durch die Kerzenflamme und eine Deckenlampe beleuchtet. Einmal sieht die Kerze ganz weiß aus, bei der zweiten Fotografie wirkt sie gelblich. Die Farbe eines Gegenstandes ist abhängig vom Licht, mit dem er bestrahlt wird.

Innerhalb der Physik befasst sich der Bereich der Optik mit dem Sehvorgang und der Ausbreitung von Licht. Damit wir einen Gegenstand sehen können, muss erst Licht von diesem Gegenstand in unser Auge fallen. Das Licht ist sozusagen der Informationsträger für unseren Sehsinn. Der Gegenstand kann dabei selber leuchten oder als Zwischensender empfangenes Licht weitergeben.

Es gibt aber noch anderes in den Bildern zu bemerken: Am linken Foto kannst Du Staubteilchen auf dem Glastisch erkennen. Erst durch den Blitz wurden sie stark genug beleuchtet um im Vergleich zum Hintergrund sichtbar zu werden. (Ähnlich funktioniert das auch bei Gesichtsfotos mit Pickeln und Falten ☺) Mit den Gesetzen der Optik kannst Du auch erklären, warum Du einerseits durch die Glasplatte durchsehen kannst, sich aber auch gleichzeitig die Kerze in der Glasplatte spiegelt. Das Licht folgt gewissen Regeln, wenn es sich ausbreitet.

Findest Du noch andere Besonderheiten auf diesen beiden Fotografien?

Wir bauen eine Lochkamera!

Bevor wir uns weiter mit dem Thema Optik beschäftigen, werden wir ein Kameramodell basteln. Wir beginnen mit der einfachsten Form einer Kamera, der Lochkamera. Hebe sie gut auf! Wir werden sie noch verbessern und sie oft im Unterricht brauchen.

Du benötigst:



- *Chipdose
- *Schwarzer Fotokarton (ev. Schwarzes Tonpapier)
- *Klebeband
- *Gummiringerl
- *Transparentpapier
- *dünner Nagel
- *Hammer
- *Schere
- *Klebstoff
- *Dosenöffner

Abb.: Diese Dinge benötigst du!

So gehst du vor:

1. Forme aus dem Fotokarton eine Rolle (Abb. 1). Der Durchmesser der Rolle muss ein wenig kleiner sein als der Durchmesser der Chipdose. Verklebe die Kartonrolle seitlich gut mit Klebeband (Abb. 2).



Abb. 1



Abb.2

2. Eine Öffnung der Fotokartonrolle wird nun mit Transparentpapier verschlossen. Du kannst die Kartonrolle als Schablone für den Kreis aus Transparentpapier verwenden. Vergiß nicht die Laschen fürs Festkleben! (Abb. 3)



Abb.3

3. Befestige die Laschen des Transparentpapiers mit Klebstoff an der Kartonrolle (Abb. 4). Je glatter das Transparentpapier gespannt wird, umso besser sind später die Abbildungen zu erkennen.



Abb.4

ACHTUNG: Anithaftbeschichtetes Backpapier lässt sich aufgrund seiner extrem glatten Oberfläche relativ schwer befestigen. Butterbrotpapier ist hier geeigneter.

TIPP: Du kannst einen Gummiring (Abb. 5) zur Fixierung verwenden, bis der Klebstoff trocken ist und hält.

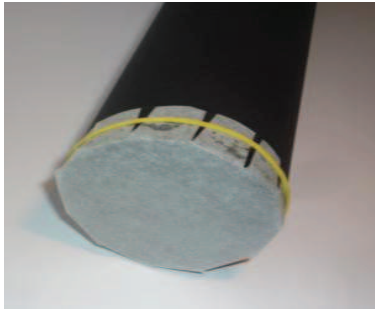


Abb. 5

4. Mach nun mit einem spitzen Gegenstand (z.B. einem Nagel oder einer Pinnwandnadel) ein Loch in den Metallboden der Dose (Abb. 6).



Abb. 6

Fertig!

ALTERNATIV: Für eine Lochkamera mit Wechselobjektiv musst du den 4. Schritt so abändern:

4.a. Entferne mit einem Dosenöffner den Metallboden der Chipsdose (Abb. 7).

4.b. Schneide ein Loch in den Plastikdeckel. Verklebe den Plastikdeckel der Chipsdose auf der Innenseite mit einer schwarzen Fotokartonscheibe. Am besten eignen sich hierfür wiederablösbare Doppelklebstreifen (Abb. 8). So kannst du leicht Fotokartonscheiben mit anderen Lochformen oder Linsen als Blende einwechseln (Abb. 9).

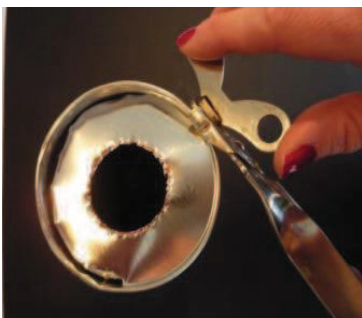


Abb. 7



Abb. 8

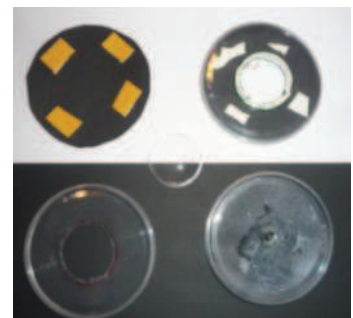


Abb. 9

Unser Auge – Ein Lichtempfänger

Der Sehsinn ist der wichtigste Sinn für uns Menschen. Mehr als 80% der Information über unsere Umwelt nehmen wir durch die Augen auf.

Wichtig ist:

Damit wir einen Gegenstand sehen können, muss Licht von diesem Gegenstand in unser Auge einfallen. Das Auge ist ein Lichtempfänger.



Abb.1: Ein Kopffüßer

Das Auge eines Kopffüßers hat die einfachste Augenform. Du siehst einen Kopffüßer am linken Bild. (Abb.1). Das Auge des Kopffüßers besteht hauptsächlich aus Pupille und Netzhaut. Dieses Auge hast du selber nachgebaut. Die Lochkamera entspricht dieser Augenform!

Die Natur kennt jedoch unterschiedliche Augenformen, die aber eine Gemeinsamkeit haben:

Gegenstände werden gesehen, wenn von ihnen ein Abbild auf der Netzhaut entsteht.

In der unteren Abbildung (Abb.2) sind das Auge eines Kopffüßers und das menschliche Auge dargestellt. Beide Augen haben einen Lichteinlass (Pupille) und eine Fläche wo das Bild entsteht (Netzhaut).

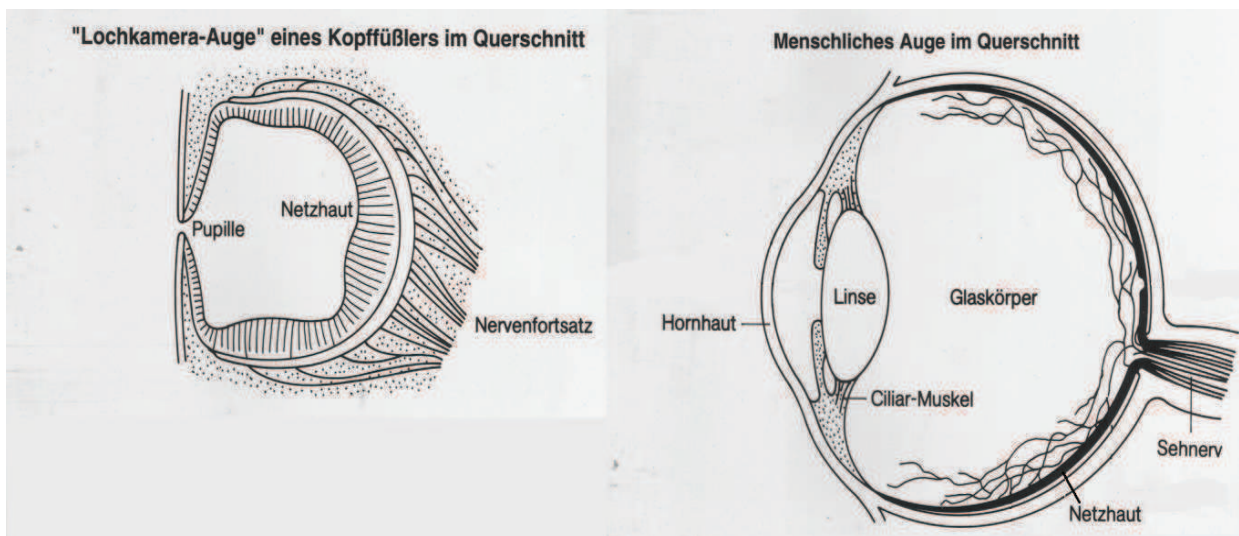


Abb.2: Links: schematische Darstellung des Auges eines Kopffüßers. Rechts: schematische Darstellung eines menschlichen Auges.

Wie heißt der Lichteinlass bei einem Auge?

Wie heißt die Fläche, wo das Bild im Auge entsteht?

Das Bild, das auf der Netzhaut entsteht, wird von Sehzellen erfasst. Die Bildinformation wird dann durch den Sehnerv in das Gehirn weitergeleitet. Dort wird diese Information verarbeitet und es entsteht der Seheindruck. Die Augenlinse erzeugt ein umgekehrtes Bild auf der Netzhaut. Dieses Netzhautbild, das am Kopf steht, wird erst vom Gehirn umgedreht.

Das Sehen selbstleuchtender Gegenstände

Wann kannst du Gegenstände sehen, die selbst Licht erzeugen?

Ein leuchtender Gegenstand strahlt Licht in alle Richtungen ab. Fällt ein Teil dieses Lichtes in dein Auge, dann entsteht ein Abbild des Gegenstandes auf der Netzhaut (Abb.1)

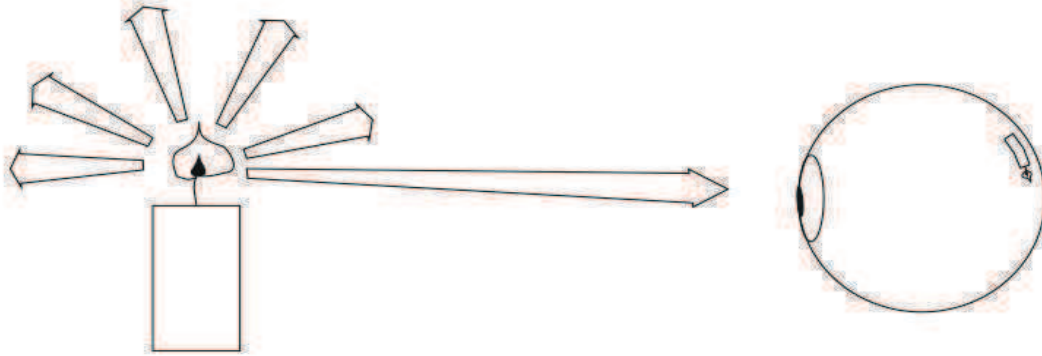


Abb.1: Ein Kerzenflamme strahlt Licht in alle Richtungen ab. Ein Teil des Lichtes fällt in das Auge.

Warum kannst du eine Kerzenflamme nicht sehen, wenn du dich von ihr wegdrehest?

Warum wird das abgestrahlte Licht mit Pfeilen dargestellt, die vorne breiter werden?

Die Lochkamera – Ein Augenmodell und Lichtempfänger

Im nächsten Schritt wirst du mit der Lochkamera den Sehvorgang nachstellen.

Die Lochkamera ist ein Augenmodell. Sie funktioniert so wie das Auge eines Kopffüßers. Licht tritt durch die Blendenöffnung der Lochkamera ein. Am Schirm entsteht dann ein Bild des Gegenstandes. Unterhalb siehst du eine zerlegte Lochkamera (Abb.2):

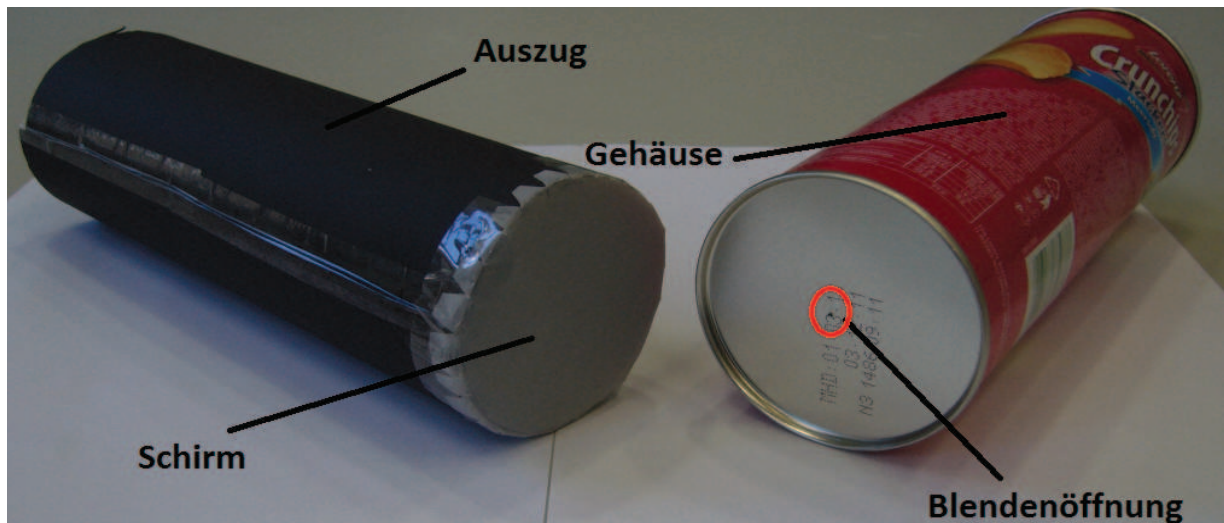


Abb.2: Die Teile einer Lochkamera

Vervollständige!

Die Blendenöffnung der Lochkamera hat die gleiche Aufgabe wie der/die.....
des Kopffüßerauges.

Der Schirm der Lochkamera hat eine ähnliche Aufgabe wie die/der.....
des Kopffüßerauges.

Beobachtungen mit der Lochkamera

Die Lochkamera ist ein Lichtmessgerät. Du kannst damit überprüfen, ob Licht in Richtung der Lochkamera abgestrahlt wird. Fällt Licht auf den Schirm der Lochkamera, so kannst du etwas am Schirm erkennen. Willst du einen Gegenstand mit der Lochkamera beobachten, dann musst du die Kamera so halten, dass Licht von dem Gegenstand durch die Blendenöffnung kommen kann (Siehe Abb. 1).

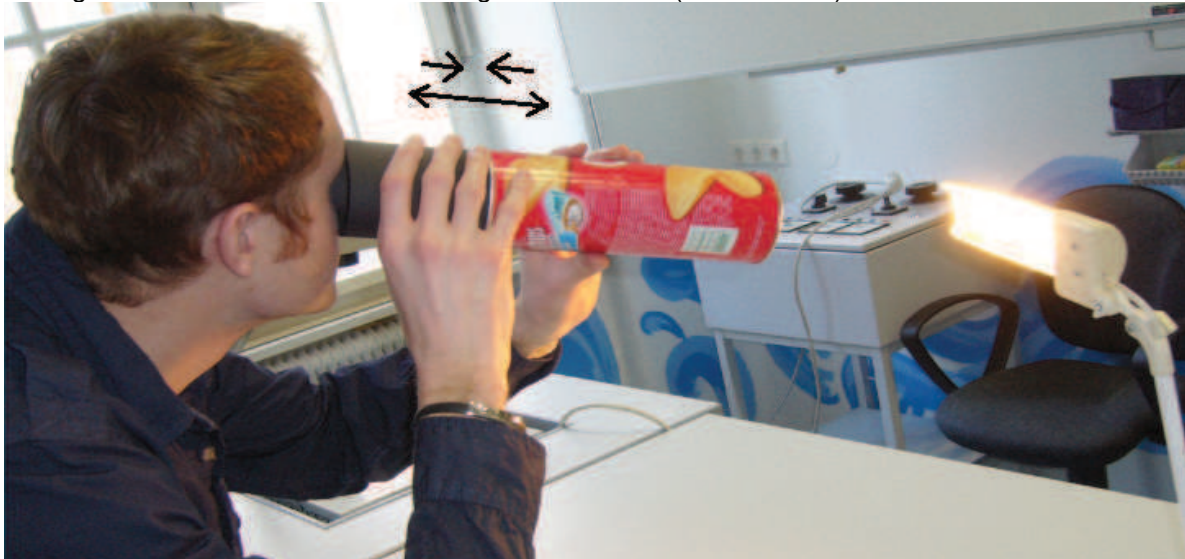


Abb.1: So beobachtet man einen Gegenstand mit der Lochkamera. Den Auszug kannst du hinein- und hinausschieben. (Pfeile!)

Beobachte mit der Lochkamera:

1. a) Schau dir mehrere von selbst leuchtende Gegenstände mit den Augen an.
b) Schaue dir die gleichen Gegenstände danach durch die Lochkamera an (Siehe Abb. 2.). Gehe dabei mit der Lochkamera nahe an diese Gegenstände ran, um ein deutliches Bild zu sehen.

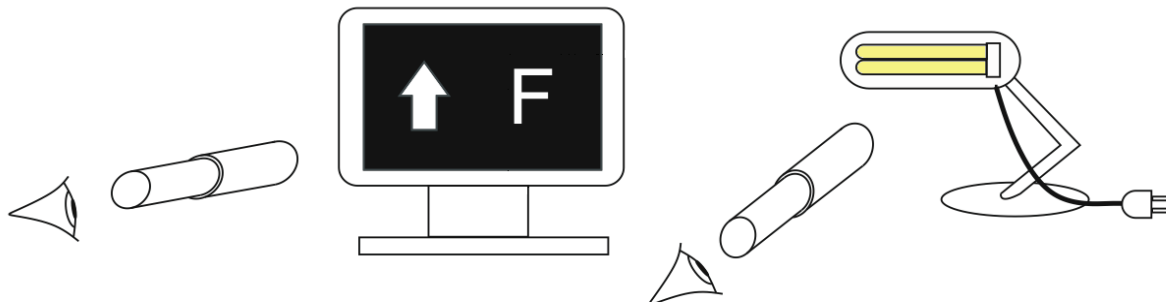


Abb.2: Blicke in die Lochkamera und betrachte leuchtende Gegenstände!

2. Was fällt dir an dem Bild in der Lochkamera auf? Vergleiche, was du mit und ohne Lochkamera (also mit bloßem Auge) siehst?

3. Kannst du einen Gegenstand in der Lochkamera sehen, wenn du dich mit der Lochkamera von diesem Gegenstand weg drehst? (Abb.3) Schreib erst deine Vermutung auf und führe dann den Versuch durch. Schreib dann auf, was du beobachtet hast!

Meine Vermutung vor dem Versuch:

Die Begründung meiner Vermutung:

Meine Beobachtung beim Versuch:

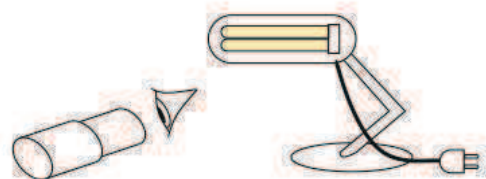


Abb.3: Kann man die Lampe so in der Lochkamera sehen?

Das Sehen beleuchteter Gegenstände:



Abb.1: Fotografie einer Berglandschaft bei Sonnenuntergang

Dieses Foto (Abb.1) wurde aufgenommen, nachdem die Sonne hinter den Bergen untergegangen war. Die Wolken strahlen hell, obwohl sie selbst kein Licht erzeugen, wie es Kerzenflammen oder Lagerfeuer tun. Die Wolken leuchten deshalb, weil die Sonne sie von unten anstrahlt (Siehe Abb. 2 unterhalb.). Die Wolken schicken das Licht von der Sonne weiter in das Kameraauge, dadurch erscheinen sie ganz hell.

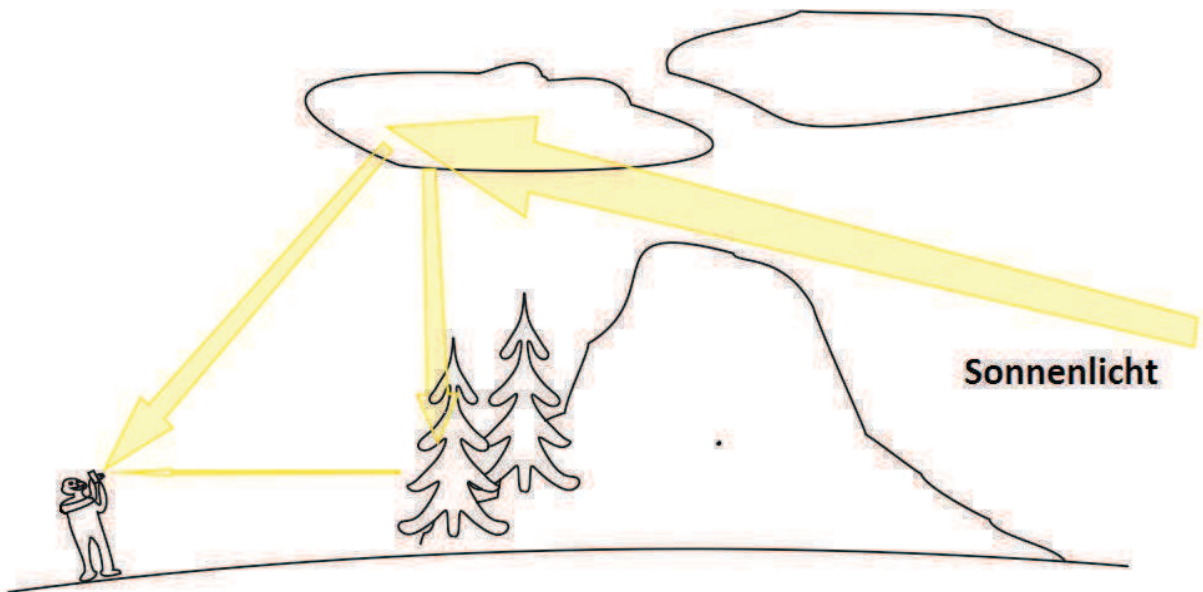


Abb.2: Die Wolken strahlen das Licht der Sonne weiter.

Rechts unten im Foto siehst du noch ein paar Bäume. Sie sind schwer zu erkennen (siehe Abb.1). Der Berg verdeckt dort die Sonne. Wenig Sonnenlicht kommt deshalb zu den Bäumen (siehe Abb.2). Die Bäume schicken daher sehr wenig Licht in das Kameraauge weiter. Wenn ein Gegenstand wenig Licht abstrahlt, dann bekommen wir wenig Bildinformation von diesem Gegenstand. In unserem Fall kommt kaum Licht von den Bäumen ins Kameraauge. Deswegen erscheint am Foto fast alles gleich schwarz. Wir tun uns schwer, die Bäume von der Umgebung zu unterscheiden.

Wir werden das Sehen beleuchteter Gegenstände mit einem Experiment nachstellen:

Für das Experiment benötigen wir einen abgedunkelten Klassenraum, einen Schüler mit weißem Oberteil und eine starke Lampe (Projektor).

- * Der Raum ist abgedunkelt. Beobachte mit der Lochkamera den Mitschüler mit dem weißen Oberteil.
- * Nun wird eine starke Lampe auf diesen Schüler gerichtet. Beobachte diesen Mitschüler jetzt noch einmal durch die Lochkamera.

Die Lochkamera zeigt uns an, ob der Gegenstand Licht zu uns abstrahlt oder nicht. Die Lochkamera dient wieder als Messgerät für Lichteinfall.

Was ist dir aufgefallen?

A:

Du kannst die Beobachtung mit Lochkamera auf dein Auge übertragen (siehe Abb.1):

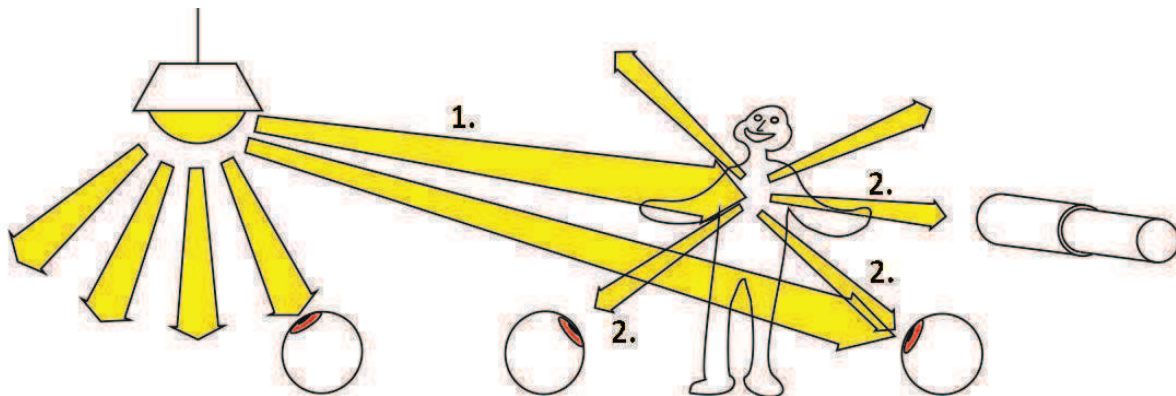


Abb.1: Licht der Deckenlampe wird von dem Schüler aufgenommen. Ein Teil dieses Lichts wird in die Augen der Beobachter weitergestrahlt. P.s. Das Licht wird nicht nur von der Körpermitte weitergestrahlt.

Der Mitschüler strahlt das Licht der Lampe weiter. Gelangt ein Teil von dem Licht, das der Mitschüler weiter strahlt in mein Auge, dann kann ich ihn sehen.

Generell gilt:

Ich kann nur Gegenstände sehen, die Licht in mein Auge strahlen.

Lichtsender

Lichtsender sind Gegenstände, die Licht abstrahlen. Wir unterscheiden zwei Arten von Lichtsendern:

1. *Selbstsender: Selbstsender erzeugen selbst Licht. Sie strahlen das erzeugte Licht in alle Richtungen ab. (z. B. Glühbirne, Sonne). Selbstsender werden durch Erhitzen, Strom etc. zum Strahlen angeregt.*
2. *Zwischensender: Zwischensender erzeugen selbst kein Licht. Sie strahlen nur dann Licht ab, wenn sie beleuchtet werden. Sie leiten das Licht eines anderen Lichtsenders weiter. (Tisch, Fußboden, Mond, Wolken).*

Selbstsender und Zwischensender sind Lichtsender, weil sie Licht abstrahlen können. Für unser Auge funktioniert das Sehen eines Selbstsenders ganz gleich wie das Sehen eines Zwischensenders. Dazu muss immer Licht vom Lichtsender ins Auge gelangen.

Aufgaben:

1. Ein Baum steht im Sonnenlicht, du siehst ihn.

a) Warum kannst du ihn sehen?

b) Fertige eine Skizze mit **dir**, dem **Baum** und der **Sonne** an. Zeichne Lichtwege ein!

2. Das ist eine Leuchtreklame. Franz und Rudolf streiten ob die Leuchtreklame ein Selbstsender oder ein Zwischensender ist. Welche Argumente kannst du für beide Ansichten finden?



(Erkläre, warum man die ausgeschaltete Leuchtreklame tagsüber sehen kann und warum nachts eine Beleuchtung notwendig ist!)

3. Gehe abends ins Freie und versuche ohne Blitz deine Umgebung zu fotografieren. Benutze einmal eine Handykamera und zum Vergleich eine größere Kompaktkamera. Am Tag machen beide Kameratypen ähnlich gute Bilder. Bei wenig Licht ist der Unterschied in der Bildqualität jedoch sehr groß. Die Kompaktkamera kann mit dem größeren Objektiv mehr Licht aufnehmen als die Handykamera. Das Bild ist deutlicher.

Die Streuung

Du wirst jetzt genauer erfahren, auf welche Art Zwischensender Licht weiterleiten.

Denke an den Versuch mit dem beleuchteten Mitschüler! Mit deiner Lochkamera konntest du beobachten, wie Licht von deinem Mitschüler auf den Schirm deiner Lochkamera gelangt ist. Du weißt also schon: Zwischensender leiten das Licht von einem Selbstsender weiter.

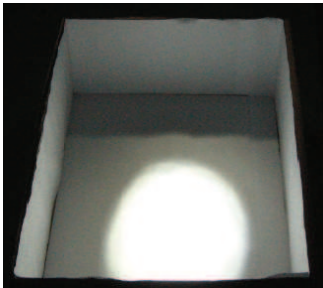


Abb. 1a: Das gestreute Licht erleuchtet die Seitenwände der Schachtel.

Wir leuchten mit einer Taschenlampe auf den weißen Boden einer Schachtel. Du kannst nun sehen, dass alle Seiten der Schachtel erleuchtet sind. (Abb. 1a)

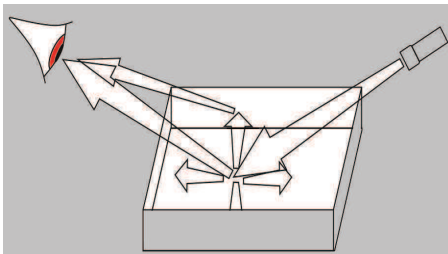


Abb. 1b: Das Licht vom Schachtelboden wird in alle Richtungen weitergeleitet (=gestreut)

Das Blatt leitet das Licht in alle möglichen Richtungen weiter. (Erst zu den Seitenwänden, dann ins Auge - Abb. 1b)

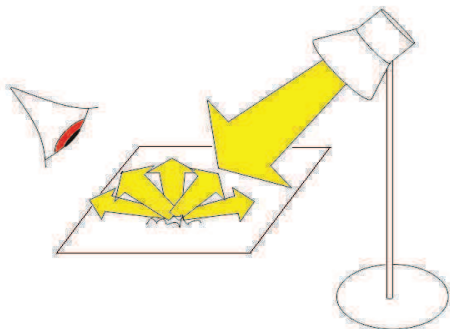


Abb. 1c: Licht wird an Unebenheiten gestreut.

Physiker/innen nennen diesen Vorgang *Streuung von Licht*, weil die mikroskopisch kleinen Unebenheiten der Papieroberfläche das Licht in alle möglichen Richtungen verteilen (Abb. 1c). Das Licht wird gestreut. Übrigens: Kann du erklären woher der helle Fleck in Abbildung 1a stammt?

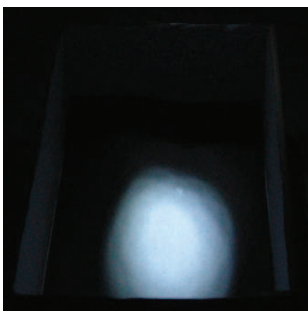


Abb. 2a: Schachtel mit schwarzem Boden.

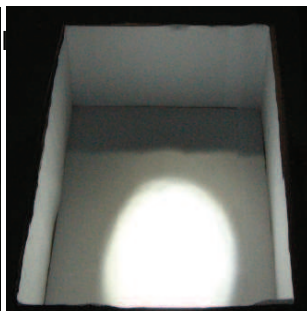


Abb. 2b: Schachtel mit weißem Boden.

Im nächsten Versuch möchten wir untersuchen, ob alle Zwischensender Licht auf die gleiche Art weiterleiten, also streuen (siehe Abb. 2a, 2b).

a) Welchen Unterschied bemerkst du bei der Beleuchtung von schwarzem und weißem Papier?

b) Wie kann dieser Unterschied zustande kommen?

Wie du weißt, nimmt ein Zwischensender (z.B. ein Blatt Papier) Licht auf und strahlt dann Licht sofort wieder in alle Richtungen ab. Das weiße Blatt ist ein Zwischensender, der viel von dem aufgenommenen Licht wieder abstrahlt. Deswegen kann die Schachtelwand auch viel Licht in unsere Augen weiterleiten. Die Wand sieht also hell aus. Das schwarze Blatt strahlt nur wenig Licht weiter. Die Wand der Schachtel sieht dunkler aus, weil nur wenig Streulicht in unsere Augen weitergeleitet wird.

Hast du eine Idee, was mit dem Licht passiert, das von einem Zwischensender nicht weitergeleitet wird?

In den Fotos unten siehst du verschiedenfarbige Blätter in einer Schachtel. Du siehst farbige Schimmer an den Innenwänden der Schachtel. Wie funktioniert das?



Abb.1a, 1b, 1c: Verschiedenfarbige Blätter liegen in der Schachtel. Sieh dir die Wände der Schachtel genau an!

Wir überlegen uns den Lichtweg für die Schachtel mit dem **gelben Blatt Papier**: Das Licht von der Lampe trifft auf das gelbe Papier. Das Licht wird aufgenommen und sofort wieder abgestrahlt. Das gelbe Blatt sendet aber nur gelbes Licht weiter. **Deswegen schaut auch das Blatt für uns gelb aus.** Das gelbe Streulicht trifft zum Teil auf die inneren Wände der Schachtel. Die Schachtelwand streut das gelbe Licht dann noch einmal. Sie sendet also einen Teil des gelben Lichts weiter. Wenn dieses gelbe Licht von der Schachtelwand in dein Auge kommt, siehst du die Schachtelwand gelblich.

Die Skizze rechts (Abb.2) fasst das für dich zusammen:

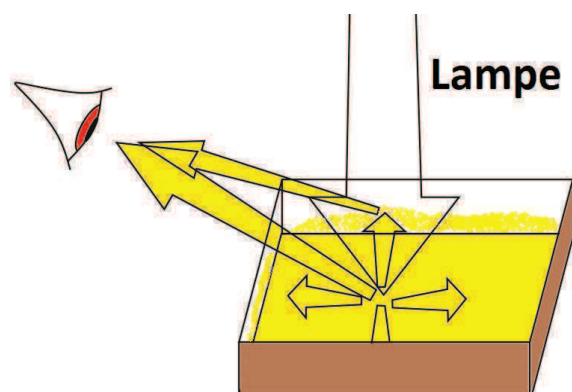


Abb.2: Die Wände sehen gelblich aus, weil das gelbe Papier gelbes Streulicht weitersendet.

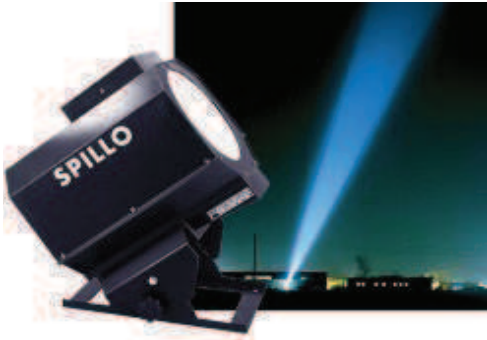


Abb.1: Ein Skybeamer mit Lichtkegel im Nebel

Richtungen gestreut. Trifft dieses Licht, das die Wassertröpfchen weiterleiteten in deine Augen, dann siehst du den Lichtkegel.

Du hast vielleicht schon mal so etwas Ähnliches wie in Abb.1 links gesehen. Ein Skybeamer strahlt in den Nachthimmel um eine Discothek oder ein Fest anzuzeigen. Solche Lichtkegel kannst du bei bestimmten Wetterverhältnissen besonders gut sehen. Wenn es Nacht ist und sich kleine Wassertröpfchen in der kalten Luft bilden, können wir den Weg des Lichts gut erkennen. Die Wassertröpfchen sind Zwischensender und sie streuen das Licht des Scheinwerfers. D.h. Ein Teil des Lichts vom Skybeamer geht durch die Wassertröpfchen durch und breitet sich im Lichtkegel weiter aus. Das restliche Licht vom Skybeamer wird von den Wassertröpfchen in alle möglichen

1) Sieh dir den Lichtkegel am Foto genau an:

- a) Wie ändert sich die Helligkeit wenn man im Lichtkegel hinauf geht?
- b) Wie kannst du das begründen?

a)

b)

2) Wie weit kann so ein Lichtkegel strahlen?

Wir wollen nun in einem Experiment überprüfen, wann man Licht sehen kann. In einem abgedunkelten Raum leuchtet deine Lehrerin mit einer Taschenlampe an eine weiße Wand. Was kannst du zwischen Lampe und Wand beobachten? Wo ist Licht sichtbar?

Als nächstes zündet deine Lehrerin Räucherstäbchen an. Du kannst nun einen Lichtkegel zwischen der Lampe und der Wand erkennen.

Begründe warum du nun den Lichtweg sehen kannst! (Skizziere den Versuch)

Beispiel:

* Bei einer Fahrt nachts im Nebel kannst du die Lichtkegel sehen, die von den Scheinwerfern weggehen.

Erkläre:

Warum kannst du diese Lichtkegel sehen?

Die Mondphasen

Der Mond, den du am Himmel siehst, ist kein Selbstsender. Er leuchtet nur deshalb so hell, weil er das Licht der Sonne streut.

Die Erde bewegt sich um die Sonne. Der Erdmond bewegt sich um die Erde. In Abbildung 1 siehst du dargestellt, wie sich Erde und Mond gemeinsam um die Sonne bewegen. Die Bahn des Mondes ist um 5° gegenüber der Bahn der Erde geneigt (siehe Abbildung 2).

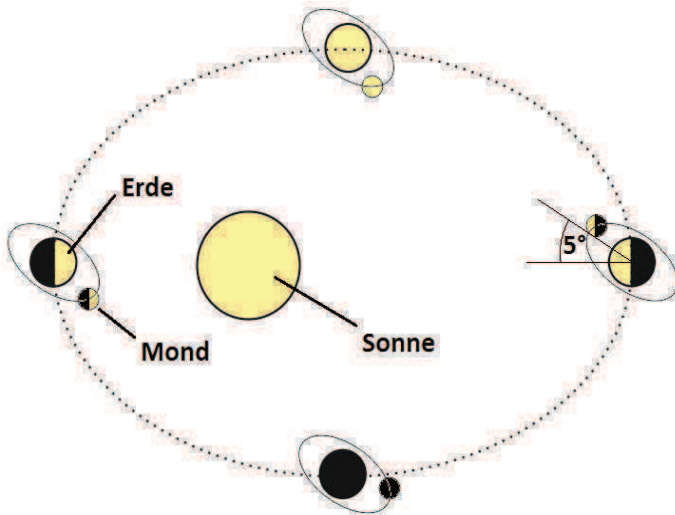


Abb. 1: Der Mond kreist um die Erde. Der Mond folgt der Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne. Die Abbildung ist NICHT maßstabsgetreu!

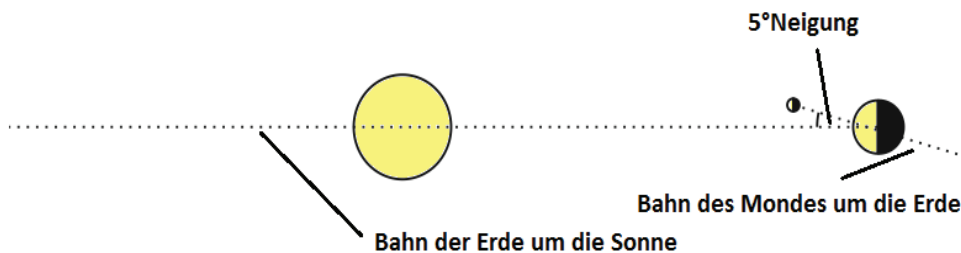


Abb. 2: Die Bahn des Mondes ist um 5° gegenüber der Bahn der Erde geneigt.

Die Sonne bestrahlt immer eine Hälfte der Mondkugel. Je nachdem in welcher Position sich der Mond genau befindet, siehst du mehr oder weniger von der beleuchteten Hälfte des Mondes (siehe Abbildung 3). Wir sprechen dabei von Mondphasen (siehe Abbildung 4).

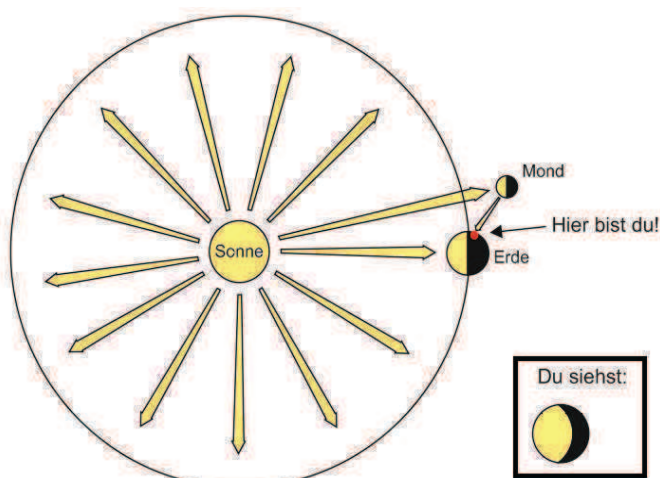


Abb.3: So entsteht eine Mondphase.



Abb.4: Innerhalb von einem Monat kannst du diese unterschiedlichen Formen der beleuchteten Mondhalbkugel von der Erde aus sehen.

Bei Vollmond ist die ganze beleuchtete Mondhälfte zu sehen (siehe Abbildung 1).

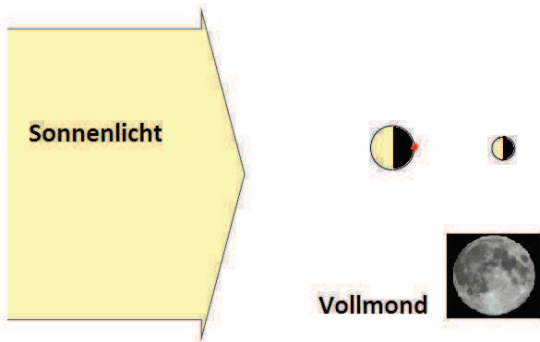


Abb. 1: So entsteht der Vollmond.

Bei Neumond ist die beleuchtete Hälfte von der Erde abgewandt (siehe Abbildung 2).

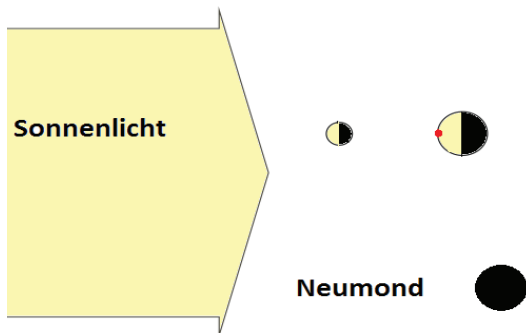


Abb. 2: So entsteht der Neumond.

In Abbildung 3 siehst du, wie der Halbmond entsteht.

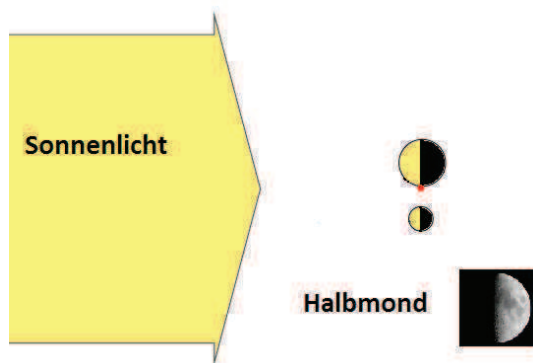


Abb. 3: So entsteht der Halbmond.

Ein Zyklus von Vollmond zu Vollmond dauert ungefähr einen Monat.

Aufgabe:

Der folgende Versuch hilft dir, die Entstehung von Mondphasen zu verstehen. Du benötigst eine **Schreibtischlampe**, ein **abgedunkeltes Zimmer** und einen **großen, hellen Ball** (siehe Abbildung 1).

- Halte den Ball mit ausgestrecktem Arm schräg von dir weg nach oben (so wie in der Abbildung 1).
- Stelle dich im abgedunkelten Zimmer in die Nähe der Schreibtischlampe. Die Lampe soll auf den Ball gerichtet sein.
- Drehe dich langsam mit dem weggestreckten Ball um dich selbst. Der Ball soll sich um dich genau so bewegen, wie sich der Mond um die Erde bewegt. Du bist die Erde, der Ball ist der Mond und die Lampe soll die Sonne darstellen. Beobachte, wie sich der Schatten auf dem Ball verändert. Was siehst du auf dem Ball?



Abb. 1: Eine Schülerin/Ein Schüler beobachtet den Schatten auf einem beleuchteten Ball.

Male die Schattenformen zu den Stellen, an denen du die jeweilige Schattenform am Ball beobachtet hast (siehe Abbildung 2)!

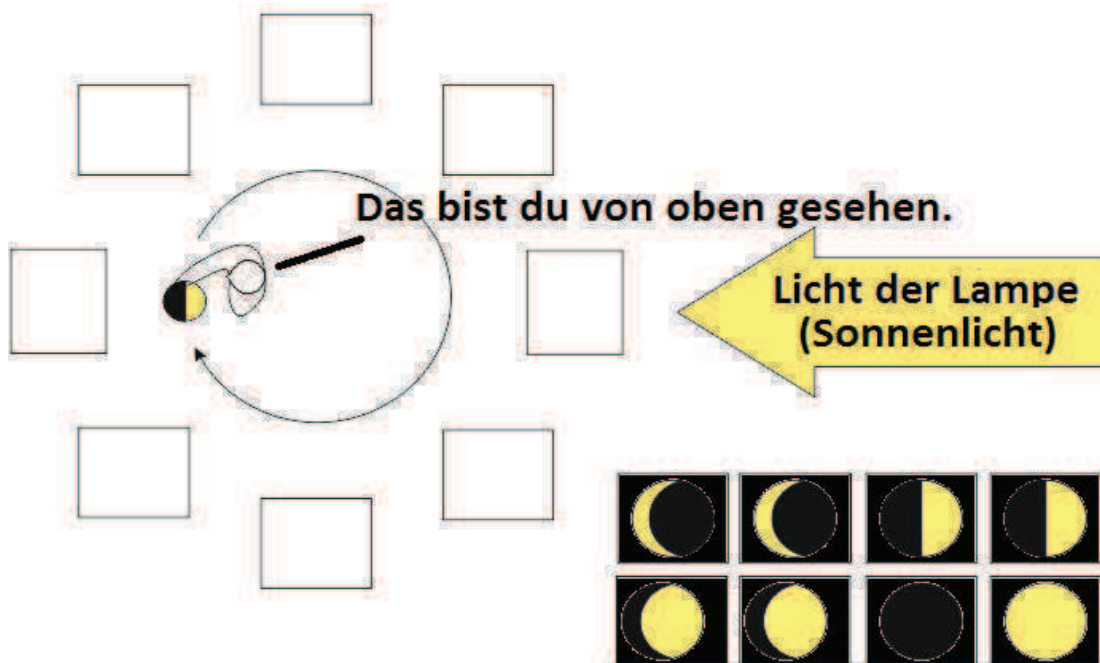


Abb. 2: An welcher Stelle kann man welche „Mondphase“ beobachten? Ordne alle 8 Mondphasen richtig zu!

Im Museum:

Unten siehst du, wie ein Mosaik im Museum beleuchtet wird (siehe Abbildung 1).



Abb.1: Beleuchtung im Museum

- a) Auf welche Gegenstände zeigen die Linien? Beschrifte die Linien in Abbildung 1!

- b) Warum kann der Scheinwerfer vom Mosaik weg leuchten und dabei trotzdem das Mosaik beleuchten?

- c) Was ändert sich, wenn der Schirm schwarz ist?

Die Ausbreitung des Lichts

Wie breitet sich das Licht eigentlich aus? Wo kommt es her? Wo geht es hin? Wie weit kann es kommen?

Licht strömt

Wir überlegen uns die Ausbreitung von Licht am Beispiel einer Glühbirne. Bei einer leuchtenden Glühbirne strömt Licht gleichmäßig von der Glühbirne weg. Das bedeutet, dass die Glühbirne jeden Moment gleich viel Licht abstrahlt. Fließt keine elektrische Energie durch die Glühbirne, dann hört sie auf zu leuchten. Ohne Elektronenstrom gibt es keinen Lichtstrom.

Deine Lehrkraft wird dir nun das Applet aus Abbildung 1 zeigen. Beantworte die folgenden Fragen zum Applet!

- Was muss in dem Applet getan werden, damit die rote Lampe Licht erzeugt?
- Wann kann die Person in dem Applet das rote Licht erst sehen?
- Was passiert, wenn man den Regler bei der roten Lampe runterfährt?
- Warum kann die Person dann trotzdem noch kurz eine Farbe sehen?

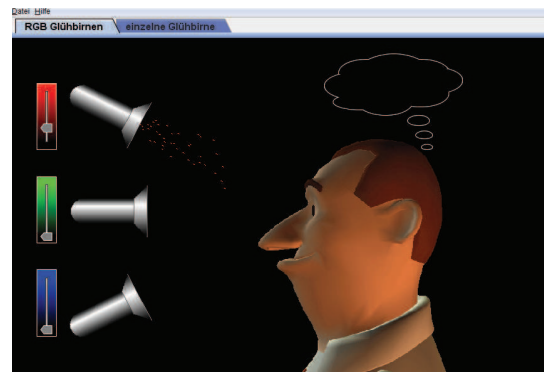


Abb. 1: In diesem Applet siehst du wie Licht in das Auge eines Beobachters strömt.

P.s. In diesem Applet siehst du alles in Zeitlupe. In Wirklichkeit strömt das Licht viel, viel schneller.

Beantworte:

Was muss getan werden, damit das Lämpchen bei einem Fahrrad mit Dynamo leuchtet?

Beobachte: Du kannst dir einen Lichtstrom als Folge von vielen kleinen Lichtstößen vorstellen. Ein Stroboskop ist so ein Gerät, das viele kurze Lichtstöße erzeugt. Dabei wird ein Lämpchen kurz eingeschaltet und gleich darauf wieder ausgeschaltet. Mit einer Stroboskop App für das Handy kannst du leicht ein Stroboskop nachmachen. Du kannst in dieser App die Frequenz einstellen. Das bedeutet, dass du bestimmen kannst, wie schnell sich das Lämpchen des Handys ein- und ausschaltet. Der Lichtfleck, den du mit dem Lämpchen des Handys erzeugst, wird mit steigender Frequenz immer „ruhiger“. Er sieht dann fast so aus, als ob das Lämpchen die ganze Zeit eingeschaltet wäre.



Abb. 2: Eine Stroboskop App

P.S.: In Wirklichkeit erzeugt auch eine Glühbirne in der Wohnung Licht nicht „gleichmäßig“. Wie du weißt, ändert der Strom im Haushalt 50 Mal in der Sekunde seine Richtung (Wechselstrom). Die Glühbirne ändert daher andauernd ihre Helligkeit. Das merkst du aber nicht, weil es sehr schnell passiert.

Licht strömt schnell

Licht breitet sich sehr schnell aus. Das merkst du jedes Mal, wenn du mit einer Spielkonsole am Fernseher spielst. Am Fernsehschirm wird etwas dargestellt und diese Information vom Bildschirm kommt sehr schnell zu dir.

Stell dir vor, Licht würde sich viel langsamer ausbreiten, als in Wirklichkeit: Wie kann ein Autorennspiel funktionieren, wenn du eine Kurve erst viel später siehst, nachdem sie auf dem Fernseher dargestellt wird?

Auch der Schall breitet sich sehr schnell aus, er ist jedoch langsamer als das Licht. Das Licht ist ungefähr 1.000.000 Mal schneller als der Schall. Du siehst daher bei einem Blitzeinschlag zuerst das Licht als Blitz, danach hörst du den Schall als Donner.

Wie schnell das Licht ist, kann mit folgendem Experiment bestimmt werden:

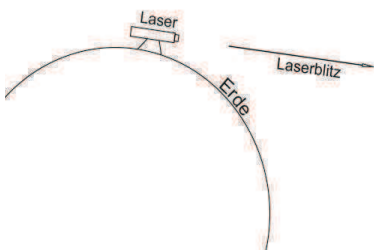


Abb. 1: So kann man die Geschwindigkeit des Lichtes messen.



Abb. 2: Spiegel am Mond

Ein Spiegel wurde bei einer der Mondlandungen am Mond hinterlassen (siehe Abbildung 2). Auf der Erde kann dieser Spiegel benutzt werden, um die Lichtgeschwindigkeit zu bestimmen. Man strahlt mit einem Laserstrahl auf diesen Spiegel. Ein Laserstrahl ist ein konzentrierter Lichtstrahl. Schaltet man den Laser kurz ein und gleich wieder aus, bildet sich ein Laserblitz/eine Lichtstange (siehe Abbildung 1). Nun misst man die Zeit, bis das Laserlicht wieder auf der Erde ankommt. Der Laserblitz braucht ungefähr 2,5 Sekunden um die Erdoberfläche wieder zu erreichen.

Aus der Entfernung von der Erde zum Mond, etwa 380 000 km, kann man sich nun die Lichtgeschwindigkeit ausrechnen. Die Strecke, die das Licht zurücklegen muss, ist zweimal die Entfernung von der Erde zum Mond. Den Laserblitz kann man also erst wieder sehen, wenn er 760.000 km zurück gelegt hat. Der Laserblitz braucht für diese Strecke wie erwähnt ungefähr 2,5 Sekunden. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt daher gerundet ca. 300.000 km pro einer Sekunde.

Aufgaben:

- Die Sonne ist ungefähr 150 000 000 km von der Erde entfernt. Wie lange braucht das Licht von der Sonne bis zur Erde?
- Weißt Du, ob die Sonne JETZT Licht abstrahlt? Begründe!
- Der Andromedanebel ist 2,7 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt (Ein Lichtjahr ist der Weg, den das Licht in einem Jahr zurücklegt).

Wann ist das Licht vom Andromedanebel abgestrahlt worden, das wir jetzt sehen?

Licht strömt geradlinig

Wenn sich ein Freund hinter einer Häuserecke versteckt, kannst du ihn nicht sehen. Das Licht, das dein Freund aussendet, kann nicht in dein Auge gelangen. Das Licht breitet sich ausschließlich geradlinig aus. Das Licht kann keine Kurven schlagen.

Du kannst selbst prüfen, ob sich das Licht wirklich nur geradlinig ausbreitet (siehe Abbildung 1 unten):

Beobachte eine Kerzenflamme abwechselnd durch eine Röhre und einmal ohne Röhre. Durch die Röhre siehst du nur einen Teil von dem, was du vorher mit dem Auge sehen konntest. Dieser Ausschnitt, in dem sich die Kerzenflamme befindet, sieht aber genauso aus wie vorher. Das ist deshalb so, weil in beiden Fällen genauso viel Licht von der Kerzenflamme in dein Auge kommt. Die Röhre sperrt kein Licht von der Kerzenflamme zu deinem Auge aus. Das Licht strömt nur geradlinig weiter.

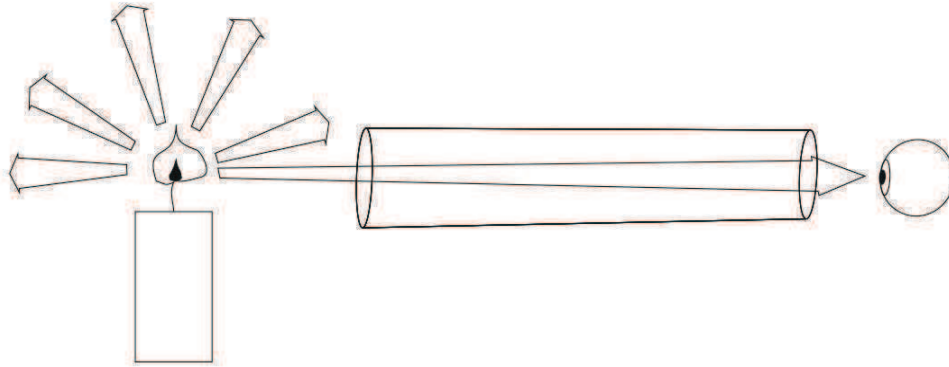


Abb. 1: Eine Kerzenflamme wird durch eine Pappröhre betrachtet. So breitet sich das Licht aus der Flammenmitte aus.

Es gilt für alle Sender:

Das Licht, das ein Sender abstrahlt, strömt geradlinig in alle Richtungen aus.

Wie ändert sich das Bild der Flamme bei obigem Versuch, wenn das Licht auch bogenförmig in das Auge gelangen kann?

A.:

Aufgaben:

- a) In Abbildung 1 siehst du eine Luftaufnahme von Franz, Sisi und Maximilian. Die drei verstecken sich hinter Mauern. Wer kann wen (teilweise) sehen? Beantworte die Frage zeichnerisch mit Hilfe der unteren Abbildung. Denke daran, dass Licht nur geradlinig in die Augen gelangen kann!



Abb. 1: Sissi, Franz und Maximilian von oben betrachtet.

A:

- b) Ein Auto fährt mit eingeschalteten Scheinwerfern.
- 1) Wie viele Meter strahlt das Abblendlicht von den Scheinwerfern weg?
 - 2) Messe die größte Entfernung des Lichtflecks zum Scheinwerfer! Benutze den abgebildeten Maßstab (siehe Abbildung 2)!



Abb. 2: Ein Lichtkegel breitet sich vom Scheinwerfer aus.

- c) Wie weit strahlt das Fernlicht von den Scheinwerfern weg?



Abb. 3: Ein Lichtkegel breitet sich vom Scheinwerfer aus.

- d) Wie ändert sich die Helligkeit eines beleuchteten Bereichs, wenn der Bereich weiter vom Scheinwerfer entfernt ist?
- e) Warum ändert sich die Helligkeit des beleuchteten Bereichs mit der Entfernung?
- f) Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum man die Scheinwerfer aus großer Entfernung kaum sieht? Was passiert mit dem Licht?

Der Schatten einer leuchtenden Fläche

Was ist ein Schatten? Ein Schatten entsteht, wenn sich eine Fläche, wie ein Blatt Papier, teilweise in einem Schattenraum befindet. Der dunklere Bereich auf dieser Fläche wird meistens als Schatten bezeichnet.

Das folgende Foto zeigt den Schatten einer Packung Brausetabletten unter einer Leuchtstoffröhre (siehe Abbildung 1). Die Leuchtstoffröhre ist eine lange leuchtende Fläche. Du siehst, dass die Grenzen des Schattens nach rechts und links verschmiert und nicht scharf sind.



Abb. 1: Ein Schatten unter einer Leuchtstoffröhre

Stell dir vor, dass eine leuchtende Fläche aus lauter kleinen punktförmigen Sendern besteht. Für jeden dieser Sender kannst du den Schattenraum finden. Der „Gesamtschatten“ ergibt sich aus den einzelnen Schattenräumen der vielen kleinen Sender zusammen. Wir wollen uns jetzt Schritt für Schritt überlegen wie der Schattenraum einer leuchtenden Fläche entsteht.

Betrachte zuerst den Schattenraum von zwei punktförmigen Selbstsendern (siehe Abbildung 2a):

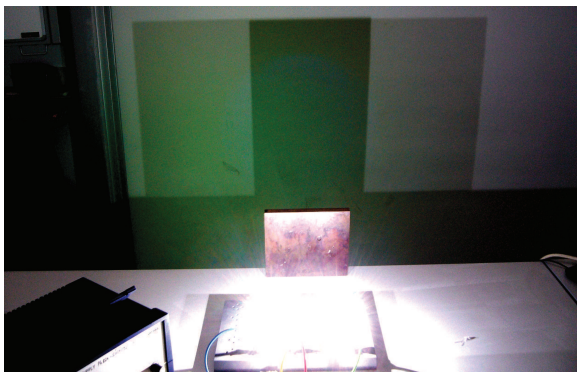


Abb. 2a: Der Schatten eines Holzklotzes, wenn er von 2 LEDs beleuchtet wird

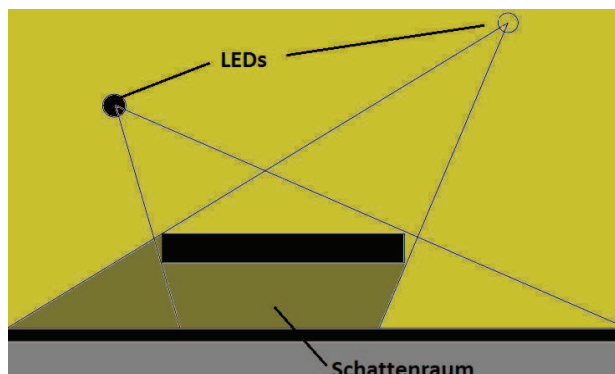


Abb. 2b: So sieht der Schattenraum aus, wenn nur die rechte LED leuchtet.

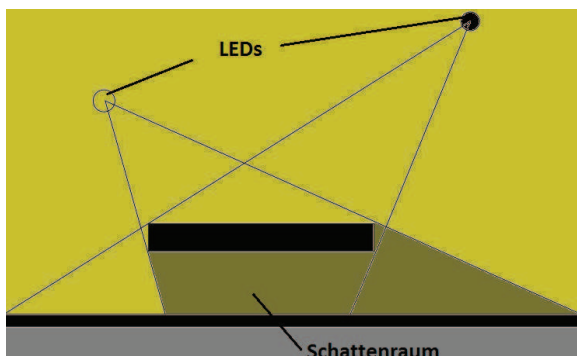


Abb. 2c: So sieht der Schattenraum aus, wenn nur die linke LED leuchtet.

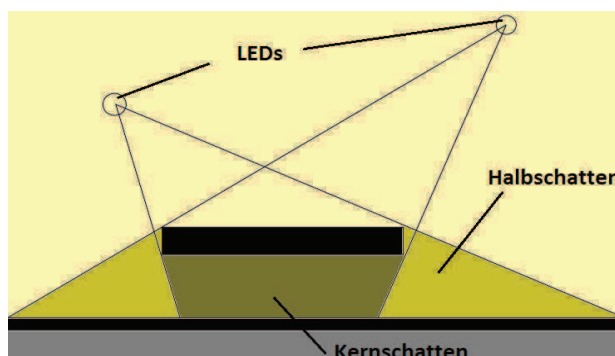


Abb. 2d: So sieht der gemeinsame Schattenraum von rechter und linker LED aus.

Abbildung 2a zeigt das Foto eines Schattens von zwei LEDs. Diesen Schatten kannst du dir wie folgt erklären: In Abbildung 2b siehst du den Schattenraum, der entsteht, wenn nur eine LED leuchtet. In Abbildung 2c siehst du den Schattenraum für die andere LED. Abbildung 2d zeigt dir, wie der Schattenraum

aussehen muss, wenn beide LEDs eingeschaltet sind. Ein großer Teil des Raumes ist jetzt heller, weil das Licht beider LEDs dort hinkommt. Direkt hinter dem Hindernis kommt von keinem der beiden Selbstsender Licht an. Dieser besonders dunkle Bereich heißt Kernschatten. Im Randbereich des Schattenraums kommt nur Licht von einer LED an. Dieser Bereich heißt Halbschatten. An der Wand siehst du dann die einfachste Form der Abstufung eines Schattens.

Nun überlegen wir uns wie der Schatten für mehrere punktförmige Selbstsender aussieht:

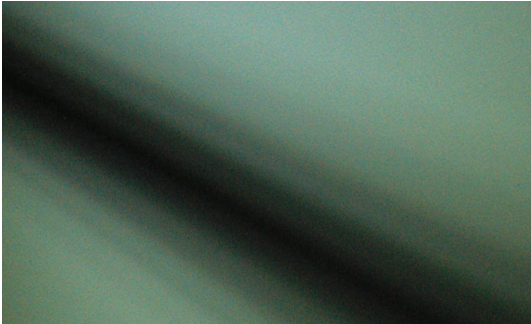


Abb. 1: Schatten eines Zeigestabes, der von mehreren LEDs beleuchtet wird

In Abbildung 1 siehst du den Schatten eines Zeigestabes, wenn er mit einem LED Spot beleuchtet wird. Der LED Spot besteht aus vielen kleinen leuchtenden LEDs.

Die feinen Abstufungen im Schatten kommen daher, dass der Zeigestab jeweils eine unterschiedliche Zahl von LEDs verdeckt. In der Mitte des Schattens sind die meisten LEDs verdeckt, daher ist es dort am dunkelsten.

Der Randbereich des Schattens sieht schon fast verschwommen aus. Vergleiche dieses Foto mit dem Foto in Abbildung 1 auf Seite 22!

Die Sonnenfinsternis

Auch eine Sonnenfinsternis entsteht durch einen Schatten. Eine totale Sonnenfinsternis tritt ein, wenn der Mond die Sonne verdeckt. In Abbildung 2 siehst du, wie sich der Mond bei einer Sonnenfinsternis vor die Sonne schiebt. Ein kleiner Teil der Erdoberfläche befindet sich dabei im Kernschatten des Mondes (siehe Abbildung 3). Eine Sonnenfinsternis gibt es jedoch relativ selten, weil die Bahnebene des Mondes gegenüber der Bahnebene der Erde um ungefähr 5° geneigt ist (siehe Abbildung 4). Pro Jahr können weltweit höchstens 5 Sonnenfinsternisse stattfinden (Durchschnitt: 2-3).



Abb. 2: So sieht eine totale Sonnenfinsternis aus!

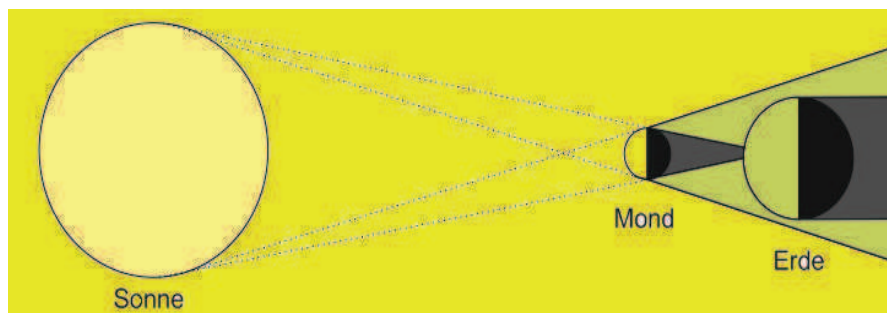


Abb. 3: So stehen Sonne, Erde und Mond bei einer Sonnenfinsternis. (Nicht maßstabsgetreu! Schatten vereinfacht dargestellt!)

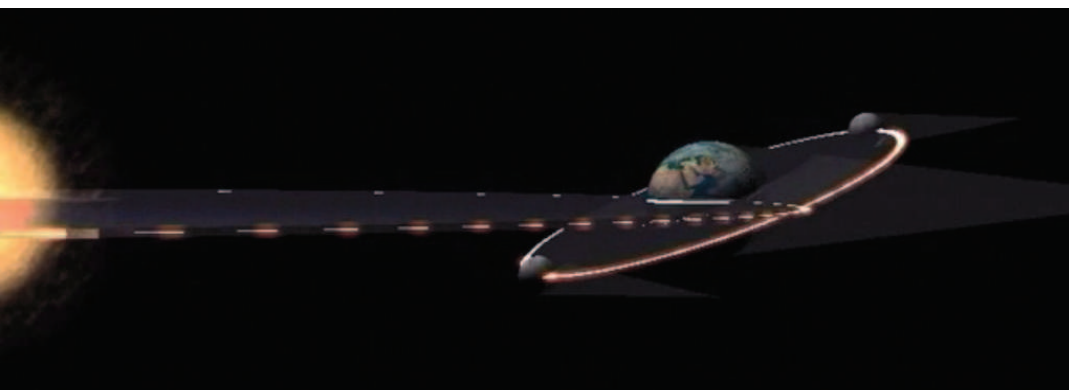


Abb. 4: Wenn sich der Mond zwischen Erde und Sonne befindet, tritt nicht immer eine Sonnenfinsternis bzw. Mondfinsternis ein!

Die Mondfinsternis

Die Mondfinsternis entsteht ebenfalls durch einen Schatten. Der Mond verfinstert sich, weil er sich bei einer Mondfinsternis im Schattenraum der Erde befindet (siehe Abbildung 1). Weil die Bahnebene des Mondes geneigt ist, passiert auch die Mondfinsternis ebenfalls relativ selten. Weltweit finden höchstens zwei Mondfinsternisse pro Jahr statt.

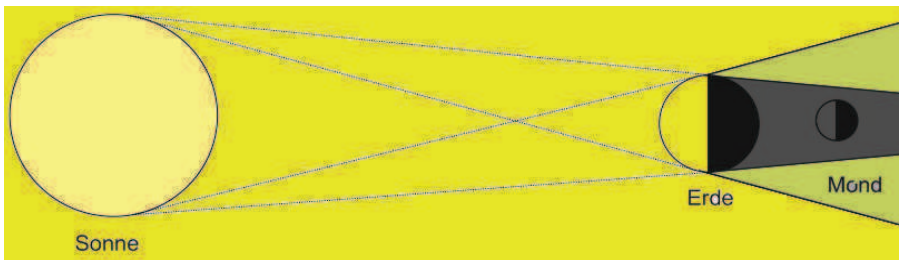


Abb. 1: So ungefähr stehen Sonne; Erde und Mond bei einer Mondfinsternis (Nicht maßstabsgetreu! Schatten vereinfacht dargestellt!)

Für daheim: Unterhalb findest du einen Link zu dem Video, das dir die Mondfinsternisse noch einmal erklärt. Sieh dir dieses Video an, wenn du mehr über die Mondfinsternisse lernen möchtest!

<http://vimeo.com/9082373>

Aufgaben:

- a) Karl, Ferdinand und Maria-Theresia gehen abends nach Hause. Während sie gerade hinter einer Plakatsäule vorbeigehen, leuchten die Scheinwerfer eines Autos in ihre Richtung (siehe Abbildung 2).
- 1) Wer von den dreien wird am stärksten beleuchtet? Begründe!
 - 2) Wer von den dreien wird am schwächsten beleuchtet? Begründe!

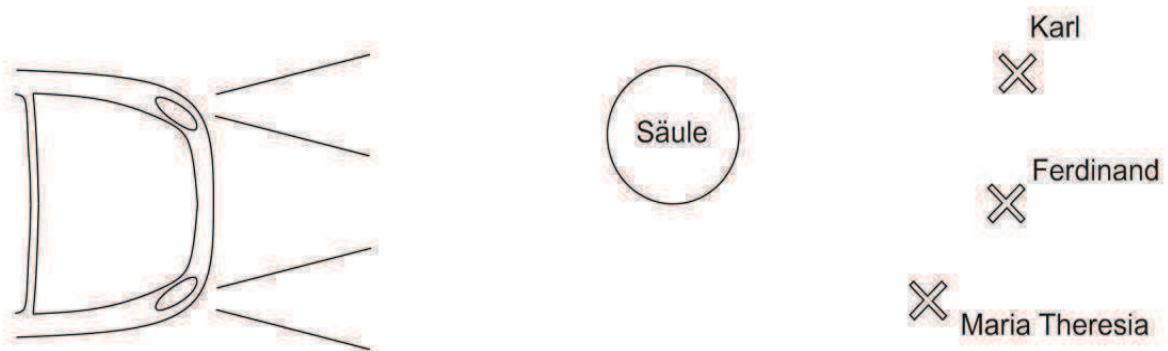


Abb. 2: Karl, Maria-Theresia und Ferdinand von oben betrachtet.

- b) Die Höhe eines Kamins soll aus der Schattenlänge bestimmt werden (siehe Abbildung 3). Dazu vergleicht man den Schatten des Kamins mit dem Schatten eines 1 m langen Stabes. Wie hoch ist der Kamin, wenn er einen Schatten von 60 m wirft und der Stab einen Schatten von 1,2 m wirft? Fertige eine Skizze an!

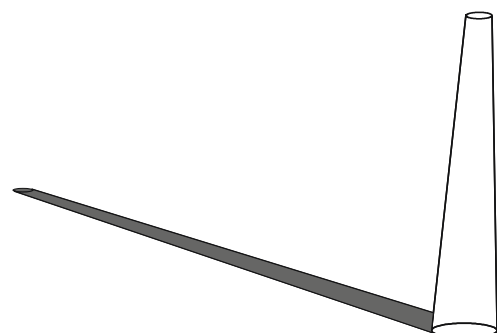


Abb. 3: Der Schatten dieses Kamins ist 60 m lang

- c) Konstruiere den Schattenraum in Abbildung 1! Betrachte die Glühwendeln der Glühbirnen als punktförmigen Selbstsender.

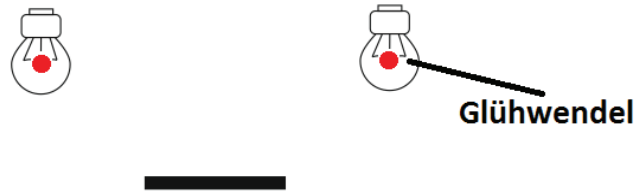


Abb. 1: Ein Hindernis wird von zwei Glühbirnen beleuchtet.

- d) 1) In welchem Bereich hinter dem Hindernis ist es besonders dunkel (siehe Abbildung 2)?
2) Wo hört der Schatten ganz auf? Konstruiere!

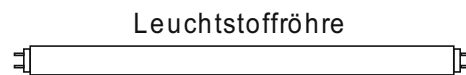


Abb. 2: Ein Hindernis wird von einer Leuchtstoffröhre beleuchtet.

- e) Überlege! Welche Mondphase muss vorliegen, wenn:
a) Mondfinsternis
b) Sonnenfinsternis
eintritt?
- f) Welches Bild stellt eine Mondphase dar? Welches Bild stellt eine teilweise Mondfinsternis dar? Begründe!



Bild A



Bild B

Das Bild der Lochkamera

Der Abbildungsvorgang bei der Lochkamera

Du hast bereits eine Lochkamera gebastelt. Du wirst jetzt erfahren, wie die Bilder am Schirm der Lochkamera entstehen.

Stell dir vor, dass ein leuchtender Gegenstand aus vielen kleinen Sendern besteht. Diese kleinen Sender nennen wir Leuchtflecke. Das Prinzip der Leuchtflecke kennst du vielleicht schon von Handydisplays. Mit einem Vergrößerungsglas kannst du diese Leuchtflecke am Handy, die Pixel, gut erkennen.

Mit der Hilfe eines LED Spots wirst du jetzt erfahren, was die Lochkamera mit diesen Leuchtflecken tut. Der LED Spot besteht aus mehreren kleinen LEDs (siehe Abbildung 1). Die LEDs sind jetzt unsere Leuchtflecken. Alle LEDs zusammen bilden zusammen eine größere leuchtende Fläche.



Abb. 1: Ein LED Spot

Das Foto nebenan zeigt dir, was passiert, wenn der LED Spot auf eine Wand leuchtet (siehe Abbildung 2). Du siehst einen großen Lichtfleck an der Wand. Du kannst an der Wand nicht erkennen, was leuchtet und wie es aussieht. An der Wand ist kein Bild der LEDs sichtbar.

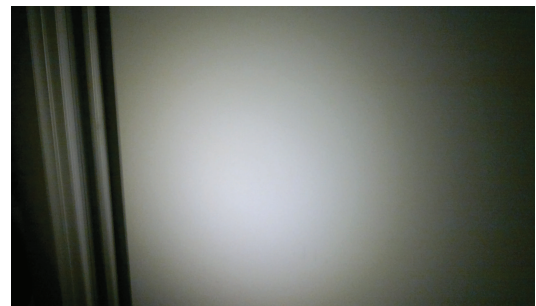


Abb. 2: Der Lichtfleck von einem LED Spot

In Abbildung 3 siehst du, was passiert, wenn deine Lehrkraft eine Scheibe mit einer kleinen Öffnung in den Lichtkegel des Spots stellt. So eine Scheibe bezeichnet man als **Blende**. Die Blende wirft einen Schatten an die Wand. In diesem Schatten kannst du kleine Lichtflecken erkennen. Zähle sie! Es sind gleich viele Lichtflecken, wie der Spot LEDs hat. Diese Lichtflecken sind die Abbildungen der einzelnen LEDs. Du siehst in Abbildung 3 also ein sehr einfaches Bild des LED Spots.

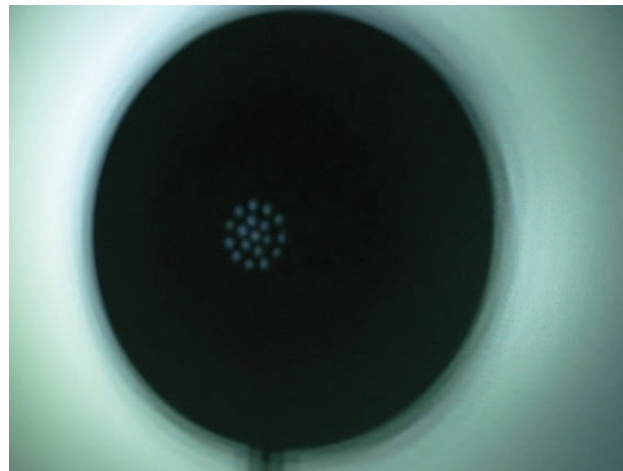


Abb. 3: Der LED Spot leuchtet durch eine Blende

Aufgabe:

Deine Lehrkraft deckt jetzt einzelne Leuchtdioden (LEDs) des Spots ab. Beantworte die folgenden Fragen!

Wenn eine LED auf der Unterseite des Spots abgedeckt wird, dann verschwindet ein heller Fleck an der.....des Bildes.

Wenn eine LED auf der rechten Seite des Spots abgedeckt wird, dann verschwindet ein heller Fleck auf der.....des Bildes.

Was kannst du allgemein über das Bild sagen?

A.:

Was tut die Blende eigentlich?

Du siehst unterhalb einen Selbstsender dargestellt, der nur aus zwei LEDs besteht. Von diesen LEDs gehen zwei Lichtkegel zur Wand (siehe Abbildung 1):

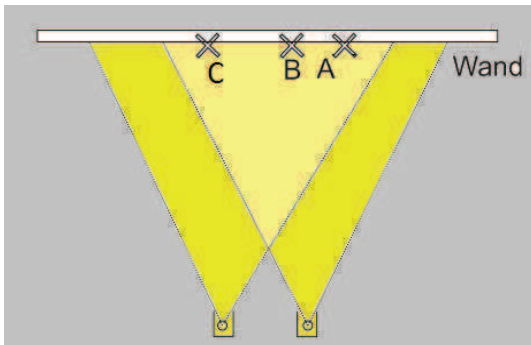


Abb. 1: Zwei Leuchtflecke beleuchten eine Wand

Ohne Blende kommt an den Punkten A, B und C das Licht von beiden LEDs an. An den Punkten A, B und C streut die Wand also das Licht beider LEDs. Ein Beobachter kann nicht sagen, von welchem Gegenstand der Schirm beleuchtet wird, weil von allen Punkten gleich viel Licht in sein Auge kommt. Die Punkte A, B und C sehen für ihn gleich aus. Das „Bild“ der einzelnen LEDs ist verwaschen.

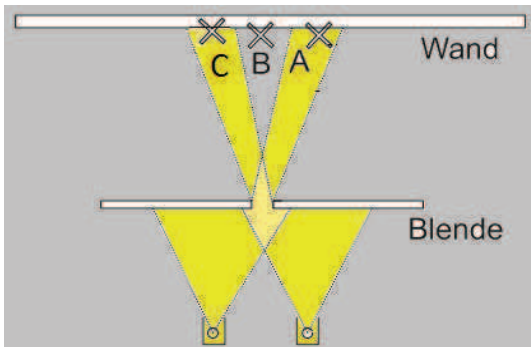


Abb. 2: Eine Blende befindet sich zwischen Wand und Leuchtflecken. Sie schneidet Schmale Lichtkegel aus.

In Abbildung 2 ist jetzt eine Blende zwischen der Wand und den LEDs. Die Blende schneidet aus dem Licht eines LEDs einen schmalen Lichtkegel heraus. Das Licht an Punkt A kommt eindeutig vom linken Leuchtfleck. A sendet das Licht des linken Leuchtflecks weiter. Von A kann das Licht in das Auge eines Beobachters gelangen. Der Beobachter sieht an der Stelle A eine Abbildung des linken Leuchtflecks.

Am Punkt B kommt kein Licht an. B kann kein Licht streuen. Der Punkt B sieht für einen Beobachter schwarz aus.

Am Punkt C kommt das Licht des rechten LEDs an. Von dort wird dieses Licht zum Beobachter weitergesendet. Der Beobachter sieht an der Stelle C die Abbildung der rechten LED.

Ein Beobachter kann die Punkte A, B und C voneinander unterscheiden, sie sehen für ihn anders aus.

Ein leuchtender Gegenstand besteht aus sehr vielen kleinen Leuchtflecken. Die Blende schneidet für jeden Leuchtfleck einen schmalen Lichtkegel aus. Jeder Lichtkegel beleuchtet einen Fleck am Schirm. Es entsteht also zu jedem Leuchtfleck ein passender heller Fleck am Schirm. Wir nennen diese hellen Flecken ab jetzt Bildflecken. Durch die Lochblende haben wir also eine Abbildung von Leuchtfleck zu Bildfleck. Alle Bildflecken zusammen bilden das Bild des Gegenstandes.

In Abbildung 3 siehst du ein Applet abgebildet, das den Abbildungsvorgang durch die Lochkamera noch einmal erklärt. Durch die Blende zwingen sich gleichzeitig sehr viele verschiedene Lichtkegel. Die Lichtkegel stören sich dabei gegenseitig nicht. Das Bild eines Leuchtflecks ändert seine Farbe und Helligkeit nicht, wenn sich der Lichtkegel in der Blende mit anderen Lichtkegeln überlagert.

P.S.: Das Applet findest du auf der folgenden Internetseite:

http://www.leifiphysik.de/web_ph09/versuche/09lochkamera/erklaerung.htm

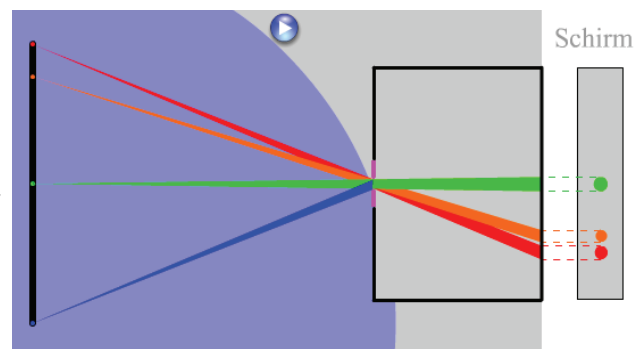


Abb.3: Die Lichtkegel zwingen sich durch die Blende. Sie stören sich gegenseitig nicht.

Für Fortgeschrittene: Wie kann man am Bild des LED Spots überprüfen, ob sich die Lichtkegel der LEDs gegenseitig beeinflussen? Überlege dir dazu ein Experiment!

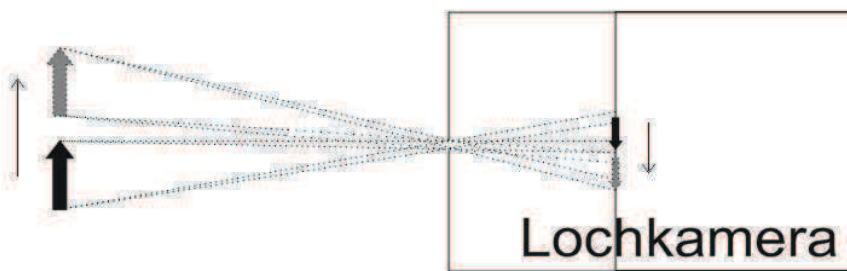
Wo ist das Bild?

Die Lochkamera führt einen einfachen Abbildungsvorgang durch. Wovon hängt es ab, wo du das Bild eines Gegenstandes am Schirm beobachten kannst?

Beobachte:

Bewege einen selbstleuchtenden Gegenstand vor deiner Lochkamera im gleichen Abstand hin und her. (Der Abstand des Gegenstands zur Lochkamera bleibt gleich.) Wie verändert sich das Bild auf dem Schirm?

A.:



Warum ist das so?

Verschiebt sich der Gegenstand, so wandert sein Bild ebenfalls (siehe Abbildung 1). Die Einfallsrichtung des Lichtes bestimmt, wo das Bild entsteht.

Abb.1: Der Ort des Bildes wird von der Einfallsrichtung des Lichtes durch die Blende bestimmt

Diese Erkenntnis kannst du auf das menschliche Auge übertragen (siehe Abbildung 2):

Wir nehmen einen Gegenstand in der Richtung wahr, aus der Licht von diesem Gegenstand in unsere Pupille fällt.

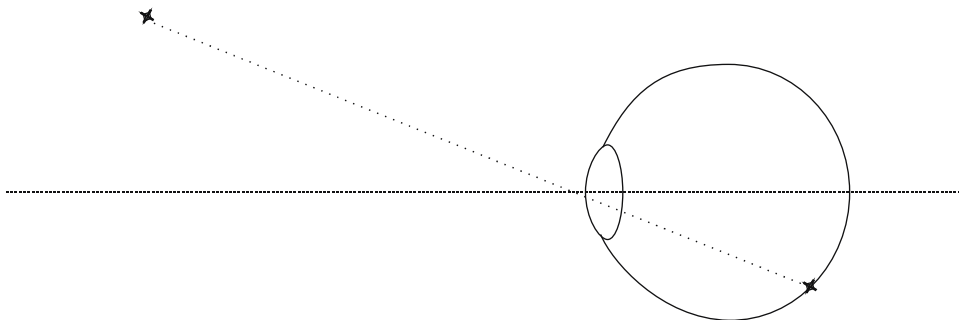


Abb. 2: Der Ort des Bildes auf der Netzhaut hängt von der Einfallsrichtung des Lichtes ab. Oder: Wir sehen einen Punkt in der Einfallsrichtung des Lichtes.

Wie groß ist das Bild?

Erinnere dich an deine ersten Beobachtungen mit der Lochkamera! Du weißt, dass das Bild eines Gegenstandes unterschiedlich groß sein kann. Du lernst jetzt, wovon die Größe des Bildes bei der Lochkamera abhängt.

Zuerst musst du folgende Größen kennenlernen:

- | | |
|-------------------------|---|
| • Gegenstandsgröße (G): | gibt die Größe des Gegenstandes an |
| • Gegenstandsweite (g): | gibt die Entfernung des Gegenstands von der Blende an |
| • Bildgröße (B): | gibt die Größe des Bildes an |
| • Bildweite (b): | gibt die Entfernung des Bildes von der Blende an |

Damit du die Größe des Bildes bestimmen kannst, brauchst du noch ein Hilfsmittel, den **Lichtstrahl**. Ein Lichtstrahl ist ein **sehr dünner Lichtkegel**. Lichtstrahlen wirst du oft als Stellvertreter eines großen Lichtkegels verwenden. Sie helfen dir, das Verhalten eines ganzen Lichtkegels zu beschreiben. Du kannst mit einzelnen Lichtstrahlen auch die Bildgröße eines Gegenstandes bestimmen.

Aufgaben:

- a) Du siehst unten, wie man mit Lichtstrahlen das Bild eines Pfeiles am Schirm konstruieren kann (siehe Abbildung 1). Wir betrachten zur Vereinfachung nur die Lichtkegel, die von Spitze und Ende des Pfeiles ausgehen. Wenn du weißt, wo die Spitze und das Ende des Pfeiles abgebildet werden, dann kannst du schon sagen, wie groß das Bild wird. Damit die Konstruktion übersichtlich bleibt, zeichnen wir statt der Lichtkegel nur Lichtstrahlen ein.
Fällt dir an den Dreiecken etwas auf?
Welche Größen geben die Doppelpfeile an? Beschrifte!

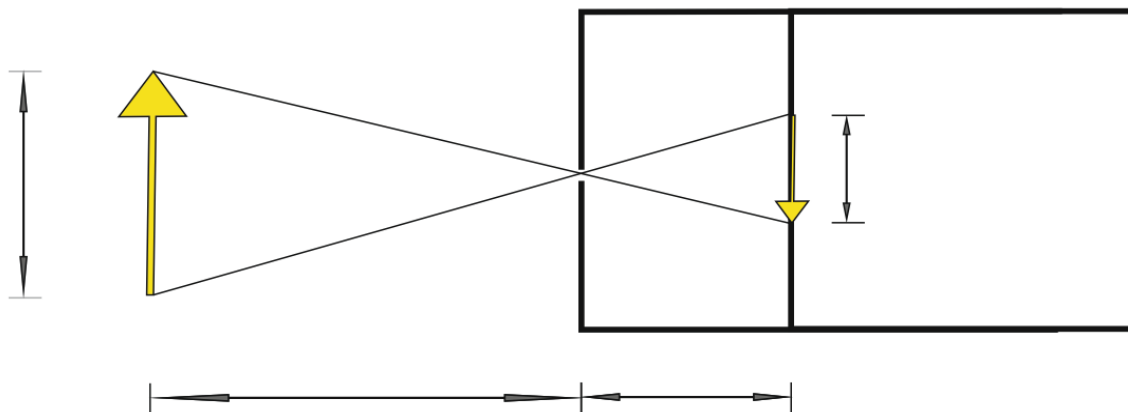


Abb.1: Konstruktion des Bildes mit Lichtstrahlen

- b) 1) Finde in den folgenden Zeichnungen jeweils die Bildgröße (siehe Abbildung 2). Konstruiere!
2) Miss die Werte von b , g , B und G aus und trage sie in die Tabellen ein.
3) Berechne die Quotienten B/G und b/g und trage sie ebenfalls ein.
4) Was fällt dir auf?

↑

B	G	b	g	B/G	b/g

↑

B	G	b	g	B/G	b/g

↑

B	G	b	g	B/G	b/g

Du siehst:

*Das Verhältnis von Bildgröße B zu Gegenstandsgröße G ist gleich dem Verhältnis von Bildweite b zu Gegenstandsweite g .
Oder: $B/G = b/g$*

Dieses Verhältnis B/G bezeichnet man als Abbildungsmaßstab A .

Weil $B/G = A$ folgt $B = A \cdot G$

Der Abbildungsmaßstab gibt an, um wie viel fach das Bild größer als der Gegenstand ist.

Aufgaben:

- a) Was kannst du über die Größen des Bildes und des Gegenstandes sagen, wenn $A=1$, $A>1$ und $A<1$ ist?

Der Abbildungsmaßstab ist 1, wenn das Bild
Der Abbildungsmaßstab ist größer als 1, wenn das Bild.....
Der Abbildungsmaßstab ist kleiner als 1, wenn das Bild.....

- b) Was gilt für g und b ?

Wenn der Abbildungsmaßstab gleich 1 ist, gilt: Die Brennweite b ist.....
Wenn der Abbildungsmaßstab kleiner als 1 ist, gilt: Die Brennweite b ist.....
Wenn der Abbildungsmaßstab größer als 1 ist, gilt: Die Brennweite b ist.....

- c) Wie musst du den Auszug deiner Lochkamera verschieben, um das Bild eines Gegenstandes zu vergrößern? Begründe!

- d) Berechne:

$G = 3,5 \text{ cm}$
 $g = 4,7 \text{ cm}$
 $b = 6,2 \text{ cm}$

Gesucht: Bildgröße (B) und Abbildungsmaßstab (A)

- e) Für Fortgeschrittene:

Zita richtet ihre Lochkamera auf den Vollmond aus. Welche Bildgröße ist bei einer Entfernung von 30 cm zwischen Blende und Schirm zu erwarten?

Monddurchmesser ca. 3500 km, Entfernung Mond-Erde ca. 380.000 km

Berechne und überprüfe auch für deine Lochkamera!

Die Linsenkamera

Wie kann man das Bild der Lochkamera verbessern?

Damit du einen Gegenstand mit der Lochkamera sehen kannst, muss er relativ viel Licht abstrahlen. Strahlt der beobachtete Gegenstand nur wenig Licht ab, ist das Bild sehr dunkel. Wenig Licht vom Gegenstand gelangt auf den Schirm der Lochkamera. Daher kommt sehr wenig Bildinformation in dein Auge.

Was passiert, wenn du die Blendenöffnung deiner Lochkamera vergrößerst, damit mehr Licht auf den Schirm fällt?

Deine Lehrkraft verwendet den LED Spot, um dir zu zeigen, was bei verschiedenen Blendenöffnungen passiert (siehe Abbildung 1).

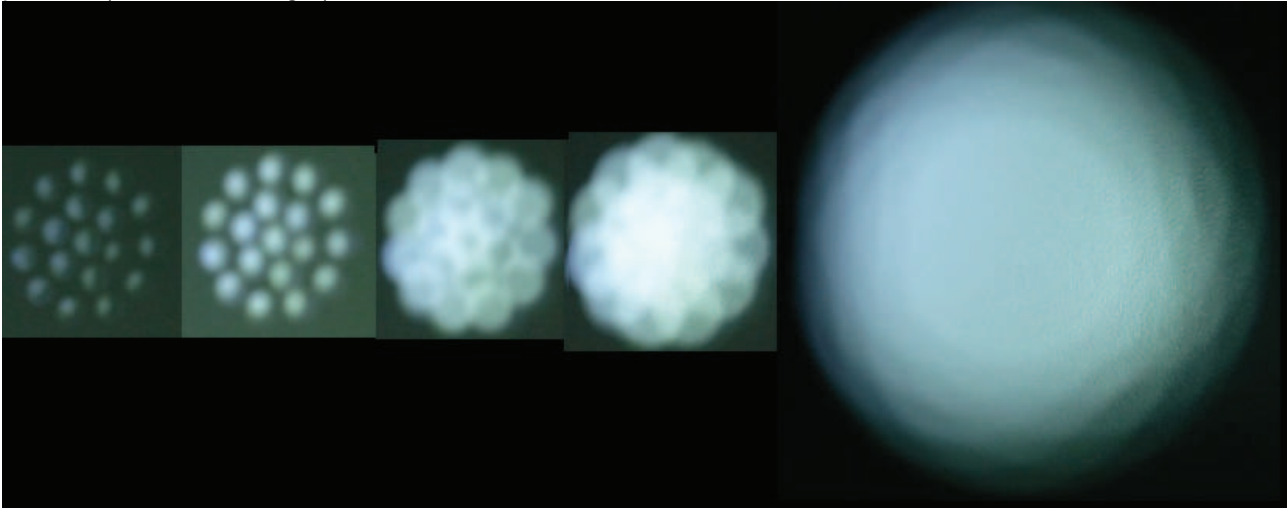


Abb. 1: Von links nach rechts wurde eine immer größere Blendenöffnung verwendet um den LED Spot abzubilden

Du siehst wie die Bilder der einzelnen LEDs ineinander verschwimmen. Das Bild wird heller, aber unscharf. In der Abbildung 2 unterhalb siehst du, warum das so ist. Du siehst: Die Lichtkegel werden allmählich zu dick, die Bildflecken überschneiden sich. Das Bild wird unscharf.

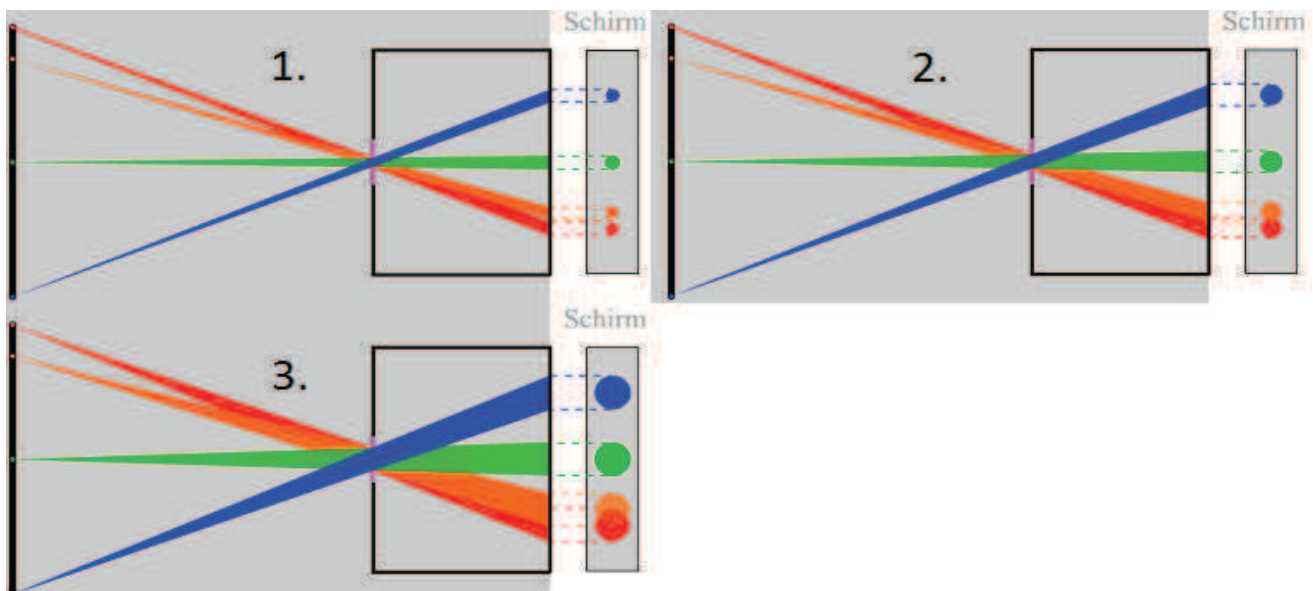


Abb. 2: So verändert sich das Bild der Leuchtflecken, wenn die Blendenöffnung größer wird

P.S. Die Screenshots aus Abbildung 2 kommen wieder von einem Applet aus:

http://www.leifiphysik.de/web_ph09/versuche/09lochkamera/erklaerung.htm

Das Bild ist nur scharf, wenn die Bildflecken am Schirm voneinander getrennt sind und sich nicht überschneiden. Wir brauchen also Lichtkegel, die nach der Blende wieder zusammenlaufen. Eine Sammellinse erfüllt diese Aufgabe (siehe Abbildung 1). Die Sammellinse macht aus einem Lichtkegel, der auseinander läuft, einen Lichtkegel, der zusammen läuft. Die Sammellinse führt das Licht, das von einem LeuchtPUNKT des Gegenstands ausgeht in einem BildPUNKT zusammen (Abbildung 1 links). Nach diesem Bildpunkt strebt das Licht wieder kegelförmig auseinander (Abbildung 1 rechts).

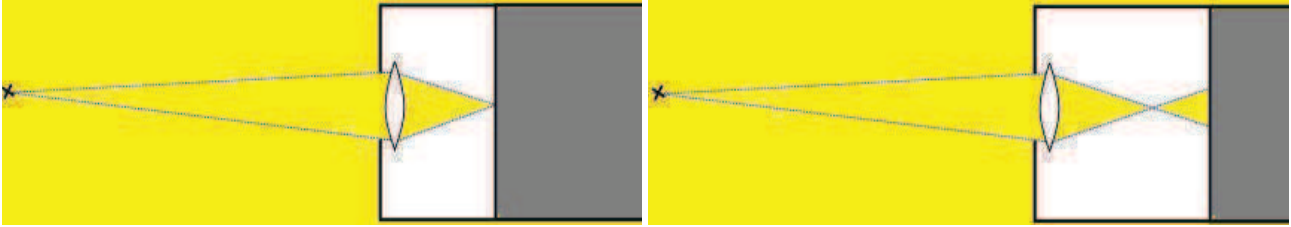


Abb. 1: Lochkamera mit Sammellinse an Blendenöffnung.

Verbessere dein Kameramodell mit einer Sammellinse. Nutze dazu die Hinweise aus der Bauanleitung für die Lochkamera!

Beobachte mit deinem verbesserten Kameramodell verschiedene Gegenstände in unterschiedlichen Entfernungen (Gegenstandsweiten g).

Was fällt dir am Bild im Vergleich zur Lochkamera ohne Linse auf?

Sieh dir Abbildung 1 dazu an, kannst du deine Beobachtung mit Hilfe der Abbildung erklären?

A.:

Wenn du einen Gegenstand aus einer bestimmten Entfernung beobachtest, dann gibt es genau eine Einstellung des Auszuges, bei dem du ein scharfes Bild des Gegenstandes siehst.

Allgemein bedeutet das:

Bei einer Sammellinse gehört zu jeder Gegenstandsweite genau eine Bildweite. Die Bildweite ist die Entfernung des Schirmes von der Linse, in der das Bild des Gegenstandes scharf erscheint.

Das Auge muss sich auch anpassen, damit es Gegenstände scharf sehen kann, die unterschiedlich weit entfernt sind.

Die Netzhaut ist immer gleich weit von der Linse entfernt, die Bildweite ist also immer gleich. Möchte ich mir einen Gegenstand ansehen, der nahe bei mir ist, wird durch die Augenmuskeln die Augenlinse stärker gekrümmt. Betrachte ich weit entfernte Gegenstände, dann sind die Augenmuskeln gelockert. Die Augenlinse hat dann eine flachere Form.

Dieser Vorgang, bei dem die Augenlinse an die Entfernung des Gegenstandes angepasst wird, heißt Akkomodation.

In der Abbildung 2 siehst du, wie du die Akkomodation bei deinen Augen beobachten kannst. Probiere das mit der Tafel in deiner Klasse und deinem Daumen aus. Lasse dabei ein Auge geschlossen. Kannst du Tafelschrift und Daumen gleichzeitig scharf sehen



Abb. 2: Der Daumen und die Tafelschrift sind nicht gleichzeitig scharf zu sehen.

Entfernungen mit der Linsenkamera messen

Wie geht das? Wir drehen den Merksatz von Seite 32 um: *Bei einer Sammellinse gehört zu jeder Bildweite genau eine Gegenstandsweite.*

Die Bildweite veränderst du, wenn du den Auszug deiner Kamera herausziehst bzw. hineinschiebst. Ist bei einer bestimmten Auszuglänge ein Bild scharf, dann muss sich der Gegenstand in einer bestimmten Entfernung (Gegenstandsweite) befinden.

Damit dein Kameramodell ein Entfernungsmesser wird, musst du den richtigen Zusammenhang zwischen der Position des Auszuges und Entfernung des Gegenstandes finden. Dieser Vorgang heißt kalibrieren.

Aufgabe: Kalibrieren

Baue mit deinen Mitschülern 5 Messstationen auf. Für eine Messstation braucht ihr:

- 1) einen Gegenstand, den ihr am Schirm der Linsenkamera scharf abbildet. Dazu müsst ihr die Kamera mit dem Auszug scharfstellen.
- 2) einen Punkt, an dem ihr die Kamera auflegt (siehe Abbildung 1).

Wichtig ist, dass ihr die Entfernung zwischen Gegenstand und Auflegepunkt genau kennt. Für die Beobachtungen **wählt** ihr als Entfernung zwischen dem Gegenstand (Smiley) und dem Auflegepunkt **Entfernungen von 30 cm, 40 cm, 50 cm, 70 cm und 130 cm**. Beschriftet jede Messstation mit der jeweiligen Entfernungsangabe. (Siehe Abbildung 1: Die vorgegebene Entfernung zum Gegenstand beträgt 70 cm).



Abb. 1: So kann eine Messstation aussehen. Bei der Kalibrierung wird die Position des Auszuges markiert (Pfeil).

So gehst du bei der Kalibrierung vor:

- Lege deine Kamera so auf, dass die Linse der Kamera direkt über dem Auflegepunkt liegt.
- Bewege den Auszug, bis der Gegenstand scharf am Schirm erscheint.
- Markiere die Position des Auszuges leicht mit einem kleinen Strich (siehe Pfeil in Abbildung 1).
- Wiederhole den Vorgang noch zweimal.
- Wähle nun einen Mittelwert dieser drei Striche. Markiere diesen Mittelwert mit einem dicken Strich und schreibe die dazu gehörende Gegenstandsweite dazu (z.B. 70 cm).

Führe die Kalibrierung bei allen 5 Messstationen durch. Du erhältst am Ende eine Entfernungsskala, mit der du dein Kameramodell als Entfernungsmesser benutzen kannst.

Führe danach einige Entfernungsmessungen durch!

Das Spiegelbild

Die Eigenschaften des Spiegelbildes

Das Spiegelbild eines Gegenstandes sieht irgendwie anders aus als der Gegenstand. Aber was ist am Spiegelbild anders? Führe die folgenden Arbeitsaufträge durch, um diese Frage zu beantworten!

- a) Lege einen Gegenstand vor einen Spiegel. Verschiebe ihn nach links, dann nach rechts. Wie ändert sich die Position des Spiegelbildes?

A:

- b) Setze dich direkt vor den Spiegel. Schiebe nun diesen Gegenstand von dir weg zum Spiegel hin und ziehe ihn wieder zu dir. Wie ändert sich die Position des Spiegelbildes?

Schiebe ich den Gegenstand von mir weg, dann bewegt sich sein Spiegelbild.....

Ziehe ich den Gegenstand zu mir, dann bewegt sich sein Spiegelbild.....

- c) Lege einen Spielwürfel vor einen Spiegel (siehe Abbildung 1).

Zeichne das Spiegelbild fertig!

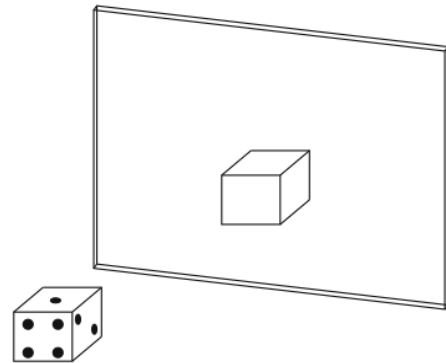


Abb. 1: Ein Würfel liegt vor einem Spiegel

Wir fassen zusammen:

Beim Spiegelbild ist diejenige Seite des Gegenstandes, die näher zu dir ist, _____

Die rechte Seite des Gegenstandes ist beim Spiegelbild _____ zu sehen.

Die linke Seite des Gegenstandes ist beim Spiegelbild _____ zu sehen.

Der Unterschied zwischen Gegenstand und Spiegelbild ist:

Der Spiegel vertauscht vorn und hinten

Im Foto rechts siehst du einen Versuchsaufbau, bei dem eine Spielfigur hinter einer Wand aus Spielklötzen steht (siehe Abbildung 2).

Du kannst das Männchen nur mit dem Spiegel sehen. Der Spiegel vertauscht vorn und hinten. Mit dem Spiegel gelingt es dir die Hinterseite der Mauer mit dem Männchen zu sehen. Die Hinterseite der Mauer erscheint im Spiegelbild als Vorderseite.



Abb. 2: Ein Männchen versteckt sich.

Der Ort des Spiegelbildes

Du siehst in den Fotos unterhalb, wie eine Deckenleuchte von der Glasplatte eines Wuzlers abgebildet wird (siehe Abbildungen 1 und 2). Warum kann die Kamera nicht gleichzeitig das Blatt Papier, das auf der Glasplatte liegt, und die Leuchte scharf abbilden?

Das Spiegelbild der Deckenleuchte entsteht nicht auf der Glasplatte, auf der das Blatt liegt. Wo das Spiegelbild eines Gegenstandes entsteht, wirst du jetzt lernen.

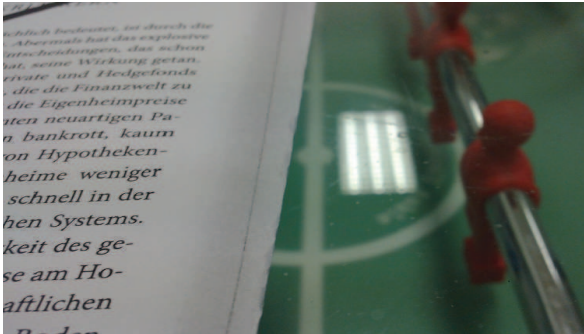


Abb. 1: Das Blatt Papier ist scharf zu sehen.



Abb. 2: Das Spiegelbild der Deckenleuchte ist scharf zu sehen.

Beobachte!

- a) Lege eine Kerze (Teelicht) rechts so vor den Spiegel, dass du das Spiegelbild der Kerze gerade noch sehen kannst (siehe Kerze 1 in Abbildung 3).

Blicke in den Spiegel. Verschiebe seitlich am Spiegel vorbei eine zweite Kerze so lange nach hinten, bis sie genau neben dem Spiegelbild steht (siehe Kerze 2 in Abbildung 3).

Miss den Abstand von Kerze 1 zum Spiegel. Vergleiche diesen Abstand mit dem Abstand von Kerze 2 zum Spiegel. Was fällt dir auf?

A.:

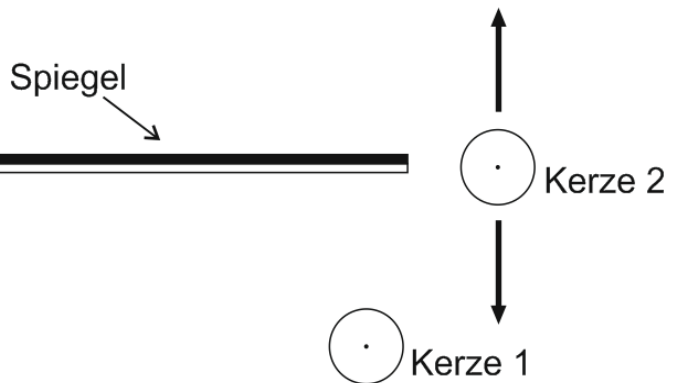


Abb. 3: Die beiden Kerzen von oben betrachtet

- b) Stelle eine Bildtafel 30 cm vor einem Spiegel auf (siehe Abbildung 4). Klebe danach ein Pickerl auf den Spiegel.

Lege die Kamera so an, dass sich die Linse der Kamera genau über der Bildtafel befindet.

1) Benutze die Kamera als Entfernungsmesser. Stelle dazu die Kamera so ein, dass das Spiegelbild der Bildtafel scharf am Schirm ist. Lies dann die Entfernung mit der Entfernungsskala ab.

Wie weit ist das Spiegelbild von der Kamera entfernt?

A.:

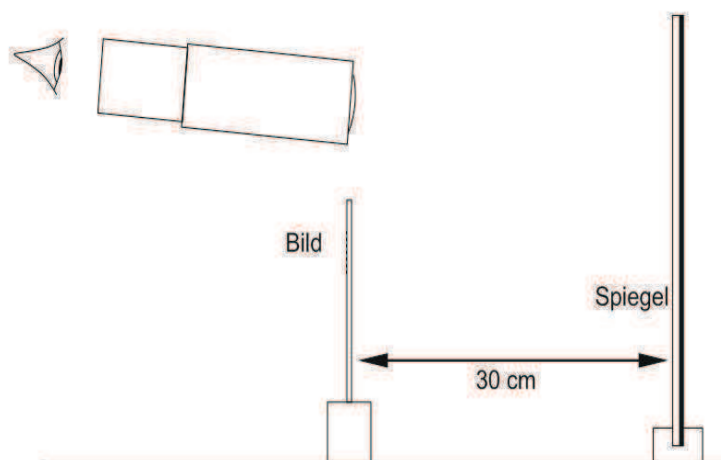


Abb. 4: Mit einem Entfernungsmesser wird der Ort eines Spiegelbildes bestimmt

2) Stelle als nächstes die Kamera so ein, dass das Pickerl scharf ist. Lies erneut die Entfernung des Spiegelbildes mit der Entfernungsskala ab.

Wie weit ist das Pickerl von der Kamera entfernt?

A.:

3) Wie weit ist also das Spiegelbild der Bildtafel vom Spiegel entfernt?

A.:

4) Zeichne die Stelle hinter dem Spiegel an, wo du mit dem Entfernungsmesser das Spiegelbild siehst.

Entferne den Spiegel und verschiebe danach die Bildtafel an diese Stelle, wo das Spiegelbild war.

Miss mit dem Entfernungsmesser wieder von der Stelle weg, wo die Bildtafel ursprünglich gestanden ist. Was fällt dir auf?

A.:

Wir fassen zusammen:

*Der Ort des Spiegelbildes befindet sich hinter dem Spiegel.
Der Abstand vom Gegenstand zum Spiegel und vom Spiegelbild zum Spiegel sind gleich.
Spiegelbild und Gegenstand liegen daher symmetrisch zum Spiegel.*

Es ist auch egal, von wo du auf den Spiegel siehst, das Spiegelbild ist immer am gleichen Ort. Wie das genau gemeint ist, schauen wir uns jetzt an.

Versuch: Eine Kerze wird vor eine Glasplatte gestellt. Die Glasplatte wirkt teilweise wie ein Spiegel. Ein Becherglas wird hinter das Glas gestellt. Das Becherglas wird so verschoben, dass das Spiegelbild der Kerze im Becherglas erscheint (siehe Abbildung 2).

Von welcher Position du auch auf die Glasplatte schaust, die Kerze ist immer im Wasserglas (siehe Abbildung 1). Das Spiegelbild erscheint immer am selben Ort.

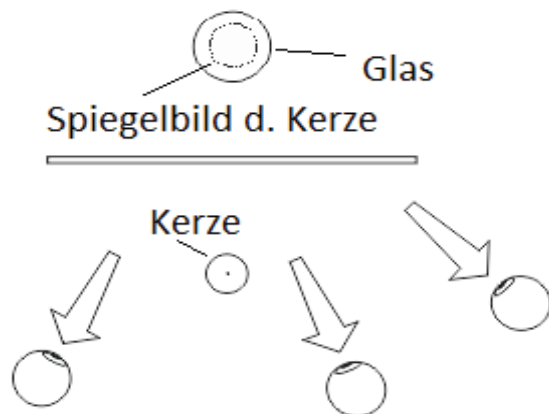


Abb. 1: Die Kerze ist immer im Glas. Es ist egal, von wo man auf den Spiegel sieht.

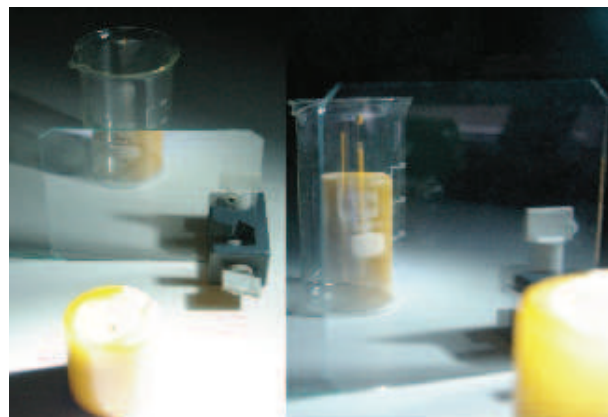


Abb. 2: Kerze und Becherglas im gleichen Abstand vor und hinter der Glasscheibe

Beantworte:

- a) Bei Architekten und Architektinnen sind Spiegel sehr beliebt, weil Räume durch Spiegel größer wirken. Kann man die gleiche Wirkung erzielen, wenn man ein Foto des Spiegelbildes statt dem Spiegel an die Wand hängt? Begründe mit dem Entfernungsmesser!

A.:

- b) Du beobachtest einen stehenden Bleistift mit dem Kameramodell im Spiegel (siehe Abbildung 1). Wie weit ist das Spiegelbild von der Kamera entfernt? Berechne!

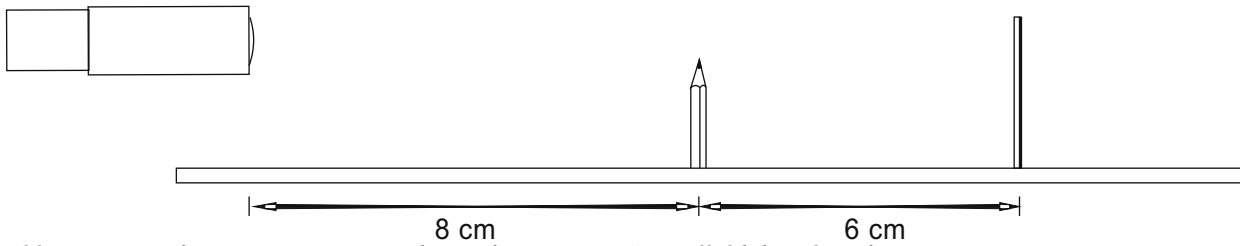


Abb. 1: Der Entfernungsmesser misst die Entfernung zum Spiegelbild des Bleistifts

Die Konstruktion eines Spiegelbildes

Der Ort des Spiegelbildes ist für alle Beobachterpositionen gleich. Du kannst diesen Ort daher allgemein konstruieren. Du gehst dabei so vor, wie du es im Mathematikunterricht bereits gelernt hast.

Erinnerung: „Spiegeln“ an einer Spiegellinie (Die Spiegellinie ist die Linie an der gespiegelt wird).

- Zeichne von einem Punkt, den du spiegeln möchtest, eine Normale auf die Spiegellinie.
- Nimm den Abstand des Punktes zur Spiegellinie in den Zirkel.
- Schlage diesen Abstand mit dem Zirkel auf der anderen Seite der Normalen ab. Dort ist der Bildpunkt.

Das Foto unterhalb zeigt dir, warum du eine Normale zeichnen musst (siehe Abbildung 1).

Beschreibe in deinen eigenen Worten, warum du eine Normale beim Spiegeln zeichnen musst!

Gib auch die physikalische Begründung an, warum du den Abstand zwischen Gegenstand und Spiegellinie nach hinten mit dem Zirkel abschlagen musst, um zum Ort des Spiegelbildes zu kommen!

A.:

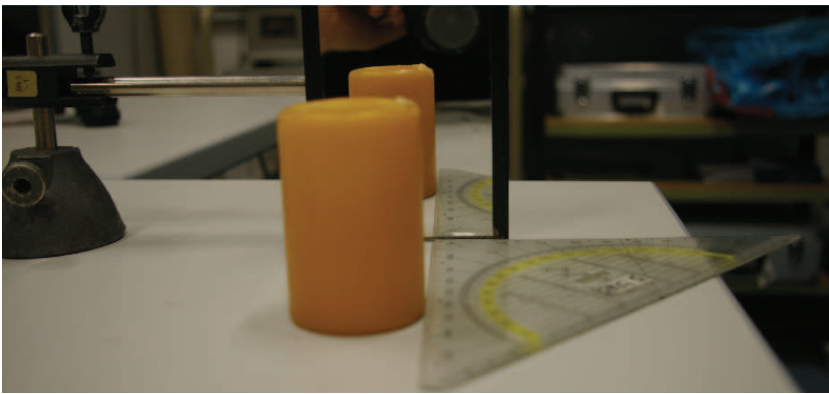


Abb. 1: Die Verbindungslinie von Kerze und gespiegelter Kerze steht normal auf den Spiegel.

Aufgaben:

- a) Auf einem Tisch steht ein Becher vor einem Spiegel (siehe Abbildung 2).

1) Konstruiere das Spiegelbild des Bechers. Beginne mit den Eckpunkten des Bechers.

2) Der Spiegel ist jetzt um 30° nach rechts gekippt (siehe strichlierter Spiegel in Abbildung 2). Konstruiere das neue Spiegelbild des Bechers in einer anderen Farbe.

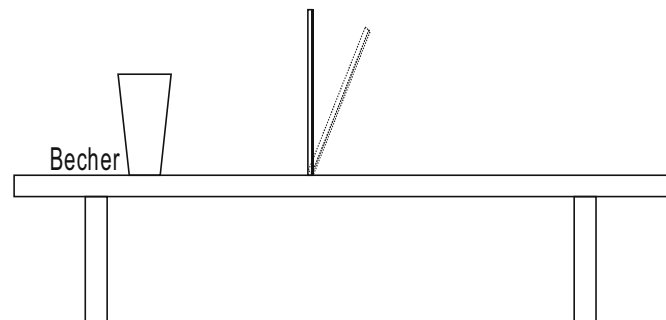


Abb. 2: Ein Becher steht vor einem Spiegel

- b) Konstruiere das Spiegelbild des Turms, wenn er sich im See spiegelt.

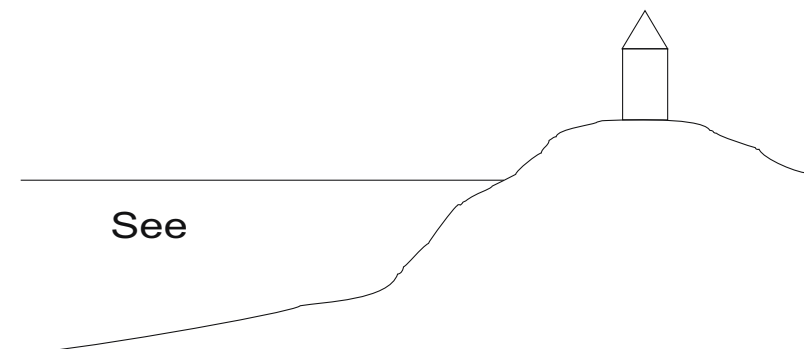


Abb. 3: Der Turm wird an der Wasseroberfläche gespiegelt

Die Reflexion

Die Reflexion, ein Sonderfall der Streuung

Du hast bis jetzt gelernt, wo das Spiegelbild entsteht. Du hast aber noch nicht gehört, warum überhaupt ein Spiegelbild entsteht. Was passiert mit dem Licht an der Oberfläche eines Spiegels?

Beschreibe die Unterschiede wie ein Papierkarton und ein Spiegel Licht weitersenden. Was geschieht, wenn beide mit einem Spot beleuchtet werden (siehe Abbildung 1)?

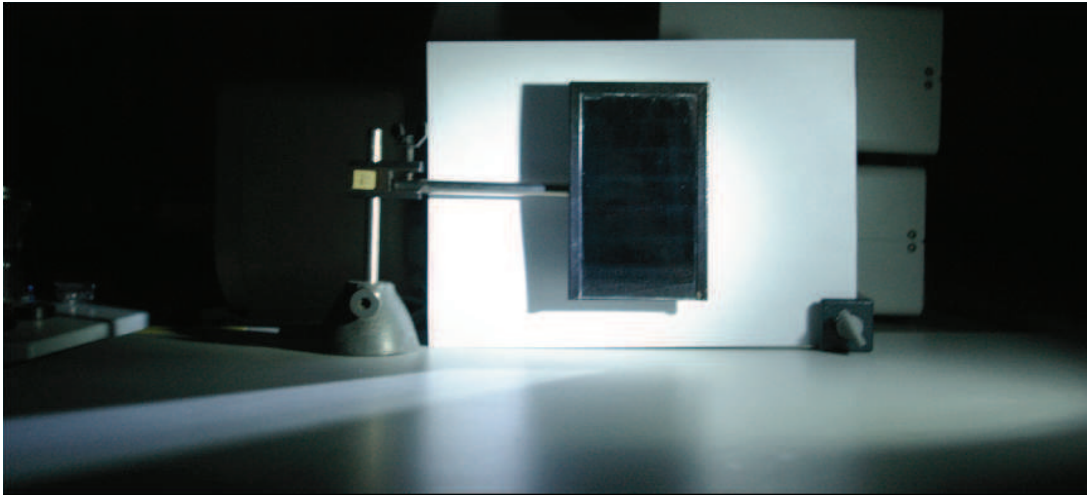


Abb. 1: Der Spiegel und der dahinter liegende Karton werden mit einem Spot beleuchtet.

Der Spiegel erscheint schwarz, weil das einfallende Licht am Beobachter vorbei gestreut wird. Das Licht vom Scheinwerfer wird in diesem Fall vom Spiegel nicht in das Auge des Beobachters weitergestrahlt. Das Stück Karton hingegen erscheint aus allen Beobachtungsrichtungen hell.

Auf der Tischfläche kannst du auch erkennen, dass ein gewisser Bereich aufgehellt ist. Das ist Licht, das vom Spiegel nach schräg unten reflektiert wird.

Der Spiegel streut also das Licht des Spots überwiegend in eine bestimmte Richtung (= Vorzugsrichtung). Diese **spezielle Form der Streuung** heißt **Reflexion**. Reflexion tritt vor allem an glatten Oberflächen auf. Ein Spiegel kann bis zu 99% des einfallenden Lichtes reflektieren.

Die folgende Grafik zeigt dir nochmals den Unterschied zwischen allgemeiner Streuung und Reflexion (siehe Abbildung 2):

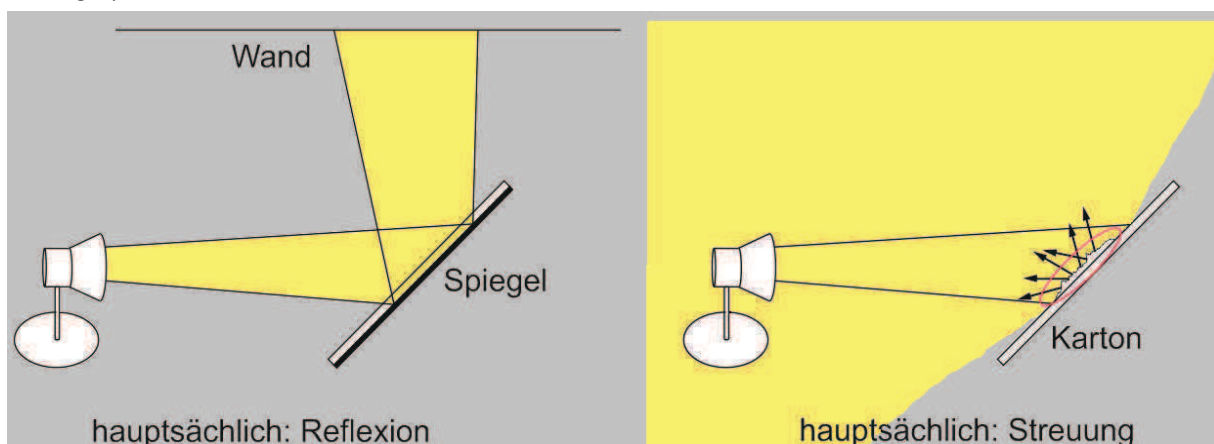


Abb. 2: Der Unterschied zwischen Reflexion und Streuung

Wie du schon von früher weißt: Wegen der mikroskopisch kleinen Unebenheiten des Kartons wird das Licht in alle möglichen Richtungen verteilt. Deshalb wird Licht an der Kartonoberfläche gestreut.

Das Reflexionsgesetz

Du weißt, die Reflexion ist ein Sonderfall der Streuung. Bei der Reflexion wird das einfallende Licht fast vollständig in eine bestimmte Richtung gestreut. Du lernst jetzt, wie du diese Richtung finden kannst, in die das Licht reflektiert wird.

Versuch:

Vor euch in der Klasse steht ein kleiner Spiegel. Der Reihe nach geben Schüler an, welche Schülerinnen und Schüler sie in diesem kleinen Spiegel sehen können. Die Schüler, die sich sehen können, werden mit einer Schnur als „Lichtweg“ über den Spiegel verbunden.

- Fertige eine Skizze zu diesem Versuch an! Zeichne in die Skizze **dich**, einen **Mitschüler**, die **Schnur** und den **Spiegel** ein!
- Wenn du einen Mitschüler/eine Mitschülerin im Spiegel sehen kannst, dann kann dieser/diese Mitschüler/in.....
- Was passiert, wenn einer der Schüler mit der Taschenlampe auf den Spiegel leuchtet?

Das Reflexionsgesetz ist die Regel, die beschreibt, in welche Richtung Licht reflektiert wird. Um es zu finden, musst du zuerst ein paar Begriffe lernen:

- Lichtstrahl* = Ein sehr dünner Lichtkegel, der als Strich dargestellt wird
- Lot* = Senkrechte Linie auf die reflektierende Fläche
- Einfallswinkel* = Winkel zwischen dem einfallenden Lichtstrahl und dem Lot
- Ausfallswinkel* = Winkel zwischen dem reflektierten Lichtstrahl und dem Lot

Das Reflexionsgesetz kannst du nun mit einer optischen Scheibe finden (siehe Abbildung 1). Deine Lehrkraft führt mit euch mehrere Messungen durch. Die Lichtstrahlen werden auf die Mitte des Spiegels gelenkt. Danach wird der Einfallswinkel und der Ausfallswinkel gemessen. Fülle die Tabelle in Abbildung 1 aus!

Einfallswinkel	Ausfallswinkel

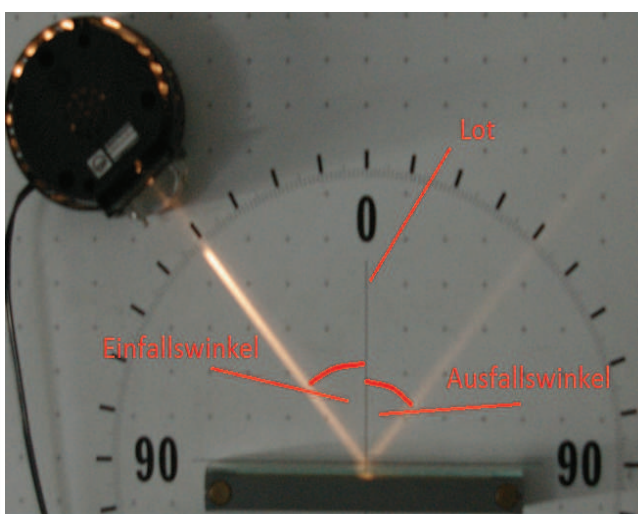


Abb. 1: Lies an der optischen Scheibe jeweils Einfalls- und Ausfallswinkel ab und trage sie in die Tabelle ein!

Das Reflexionsgesetz lautet:

Einfallswinkel = Ausfallswinkel ($\alpha = \beta$)
Einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl liegen in einer Ebene.

In Abbildung 1 nebenan siehst du, wie einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl in einer Ebene liegen.

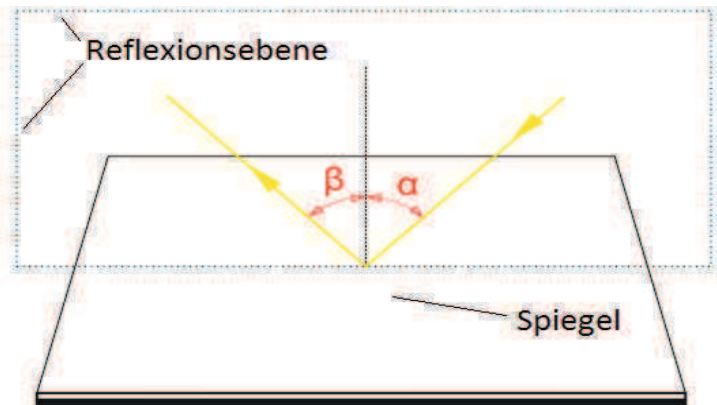


Abb. 1: So verläuft ein Lichtstrahl bei der Reflexion.

Aufgaben:

- a) Zeichne jeweils den reflektierten Lichtstrahl ein (siehe Abbildung 2)!

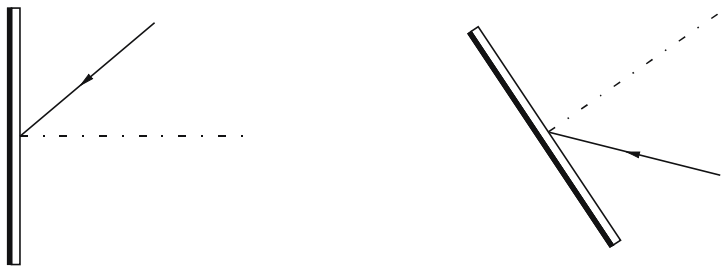


Abb. 2: Ein Lichtstrahl trifft auf einen Spiegel

- b) Zeichne, wie der der Lichtkegel am Spiegel reflektiert wird (siehe Abbildung 3)!
 An welcher Stelle trifft der Lichtkegel die Wand?
 Für die Konstruktion:
 Nutze zwei Lichtstrahlen an den Rändern des einfallenden Lichtkegels als Stellvertreter für den ganzen Lichtkegel.

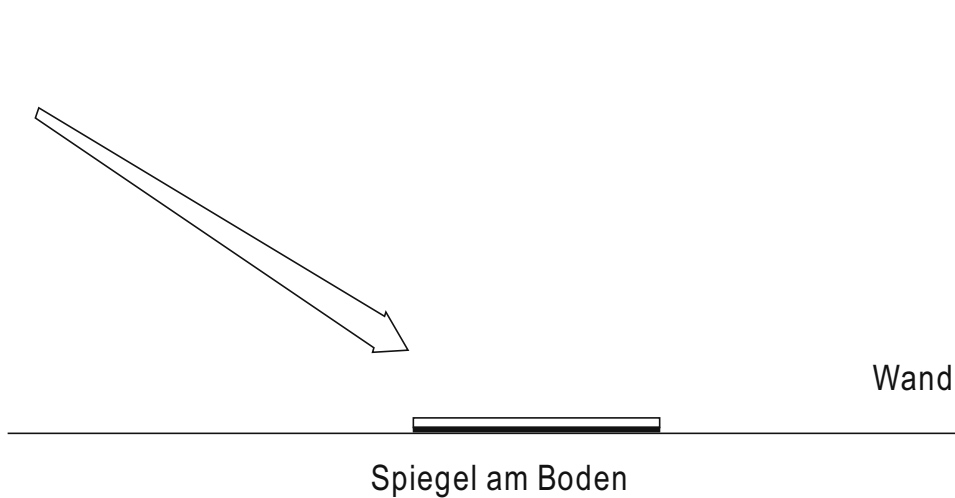


Abb. 3: Ein Lichtkegel wird an einem Spiegel reflektiert

- c) Erkläre in eigenen Worten, was der Unterschied zwischen Streuung und Reflexion ist:

Streuung:.....

Reflexion:.....

- d) Betrachte Abbildung 1 nebenan. Auch bei der Streuung an einer rauen Oberfläche kannst du das Reflexionsgesetz anwenden. Warum wird das Licht durch die mikroskopisch kleinen Unebenheiten in verschiedene Richtungen verteilt?

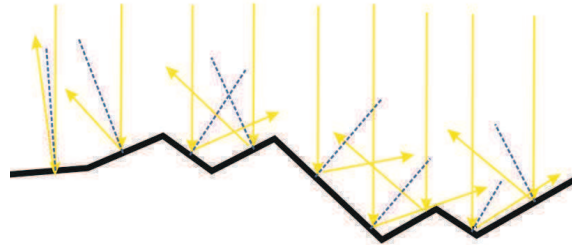


Abb. 1: Auch bei einer rauen Oberfläche gilt das Reflexionsgesetz.

Das Spiegelbild und das Reflexionsgesetz

Du weißt bereits, wo das Spiegelbild entsteht. Du weißt aber noch nicht, warum überhaupt ein Spiegelbild entsteht. Das Reflexionsgesetz wird dir erklären, warum es so etwas wie Spiegelbilder gibt.

Erinnere dich, was du über das Spiegelbild eines Gegenstandes bereits weißt:

- Das Spiegelbild entsteht hinter dem Spiegel und zwar gleich weit hinter dem Spiegel, wie sich der Gegenstand vor dem Spiegel befindet.
- Der Ort des Spiegelbilds bleibt gleich, auch wenn du deine Position vor dem Spiegel änderst.
- Das Licht geht vom Gegenstand über den Spiegel zum Auge des Beobachters. Das Reflexionsgesetz gilt für den Lichtweg.
- Ein Gegenstand wird in der Richtung wahrgenommen, aus der das Licht in das Auge des Beobachters fällt.

Die folgende Aufgabe zeigt dir, warum das Spiegelbild spiegelsymmetrisch zum Gegenstand liegt (siehe Abbildung 1):

- a) Konstruiere zuerst das Spiegelbild der Kerzenflammspitze durch „Spiegeln“.
- b) Konstruiere dann den weiteren Verlauf des eingezeichneten Lichtkegels. Nutze dabei das Reflexionsgesetz!
- c) Verlängere den **reflektierten** Kegel über den Spiegel hinaus. Wo schneiden sich die Ränder des Kegels?

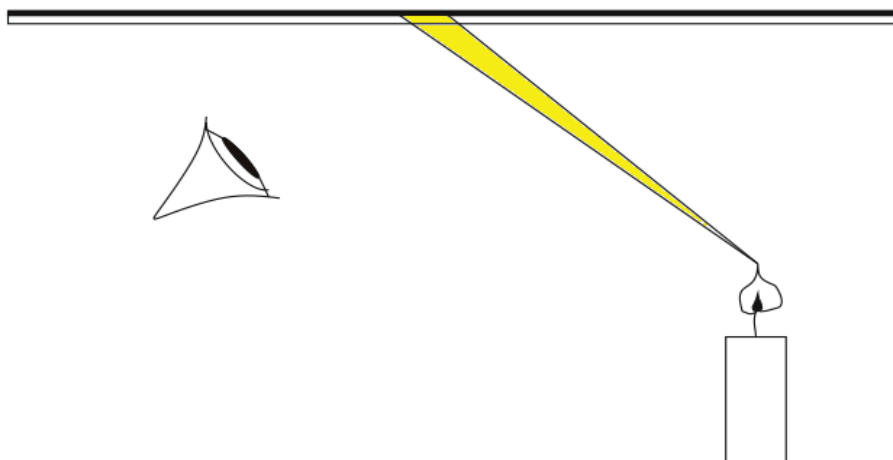


Abb. 1: Der Lichtkegel der Flammenspitze trifft auf einen Spiegel

Warum sieht ein Beobachter das Spiegelbild an dem Ort, den du konstruiert hast?

Ein Gegenstand wird immer in der Richtung wahrgenommen, aus der das Licht ins Auge fällt. Die „Vergangenheit“ des Lichtkegels vor der Reflexion spielt keine Rolle für das, was du siehst. Die Lichtquelle siehst du immer in der Verlängerung des Lichtkegels, der in dein Auge trifft. Das ist der Grund warum es so etwas wie ein Spiegelbild gibt. Bei dem Spiegelbild handelt es sich um ein **virtuelles Bild**, weil das Licht nicht wirklich von einem Punkt hinter dem Spiegel kommt.

Die folgende Aufgabe zeigt dir, warum verschiedene Beobachter das Spiegelbild immer an derselben Stelle sehen (siehe Abbildung 1):

- a) Konstruiere den weiteren Verlauf der Lichtkegel.
- b) Zeichne zwei verschiedene Beobachter-Augen ein, in die die beiden reflektierten Lichtkegel fallen können.
- c) Wo nehmen die beiden Beobachter jeweils das Spiegelbild wahr?

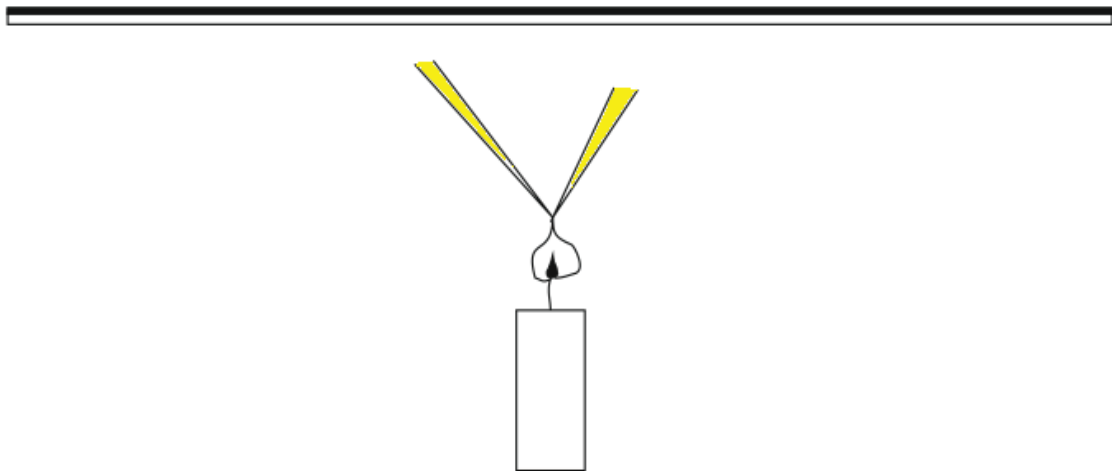


Abb. 1: Die beiden Lichtkegel werden am Spiegel reflektiert.

Die Brechung

Wie du bereits weißt, strömt Licht geradlinig. Das Licht kommt aber nicht immer auf einer direkten Linie von einem Sender in das Auge. Das kann passieren, wenn das Licht zwischen Sender und Auge „gebrochen“, also geknickt wird.

Die folgenden Experimente verdeutlichen dir, was damit gemeint ist.

Führe diese Experimente zu Hause durch:

- a)
- 1) Lege auf den Boden eines Topfes oder einer Schüssel eine Münze (siehe Abbildung 1).
 - 2) Setze dich so, dass du gerade noch den hinteren Rand der Münze sehen kannst.
 - 3) Gieße vorsichtig Wasser in den Topf oder die Schüssel, ohne den Kopf zu bewegen
 - 4) Was beobachtest du, wenn das Wasser im Topf steigt? Notiere!

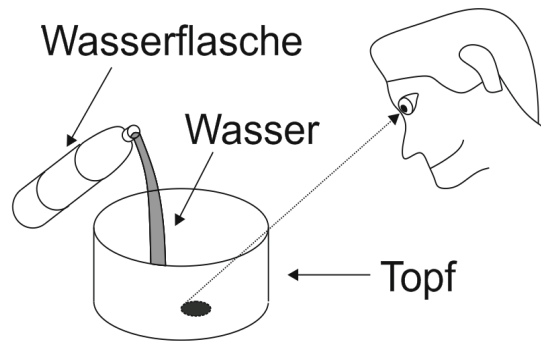


Abb. 1: Du beobachtest eine Münze in einem Topf

- b)
- 1) Besorge dir ein ca. 10 cm langes Stück von einem Strohhalm.
 - 2) Fülle in eine flache Schüssel etwa 5 cm hoch Wasser.
 - 3) Fixiere den Strohhalm mit Kaugummi am Rand der Schüssel. Der Strohhalm soll dabei einen Winkel von ungefähr 30° mit der Wasseroberfläche bilden. Der Strohhalm darf nicht ins Wasser eintauchen (siehe Abbildung 2).
 - 4) Lege eine Münze so in die Schüssel, dass du den von dir entfernten Rand der Münze durch den Strohhalm sehen kannst.
 - 5) Als nächstes schiebst du einen langen Spieß durch den Strohhalm.
 - 6) Trifft der Spieß die Münze an der Stelle, die du durch den Strohhalm gesehen hast? Notiere, was du beobachtest!

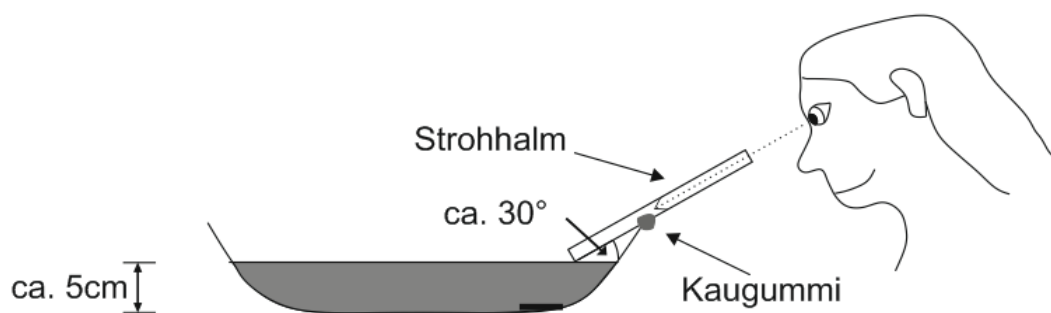


Abb. 2: Du siehst die Münze durch den Strohhalm.

- c)
- Sieh dir Abbildung 2 noch einmal an:
- 1.) Zeichne ein, wo der Spieß ist.
 - 2.) Warum kannst du die Münze überhaupt sehen? Beschreibe den Lichtweg bis in dein Auge!
 - 3.) Vergleiche den Weg, den der Spieß markiert, mit dem Lichtweg von der Münze zum Auge! Glaubst du dass es Unterschiede zwischen beiden Wegen gibt? Begründe deine Entscheidung!

Lösungen:

Versuch a) (siehe Abbildung 1):

In diesem Versuch kannst du beobachten, dass du einen größeren Teil der Münze siehst, wenn Wasser im Topf ist. Die Münze erscheint „angehoben“, je mehr Wasser in den Topf fließt. Die Münze bleibt jedoch immer am gleichen Ort, weil ihr Material dichter als Wasser ist. Auch wenn Wasser im Topf ist, strömt das Licht von der Münze in dein Auge. Das Licht der Münze nimmt aber nicht den direkten Weg in dein Auge.

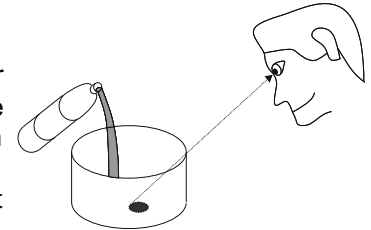


Abb. 1: Versuch a - "Die gehobene Münze"

So kannst du verstehen, warum die Münze angehoben erscheint (siehe Abbildung 2):

Das Licht, das von der Münze kommt, wird an der Wasseroberfläche umgelenkt. Wir sagen dazu es wird gebrochen. Das Auge nimmt die Münze in der Richtung wahr, aus der das Licht in die Pupille einfällt. Erwinnere dich, das ist hier ähnlich wie beim Spiegelbild. Du siehst ein virtuelles Bild der Münze. Die Münze erscheint angehoben.

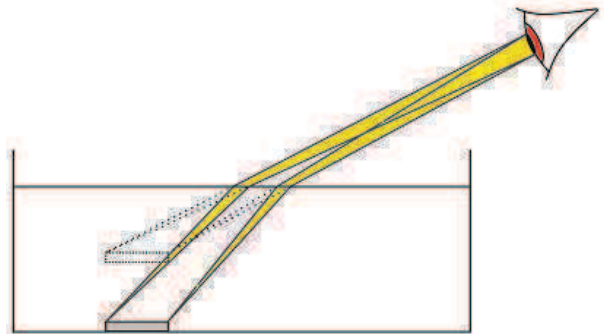


Abb. 2: Die Münze wird an einer höheren Stelle wahrgenommen, als sie tatsächlich ist. Sie erscheint angehoben.

Versuch b) (siehe Abbildung 3):

Im Versuch b stellst du fest, dass du durch den Strohhalm die Münze sehen kannst. Ein Spieß durch den Strohhalm kann die Münze aber nicht treffen. Die Münze liegt also nicht direkt vor dem Strohhalm.

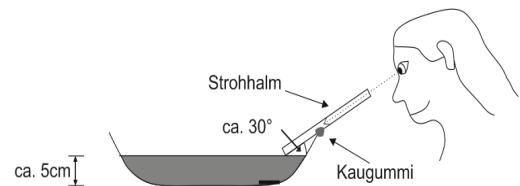


Abb. 3: Versuch b - "Die aufgespießte Münze"

Warum kannst du die Münze trotzdem durch den Strohhalm sehen?

Durch den Strohhalm kommt das Licht geradlinig von der Wasseroberfläche (siehe Abbildung 4). Im Wasser selbst breitet sich das Licht ebenfalls geradlinig aus. Es muss also einen Knick im Lichtweg geben. Nur so kann das Licht der Münze ins Auge gelangen. Das Licht wurde an der Wasseroberfläche gebrochen.

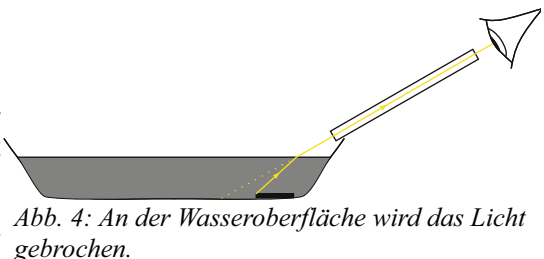


Abb. 4: An der Wasseroberfläche wird das Licht gebrochen.

Das Brechungsgesetz

Du wirst dich jetzt lernen, wann Brechung auftritt und welche Arten von Brechung es gibt. Unten siehst du wie ein Lichtstrahl an einem Acrylglasblock gebrochen wird (siehe Abbildung 1). Du siehst auf dem Foto nicht nur mehrere Brechungen sondern auch Reflexionen.

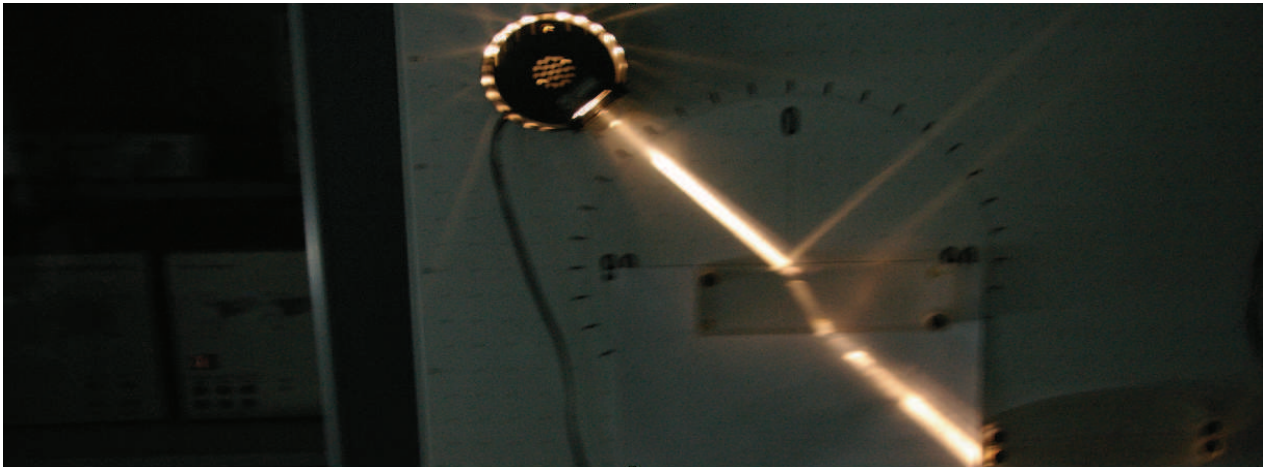


Abb. 1: Ein Lichtstrahl wird an Acrylglas gebrochen und reflektiert.

Aufgabe:

- Kennzeichne im Foto:
 - die Stellen, an denen Brechung stattfindet, mit "B"
 - die Stellen, an denen Reflexion stattfindet, mit "R"
- Überlege mit deinem Sitznachbarn: Gibt es eine Regel wann Brechung und wann Reflexion stattfindet?

Du siehst in Abbildung 1:

- Verläuft der Lichtstrahl von Luft zu Acrylglas, wird er an der Grenze steiler. Wir bezeichnen das als Brechung zum Lot.
- Verläuft der Lichtstrahl vom Acrylglas zur Luft, wird er an der Grenze flacher. Wir bezeichnen das als Brechung zum Lot.

Der Brechvorgang wird mit den Größen Einfallswinkel α und Brechungswinkel β beschrieben (siehe Abbildung 2). Einfallswinkel und Brechungswinkel werden zum Lot gemessen. Erinnerung: Das Lot ist eine senkrechte Linie auf die Fläche, an der das Licht gebrochen wird.

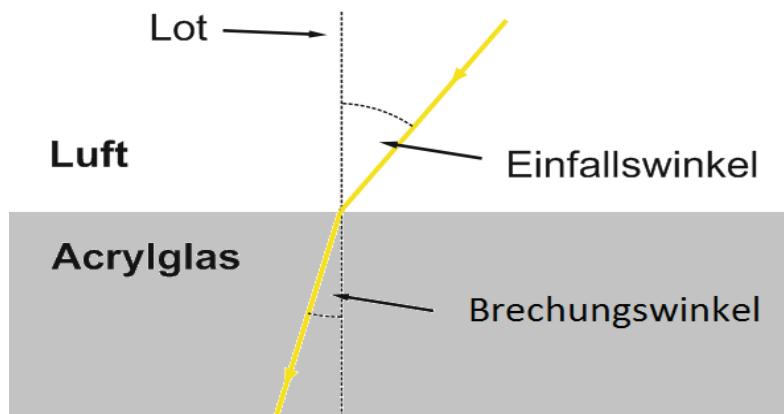


Abb. 2: Die Brechung wird mit den Begriffen Lot, Einfallswinkel und Ausfallswinkel beschrieben. Hier siehst du eine schematische Darstellung von der Brechung zum Lot.

Du siehst, die Brechung entsteht durch den Verlauf des Lichtes von einem Stoff in einen anderen Stoff. Luft und Acrylglas sind für Licht „anders“. Diese unterschiedliche Eigenschaft von Luft und Acrylglas wird durch den Begriff optische Dichte beschrieben. Wenn ein Stoff optisch dichter ist, dann bewegt sich das Licht langsamer in diesem Stoff fort.

Für Fortgeschrittene: Unterhalb siehst du Screenshots von einem Applet von Leifi Physik. Dieses Applet zeigt dir, wie du dir die Brechung vorstellen kannst.

http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/lesestoff/02snellius/snellius.htm

Die Achse eines Spielzeugautos rollt von einer glatten Oberfläche auf eine raue Oberfläche. Das linke Rad der Achse kommt zuerst auf die raue Oberfläche. Das linke Rad wird also früher abgebremst. Die Achse kippt.

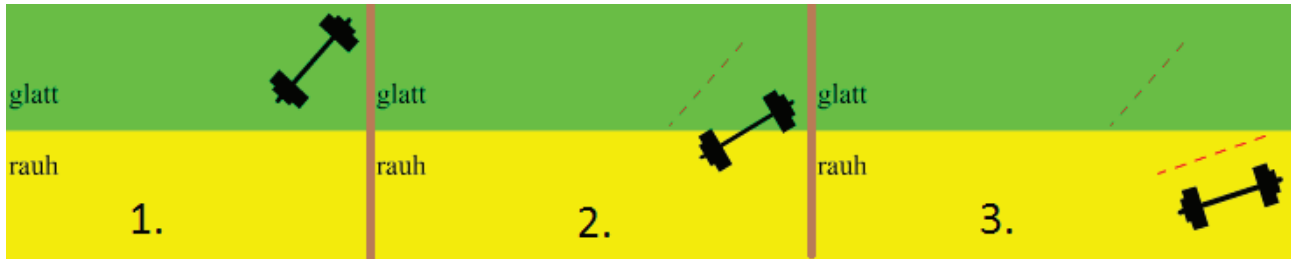


Abb. 1: Die Achse wird an der rauhen Oberfläche abgebremst.

Wann tritt Brechung vom Lot bzw. zum Lot auf? Das **Brechungsgesetz** beantwortet diese Frage:

*Brechung zum Lot: Ein Lichtstrahl läuft von einem optisch dünneren in einen optisch dichteren Stoff.
(Beispiel: Übertritt von Luft zu Wasser)*

*Brechung vom Lot: Ein Lichtstrahl läuft von einem optisch dichteren in einen optisch dünneren Stoff.
(Beispiel: Übertritt von Wasser zu Luft)*

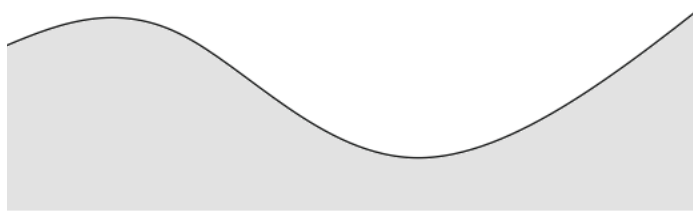
Für die Brechung ist alleine der Übertritt des Lichts zwischen den Stoffen verantwortlich. Brillen und Lupen funktionieren durch Brechung. Tauchst du eine Lupe in Wasser, so funktioniert sie schlechter. Das liegt daran, dass der Übergang des Lichtes von Glas zu Wasser sanfter ist, als von Glas zu Luft.

Aufgabe:

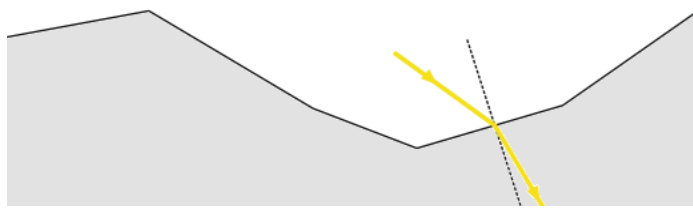
Beschreibe in eigenen Worten was passiert, wenn Licht durch eine Linse durchgeht! Verwende zu deiner Erklärung die Brechung! Erwähne dich zum Beispiel an die Lochkamera mit Linse!

Brechung von Licht an einer gekrümmten Oberfläche

Wie wird Licht an einer nicht geraden Oberfläche gebrochen? Um diese Frage zu beantworten, zerlegen wir dieses neue Problem in lauter kleine bekannte Probleme. Stell dir vor, dass eine gekrümmte Fläche aus lauter kleinen ebenen Flächenstücken besteht. Für diese Flächenstücke wendest du jeweils das bekannte Brechungsgesetz an (siehe Abbildung 1).



- ☐ optisch dünnerer Stoff
- ☐ optisch dichter Stoff



- ☐ optisch dünnerer Stoff
- ☐ optisch dichter Stoff

Abb. 1: Eine gekrümmte Fläche wird durch mehrere ebene Flächen angenähert.

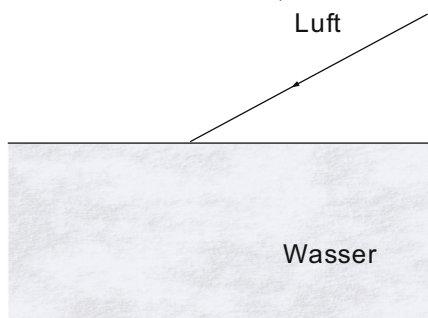
Erinnere dich an den Mathematikunterricht: Mit einer Tangente kannst du eine Kurve an einer Stelle am besten annähern!

Aufgaben:

Josef hat sich die Mühe gemacht und einige Lichtübergänge ausgemessen. Hier ist seine Tabelle:

Einfallswinkel α in Luft (in Grad)	Brechungswinkel β in Acrylglas (in Grad)	Brechungswinkel β in Wasser
10	6,6	7,5
20	13,2	14,9
30	19,5	22,1
40	25,4	28,9
50	30,7	35,2
60	35,3	40,6
70	38,8	45
80	41	47,8
90	41,8	48,8

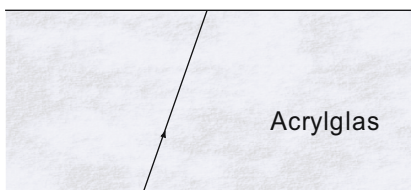
- a) Verwende Josefs Tabelle, um den weiteren Verlauf des Lichtstrahls einzuzeichnen!



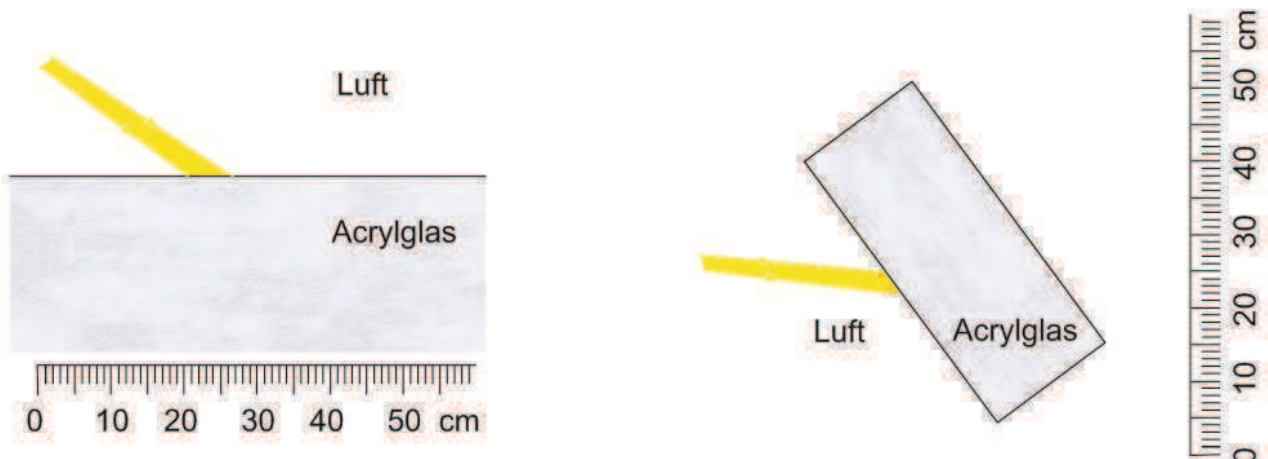
- b) Was glaubst du: Ändert sich etwas in deiner Zeichnung in Beispiel a, wenn das Licht in umgekehrte Richtung, also von Wasser zu Luft strömt?
Betrachte dazu Abbildung 1 auf Seite 47!
Formuliere einen passenden Merksatz zu deiner Vermutung!

- c) Nutze deine Vermutung aus b um den weiteren Verlauf des Lichtstrahls einzuzeichnen!
Lies dazu Josefs Tabelle richtig!

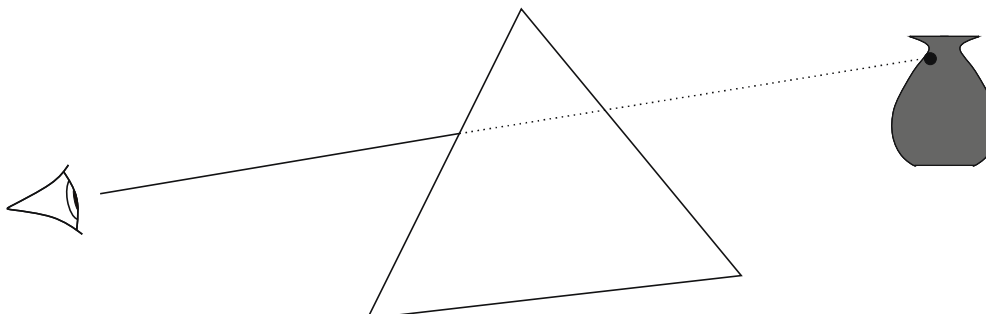
Luft



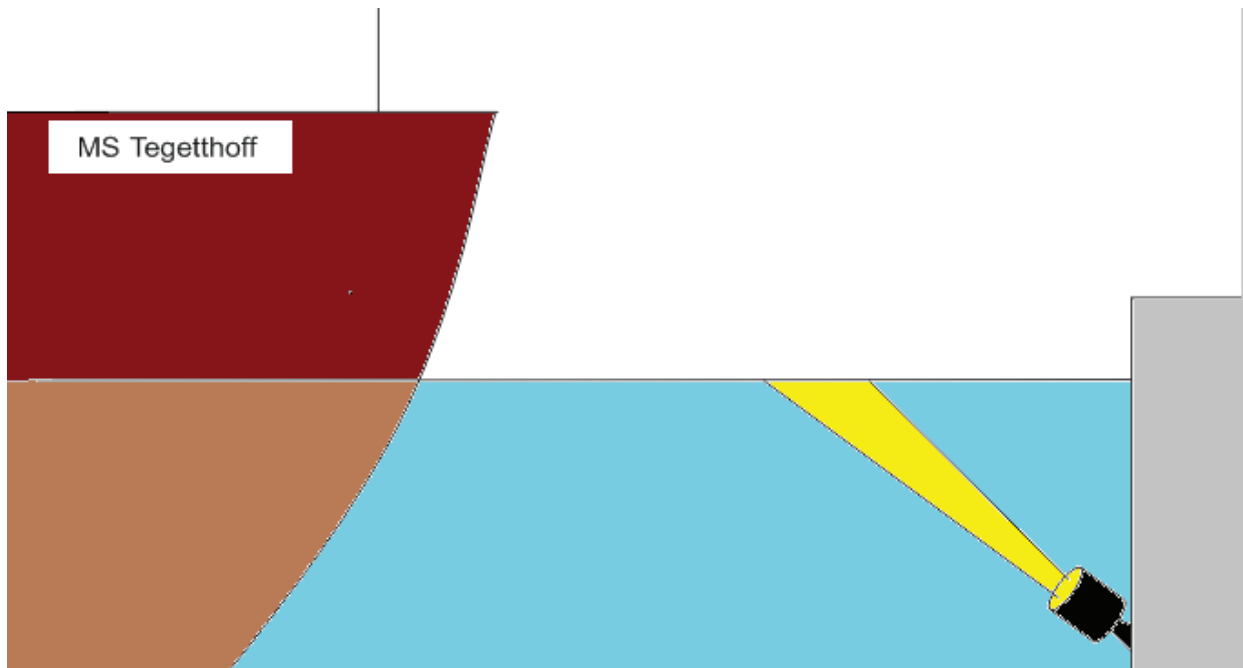
- d) Zwischen welchen Markierungen trifft der Lichtkegel auf das Lineal?



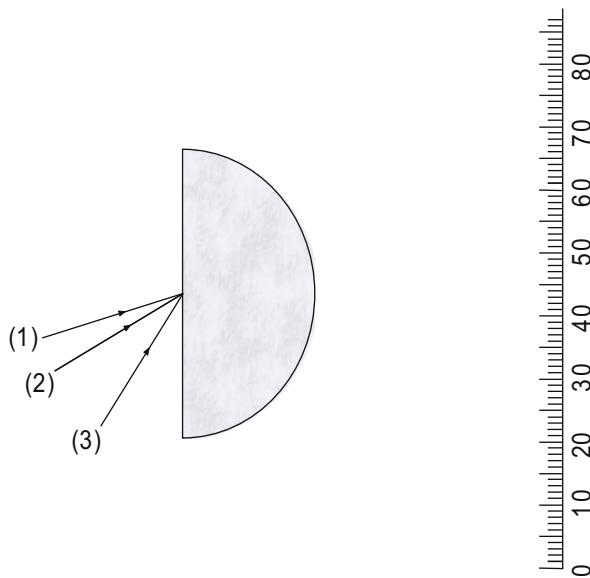
- e) Eleonore sieht durch ein Acrylglasprisma und sieht die Vase an dem gezeichneten Ort. In welcher Richtung steht die Vase wirklich?
(Konstruiere mit Hilfe von Josefs Tabelle! Schätze Zwischenwerte!)



- f) Das Schiff soll abends im Hafen beleuchtet werden. Trifft der Scheinwerfer die Schiffswand?



- g) Wo treffen die Lichtstrahlen auf das Lineal? Nutze Tangenten zur Annäherung der Kreisfläche!



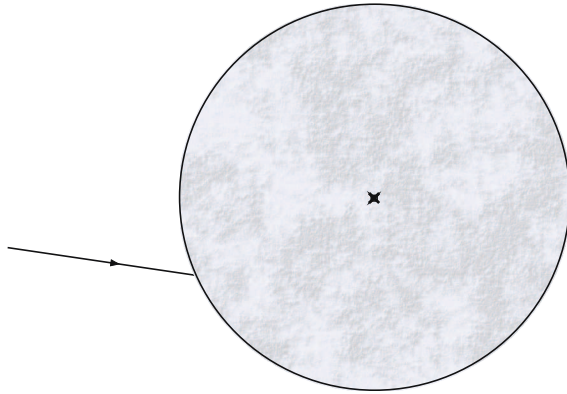
h) Für Fortgeschrittene:

Ein Lichtstrahl trifft auf einen Wassertropfen, der hier kugelförmig eingezeichnet ist. Zeichne den weiteren Verlauf des Lichtstrahls beim Verlassen des Wassertropfens.

1) Benutze Josefs Tabelle.

2) Schätze notfalls Zwischenwerte ab.

3) Nähere die Kugelfläche durch Tangenten an!



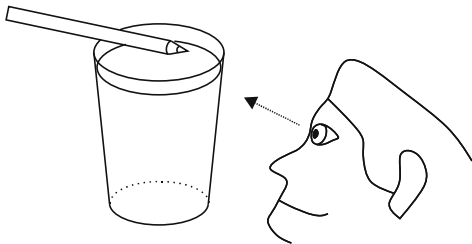
Die Totalreflexion

Betrachte nochmal Abbildung 1 auf Seite 46. Du siehst, dass bei den verschiedenen Übergängen ein Teil des Lichtes gebrochen wird, ein Teil des Lichtes wird reflektiert. Tritt Totalreflexion auf, wird das gesamte Licht reflektiert und es tritt keine Brechung auf.

- Totalreflexion kann nur auftreten, wenn das Licht von einem optisch dichten in ein optisch dünneres Medium übertritt.
- Damit Totalreflexion auftreten kann, muss das Licht sehr flach auf die Grenzfläche auftreffen. Der Winkel an dem Totalreflexion auftritt, heißt Grenzwinkel.

Beobachte zu Hause:

Lege einen Bleistift auf ein mit Wasser gefülltes Glas. Was beobachtest du, wenn du von schräg unten möglichst flach zum Bleistift blickst (siehe Abbildung 1)?



A.: Wenn man ganz flach schaut, dann sieht die Wasseroberfläche von unten aus wie ein Spiegel.

Abb. 1: Blicke schräg hinauf zum Bleistift!

Deine Lehrkraft zeigt dir folgenden Versuch. Beobachte:

In einen Glasbehälter wird Zuckerwasser mit etwas Milch gegeben. Deine Lehrkraft leuchtet mit einem Laserpointer leicht schräg in den Behälter hinein (siehe Abbildung 2). Du siehst wie der Laserstrahl gebogen wird.

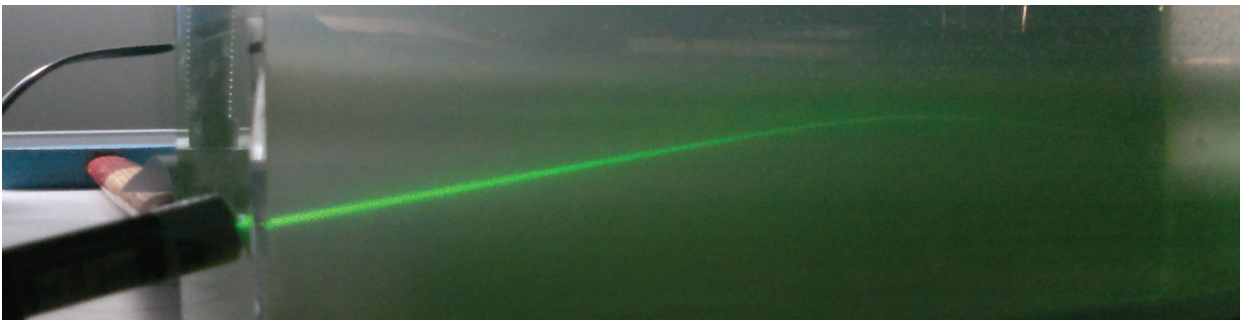


Abb. 2: Der Laserstrahl wird im Zuckerwasser "gebogen"

Das Zuckerwasser hat im Behälter nicht überall die gleiche Konzentration. Unten befindet sich mehr Zucker, dort ist das Wasser dichter. (Vor allem optisch dichter!) Stell dir vor, dass mehrere Schichten mit unterschiedlich dichten Flüssigkeiten im Behälter sind. Leuchtet man von unten in den Behälter hinein, durchläuft der Laserstrahl immer wieder Übergänge von optisch dichteren Schichten zu optisch dünneren Schichten. Das bedeutet jedes Mal eine Brechung vom Lot. Irgendwann verläuft der Laserstrahl so flach, dass Totalreflexion auftritt und der Laserstrahl reflektiert wird. Danach gibt es jedes Mal Brechung zum Lot. Der Laserstrahl bildet sozusagen einen Bogen.

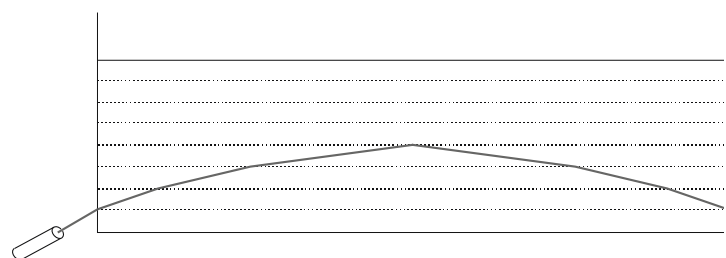


Abb. 3: Der Laserstrahl geht durch unterschiedlich dichte Schichten von Zuckerwasser

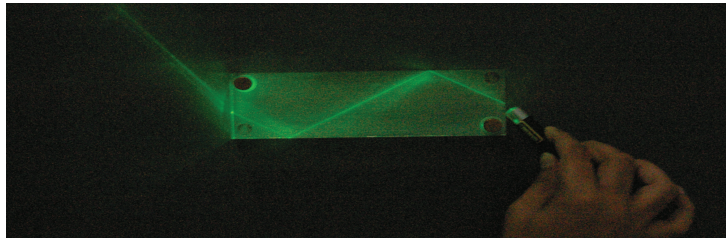
Frage: Warum kannst du den Laserstrahl überhaupt sehen?

Die Totalreflexion ist für viele technische Anwendungen sehr interessant:

Man benutzt dünne Glasfasern, um Lichtsignale und mit ihnen Informationen zu übermitteln. Diese Glasfasern heißen auch **Lichtleiter**.

Die Fasern sind so dünn, dass das Licht nur sehr flach auf die Außenwände auftreffen kann. Es tritt ausschließlich Totalreflexion auf.

Mit diesen Lichtleitern kann Licht über große Distanzen und sogar um Kurven geschickt werden. Große Datenmengen werden heute mit Glasfaserkabeln übertragen.



Das Prinzip hinter der Glasfaser erkennst du schön in Abbildung 1. *Abb. 1: Der Laserstrahl ist im Glasblock eingesperrt*

Auch für **Tischlampen** eignen sich Glasfasern (siehe Abbildung 2):

Die Lichtquelle befindet sich im Sockel der Lampe. Die feinen Glasfasern transportieren das Licht bis an die Spitzen der Fasern. An den Spitzen sind kleine Kügelchen, die das Licht verlassen kann.

Warum leuchten in Abbildung 2 die Fasern nicht so hell, wie die Kügelchen am Ende der Fasern?



Abb. 2: Eine Lampe aus Glasfasern

A.:

In der Medizin werden Lichtleiter ebenfalls eingesetzt. Man benutzt **Endoskope** um Nase, Magen oder Darm von innen zu betrachten (siehe Abbildung 3).

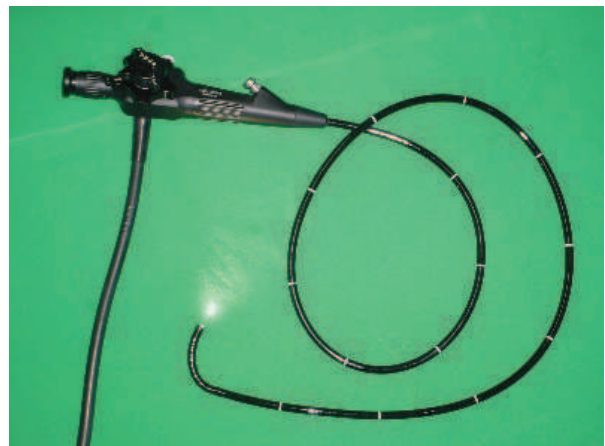


Abb. 3: Ein Endoskop

Abbildungen mit der Sammellinse

Du hast die Sammellinse schon kennengelernt, als du deine Lochkamera verbessert hast. Die Sammellinse ist ein optischer Bauteil, der Licht sammelt. Die Sammellinse nutzt dabei das Prinzip der Lichtbrechung.

Du lernst nun, wie Sammellinsen Gegenstände abbilden:

Beobachte:

Deine Lehrkraft beleuchtet Gegenstände und bildet sie mit einer Sammellinse auf einem Schirm ab (siehe Abbildung 1). Du siehst, dass das Bild wie bei der Lochkamera verkehrt und kopfstehend ist.

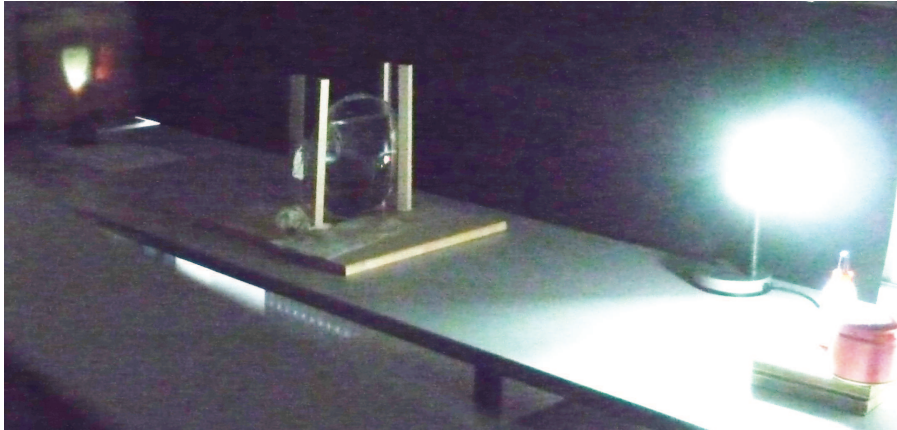


Abb. 1: Eine große Sammellinse bildet Gegenstände auf einem Schirm ab.

Das besondere an dem Bild der Gegenstände ist, dass es auch ohne Schirm dort ist, wo der Schirm ist.

Was passiert, wenn man den Schirm wegnimmt? Ist wirklich in der Luft ein Bild (siehe Abbildung 2)?



Abb.2: Der Schirm wird weggenommen.

Stelle dich so hin, dass du hinter dem Schirm stehst und durch die Linse auf den Gegenstand schauen könntest (ähnlich Abbildung 2).

- Stell deinen Entfernungsmesser auf den Schirm scharf!
- Deine Lehrkraft nimmt jetzt den Schirm weg. Was beobachtest du?

A.:

Wie entsteht das Bild einer Sammellinse?

Überlege für eine leuchtende LED:

Die Linse bündelt einen Teil des Lichtes, das die LED abstrahlt. Vom Leuchtfleck breitet sich das Licht in einem immer größer werdenden Lichtkegel aus. Die Sammellinse wandelt diesen größer werdenden Lichtkegel in einen zusammenlaufenden Lichtkegel um. Das funktioniert durch die Brechung an der Linse. Dieses Licht wird auf dem Bildfleck konzentriert (siehe Abbildung 1).

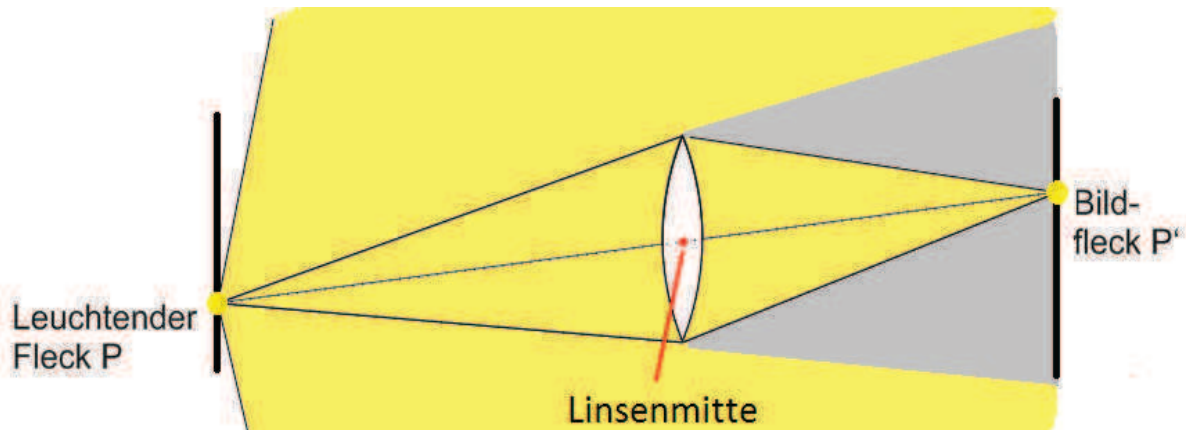


Abb. 1: Die Linse bündelt einen Lichtkegel, der von einem Leuchtfleck kommt. Das Licht wird in einem Punkt konzentriert.

Leuchtfleck, Bildfleck und Linsenmitte liegen auf einer Geraden (siehe Abbildung 1). Das erinnert dich vielleicht an die Lochkamera. Die Linse funktioniert ähnlich wie das Loch bei der Lochkamera. Die Linse verwendet jedoch einen größeren Teil des Lichtes, das die LED abstrahlt. (Erinnere dich, wir haben in die Lochkamera eine Linse eingebaut, um ein helleres Bild zu erhalten.)

Als nächstes erforschst du, wie die Sammellinse mehrere Lichtflecken gleichzeitig abbildet. Deine Lehrkraft wird dazu wieder den LED Spot verwenden. Sie deckt einzelne LEDs des Spots ab.

Du siehst, die Bilder der anderen LEDs ändern sich dadurch nicht. Die Lichtkegel der verschiedenen LEDs stören sich nicht. Wenn eine LED abgedeckt wird, verändert sich das Bild der anderen LEDs nicht.

Die folgende Abbildung veranschaulicht das Prinzip der ungestörten Durchdringung der Lichtkegel (siehe Abbildung 2):

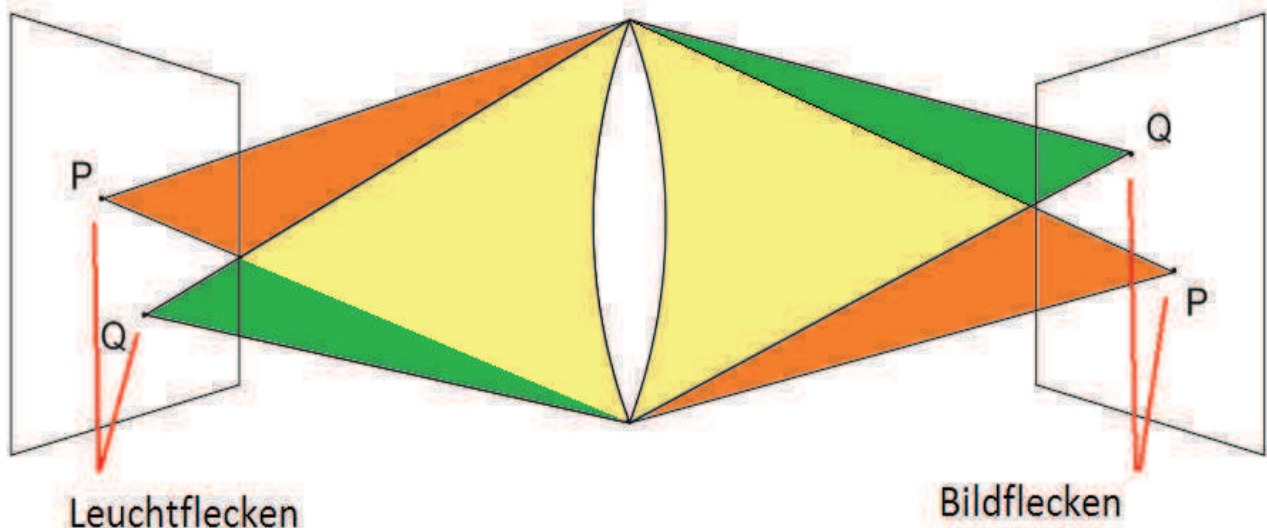


Abb. 2: Ungestörte Durchdringung von Lichtkegeln verschiedener Leuchtflecken

Wie du schon weißt, kannst du dir einen sichtbaren Gegenstand als eine Zusammensetzung von vielen leuchtenden Flecken vorstellen. Eine Sammellinse führt den Abbildungsvorgang für alle diese Flecken durch, so entsteht das Bild.

So wird ein Gegenstand durch eine Sammellinse abgebildet:

- **Zerlegen:** Ein sichtbarer Gegenstand besteht aus vielen Teilen, die Licht abstrahlen (Leuchtflecke). Das Licht von jedem Fleck, das auf die Linse fällt, bildet einen Lichtkegel.
- **Sammeln:** Die Sammellinse führt diesen Lichtkegel wieder zusammen und bildet einen neuen Lichtkegel, der zusammenläuft. Befindet sich ein Schirm dort, wo der neue Lichtkegel seine Spitze hat, entsteht auf dem Schirm ein scharfer Bildfleck P' .
- **Zusammensetzen:** Jeder Leuchtfleck des Gegenstandes hat einen Bildfleck. Alle Bildflecken setzen sich zu einem Bild des Gegenstandes zusammen. Das Bild ist kopfstehend und seitenverkehrt.

Aufgabe:

- Formuliere in eigenen Worten, wann wir in der Physik von einem Bild eines Gegenstandes sprechen!
- Eine Bildtafel wird mit einer Sammellinse auf einem Schirm abgebildet (siehe Abbildung 1)

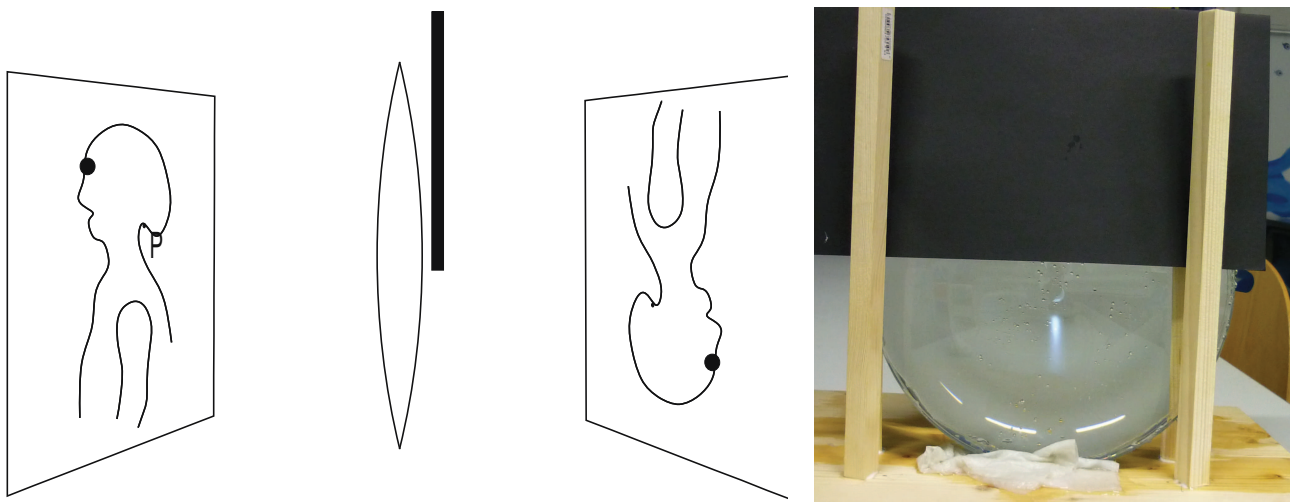


Abb. 1: Wie verändert sich das Bild, wenn ein Teil der Linse abgedeckt wird?

- Wie verändert sich das Bild, wenn ein Teil der Linse abgedeckt wird?
A.:
- Begründe deine Meinung mit der Abbildung des Punktes P und zeichne die Lichtkegel ein!
A.:

Die Konstruktion des Bildes bei der Sammellinse

Zuvor hast du gelernt, warum eine Linse Gegenstände abbilden kann. Jetzt wirst du lernen, wie du den Ort und die Größe des Bildes bestimmst.

Lichtstrahlen

Du wirst im Folgenden mit Lichtstrahlen arbeiten. Diese Lichtstrahlen erhältst du, wenn du ganz dünne Lichtkegel aus einem großen Lichtkegel herausgreifst (siehe Abbildung 1).

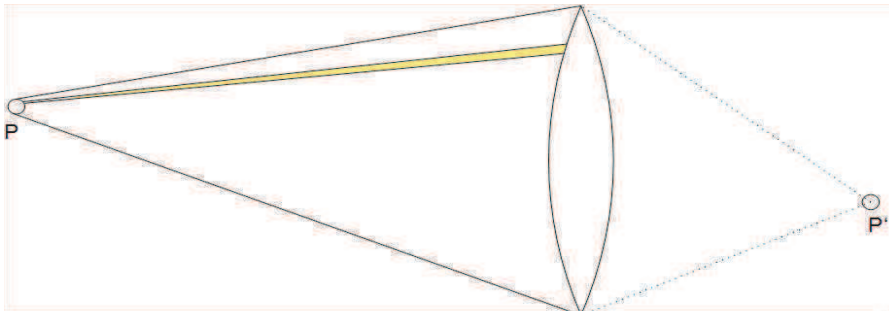


Abb. 1: Von dem großen Lichtkegel wird nur ein Lichtstrahl betrachtet.

Die Lichtstrahlen werden dir später helfen, das Verhalten des ganzen Lichtkegels zu verstehen.

Als nächstes musst du dir überlegen, wie ein Lichtstrahl durch die Linse verändert wird. In Abbildung 2 siehst du, wie ein Lichtstrahl durch die Linse zweimal gebrochen wird.

Aufgabe: Zeichne im Foto die beiden Stellen ein, an denen der Strahl gebrochen wird!

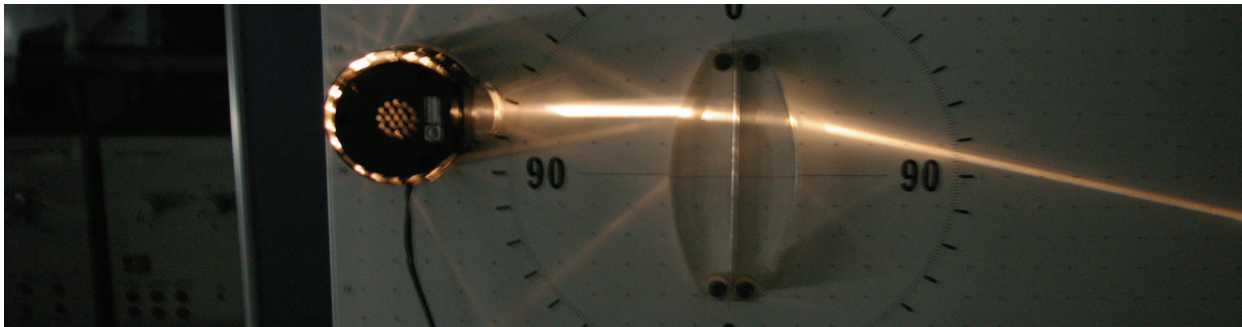


Abb. 2: Ein Lichtstrahl wird an einer Linse zweimal gebrochen

Versuche nun zur Übung in den nächsten beiden Aufgaben richtige Wege für die Lichtstrahlen zu finden:

- a) In Abbildung 3 ist ein Lichtkegel eingezeichnet, der vom Leuchtfleck P durch die Linse geht und beim Bildfleck P' zusammenläuft. Zwei Lichtstrahlen sind bis zur Linse gezeichnet. Zeichne ein, wie die Lichtstrahlen von der Linse zum Bildfleck P' gelangen.

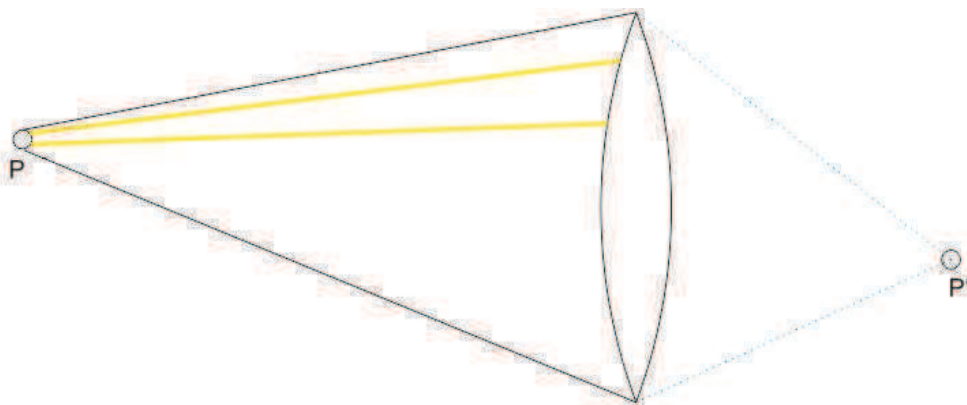


Abb. 3: Zwei Lichtstrahlen treffen auf eine Linse.

b) Wie kommen die Lichtstrahlen in Abbildung 1 vom Leuchtfleck P zur Linse?

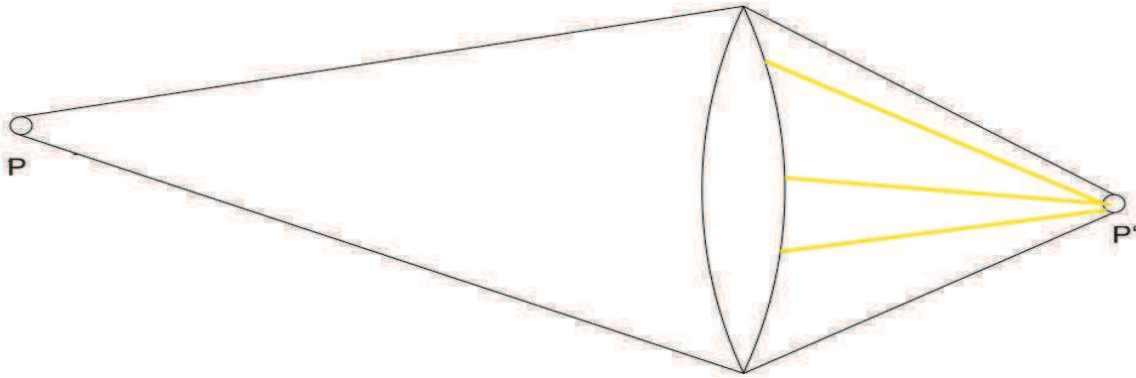


Abb. 1: 3 Lichtstrahlen gelangen von der Linse zum Punkt P'.

Brennpunkt und Brennweite

Die Funktion der Sammellinse ist es, einfallendes Licht so umzulenken, dass es in zusammenlaufenden Kegeln verläuft. Die Begriffe Brennpunkt und Brennweite beschreiben wo und wie stark die Linse das Licht sammelt.

Brennpunkt (F): Im Brennpunkt wird das Licht auf Stelle zusammengeführt, das parallel zur optischen Achse¹ einfällt.

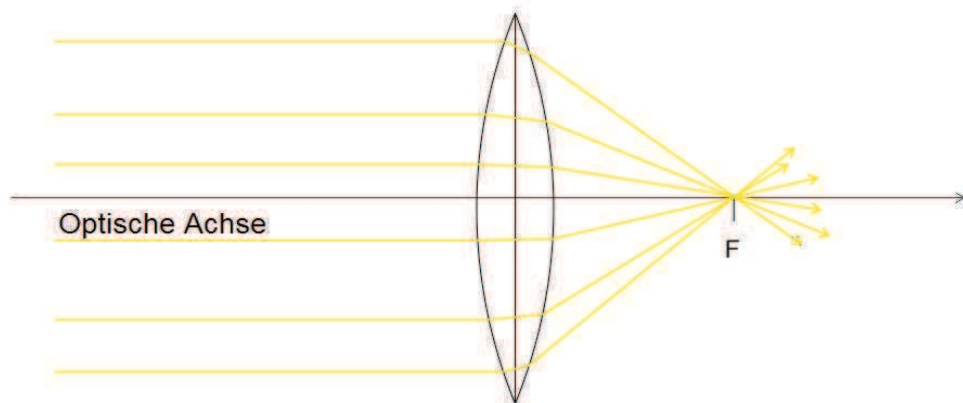


Abb. 2: Im Brennpunkt sammelt sich das Licht, das parallel zur optischen Achse einfällt

Brennweite (f): Die Brennweite ist der Abstand vom Brennpunkt zur Linsenmitte.

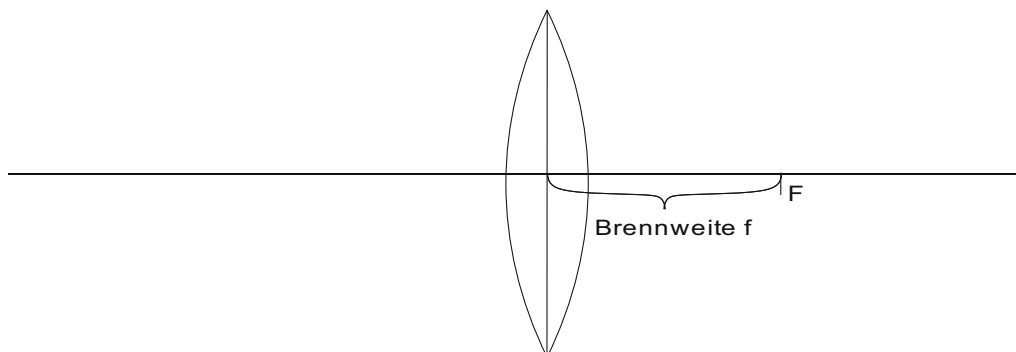


Abb. 3: Der Abstand von Linsenmitte zu Brennpunkt ist die Brennweite.

Den Brennpunkt einer Sammellinse kannst du leicht mit Sonnenlicht finden. Das Sonnenlicht trifft annähernd parallel auf die Erde. Bewege die Linse bei Mittagssonne über dem Boden auf und ab, bis der helle Punkt am Boden möglichst klein ist. Das ist der Brennpunkt deiner Sammellinse. Je kleiner der Abstand vom Brennpunkt zur Linse ist, desto stärker bricht die Linse das einfallende Licht ab.

¹ Die optische Achse siehst du in Abbildung 2 eingezeichnet. Sie steht senkrecht auf die Linsenmitte.

Die Stellvertreter – Parallelstrahl und Mittelpunktstrahl

Diese beiden Strahlen werden gerne verwendet, weil ihr Verlauf leicht zu konstruieren ist. Schneiden sich Parallelstrahl und Mittelpunktstrahl eines Lichtkegels in einem Bildpunkt, so tun das (fast) alle anderen Strahlen des Lichtkegels auch. Deshalb sind diese Strahlen Stellvertreter für den Lichtkegel.

Der Parallelstrahl: Der Parallelstrahl trifft parallel zur optischen Achse auf die Linse und läuft danach durch ihren Brennpunkt.

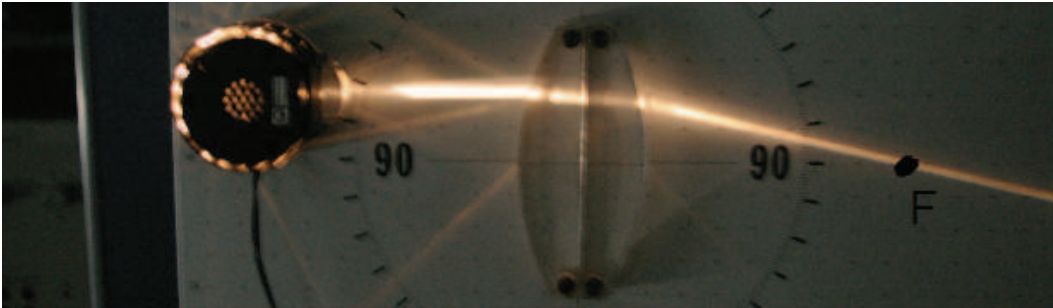


Abb. 1: Ein Parallelstrahl wird durch den Brennpunkt gebrochen

Der Mittelpunktstrahl: Der Mittelpunktstrahl geht fast geradlinig durch die Linse durch.
(Das gilt näherungsweise für dünne Linsen. Durch die zweifache Brechung kommt es bei dickeren Linsen zu einer deutlichen Versetzung des Strahls.)



Abb. 2: Der Mittelpunktstrahl geht gerade durch die Linse durch

Frage: Was tut ein Lichtstrahl, der durch den Brennpunkt auf eine Linse trifft?

A.: Er verläuft danach parallel zur optische Achse weiter.

So konstruierst du das Bild einer Sammellinse

In Abbildung 1 wird dir gezeigt, wie du mit Hilfe der Stellvertreter das Bild von Punkt P finden kannst.

Hast du P' gefunden kannst du auch den Lichtkegel einzeichnen. Alle anderen Strahlen des Lichtkegels von P müssen sich ebenfalls in P' schneiden. Du kannst jetzt also beliebig viele Lichtstrahlen durch die Linse einzeichnen! Das Bild von P entsteht auch, wenn man diesen beiden Stellvertretern den Weg versperrt. Erwinnere dich an die zum Teil abgedeckte Linse von Seite 54!

- Konstruiere das Bild von Q!
- Zeichne die Lichtkegel ein!

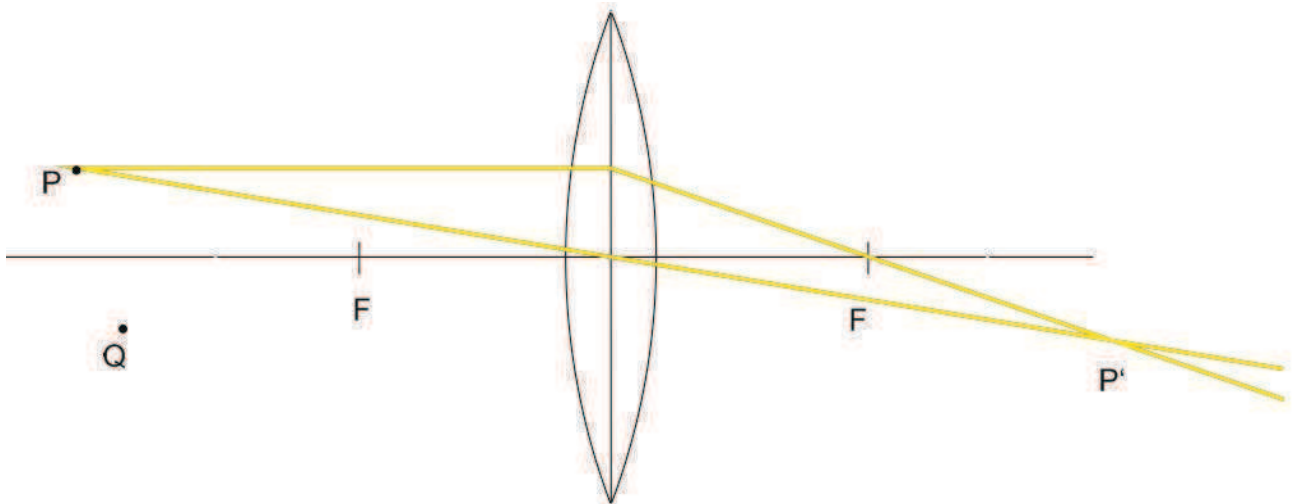


Abb. 1: P' kannst du mit der Hilfe der Stellvertreter finden

Konstruiere!

- P und Q sind die Endpunkte einer Kerze (siehe Abbildung 2). Bestimme die Bildpunkte P' und Q' mit Hilfe von Parallel- und Mittelpunktstrahl. Skizziere danach das Bild der Kerze. Überprüfe mit der Abbildung eines beliebigen Punktes der Kerze, wie gut deine Skizze ist! (Bleistift spitzen!)

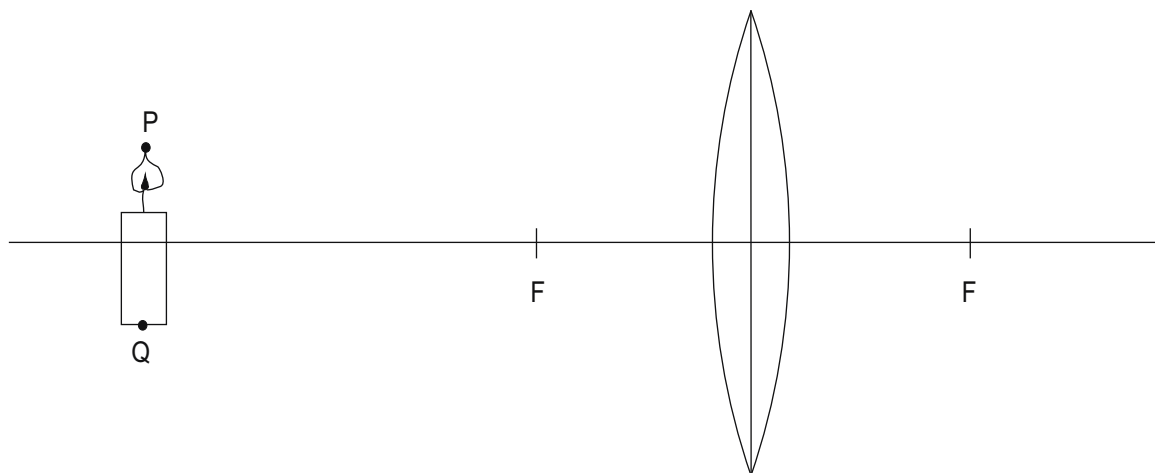


Abb. 2: Konstruiere das Bild der Kerze!

b) Konstruiere die Bilder der Pfeile! (Kannst du dir bei der Konstruktion vielleicht Arbeit sparen?)

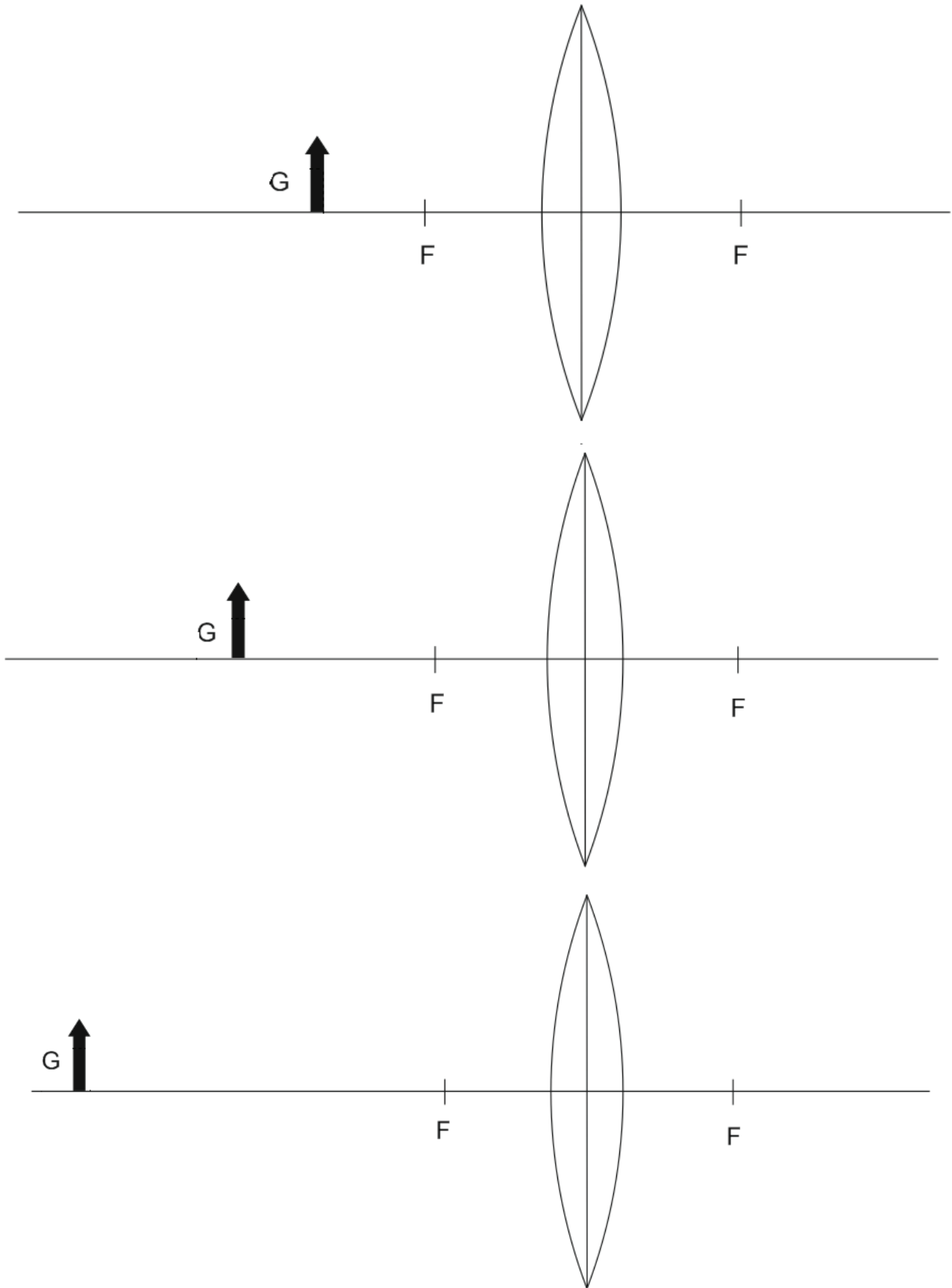


Abb. 1: Die Pfeile werden durch die Linse abgebildet

- c) Fotoapparate enthalten kleine Sammellinsen. Passt das Bild des Baumes in den Fotoapparat (siehe Abbildung 1)?

Erinnere dich: Der Parallelstrahl ist nur ein Stellvertreter für viele andere Lichtstrahlen. Auch wenn er abgedeckt wird oder gar nicht durch die Linse geht, kannst du ihn zur Konstruktion verwenden. Es geht schließlich weiterhin ein Lichtkegel von jedem Leuchtfleck durch die Linse. Damit du den *Parallelstrahl* verwenden kannst, musst du die Ebene durch die Linsenmitte einfach gerade nach oben und unten verlängern.

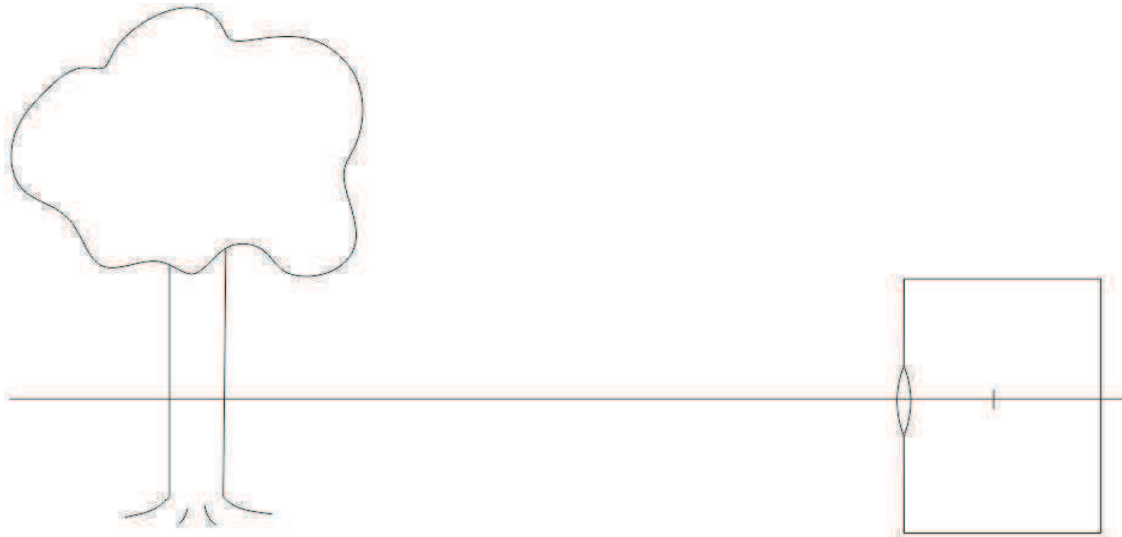


Abb. 1: Der Baum wird mit dem Fotoapparat fotografiert

- d) Zwei Kerzen sollen gleichzeitig abgebildet werden. (siehe Abbildung 2)
Kannst du den Schirm so aufstellen, dass von beiden Kerzen scharfe Bilder aufgefangen werden? (Begründe durch Konstruktion!)

A.:

Bei Fotoapparaten möchte man oft Gegenstände in unterschiedlicher Entfernung scharf auf dem Sensor abbilden. Näherungsweise ist das möglich. Diese Fähigkeit einer Kamera nennt man Schärfentiefe.

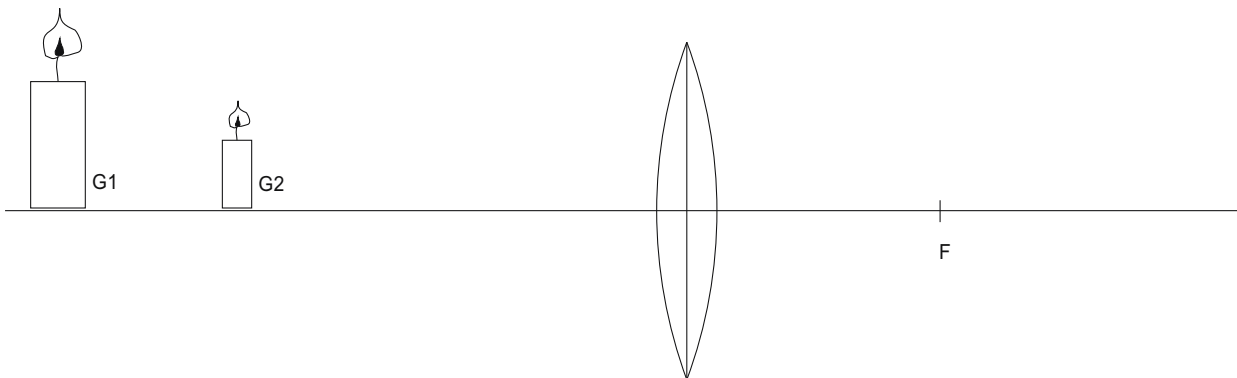


Abb. 2: Beide Kerzen werden durch die Linse abgebildet

- e) Wo unterscheidet sich der Abbildungsvorgang mit der Lochkamera und mit dem einer Linse?

A.: Bei der Lochkamera ist das Bild immer scharf, egal wo der Schirm ist. _____

Welche Gemeinsamkeit gibt es?

A.: Das Bild ist bei beiden seitenverkehrt und auf den Kopf gestellt. _____

Anhang E: Endfassung der Unterrichtsmaterialien

Eine Kerze, ein Glastisch und zwei verschiedene Fotos!



Abb. 1: Fotografie mit Blitz



Abb. 2: Fotografie ohne Blitz

Das Foto eines Gegenstandes hängt sehr davon ab, ob er bei Tageslicht, bei Kerzenlicht mit und ohne Blitz fotografiert wird. (Siehe obige Abbildungen 1 u. 2) Im linken Bild wurde die Kerze mit Blitzlicht fotografiert, im rechten wurde sie nur durch die Kerzenflamme und eine Deckenlampe beleuchtet. Einmal sieht die Kerze ganz weiß aus, bei der zweiten Fotografie wirkt sie gelblich. Die Farbe eines Gegenstandes ist abhängig vom Licht, mit dem er bestrahlt wird.

Innerhalb der Physik befasst sich der Bereich der Optik mit dem Sehvorgang und der Ausbreitung von Licht. Damit wir einen Gegenstand sehen können, muss erst Licht von diesem Gegenstand in unser Auge fallen. Das Licht ist sozusagen der Informationsträger für unseren Sehsinn. Der Gegenstand kann dabei selber leuchten oder als Zwischensender empfangenes Licht weitergeben.

Es gibt aber noch anderes in den Bildern zu bemerken: Am linken Foto kannst Du Staubteilchen auf dem Glastisch erkennen. Erst durch den Blitz wurden sie stark genug beleuchtet um im Vergleich zum Hintergrund sichtbar zu werden. (Ähnlich funktioniert das auch bei Gesichtsfotos mit Pickeln und Falten ☺) Mit den Gesetzen der Optik kannst Du auch erklären, warum Du einerseits durch die Glasplatte durchsehen kannst, sich aber auch gleichzeitig die Kerze in der Glasplatte spiegelt. Das Licht folgt gewissen Regeln, wenn es sich ausbreitet.

Findest Du noch andere Besonderheiten auf diesen beiden Fotografien?

Wir bauen eine Lochkamera!

Bevor wir uns weiter mit dem Thema Optik beschäftigen, werden wir ein Kameramodell basteln. Wir beginnen mit der einfachsten Form einer Kamera, der Lochkamera. Hebe sie gut auf! Wir werden sie noch verbessern und sie oft im Unterricht brauchen.

Du benötigst:



- *Chipdose
- *Schwarzer Fotokarton (ev. Schwarzes Tonpapier)
- *Klebeband
- *Gummiringerl
- *Transparentpapier
- *dünner Nagel
- *Hammer
- *Schere
- *Klebstoff
- *Dosenöffner

Abb.: Diese Dinge benötigst du!

So gehst du vor:

1. Forme aus dem Fotokarton eine Rolle (Abbildung 1). Der Durchmesser der Rolle muss ein wenig kleiner sein als der Durchmesser der Chipdose. Verklebe die Kartonrolle seitlich gut mit Klebeband (Abbildung 2).



Abb. 1



Abb. 2

2. Eine Öffnung der Fotokartonrolle wird nun mit Transparentpapier verschlossen. Du kannst die Kartonrolle als Schablone für den Kreis aus Transparentpapier verwenden. Vergiß nicht die Laschen fürs Festkleben! (Abbildung 3).



Abb.3

3. Befestige die Laschen des Transparentpapiers mit Klebstoff an der Kartonrolle (Abb. 4). Je glatter das Transparentpapier gespannt wird, umso besser sind später die Abbildungen zu erkennen.



Abb.4

ACHTUNG: Anithaftbeschichtetes Backpapier lässt sich aufgrund seiner extrem glatten Oberfläche relativ schwer befestigen. Butterbrotpapier ist hier geeigneter.

TIPP: Du kannst einen Gummiring (Abbildung 5) zur Fixierung verwenden, bis der Klebstoff trocken ist und hält.

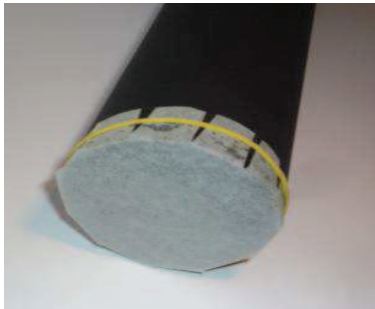


Abb. 5

4. Mach nun mit einem spitzen Gegenstand (z.B. einem Nagel oder einer Pinnwandnadel) ein Loch in den Metallboden der Dose (Abbildung 6).



Abb. 6

Fertig!

ALTERNATIV: Für eine Lochkamera mit Wechselobjektiv musst du den 4. Schritt so abändern:

4.a. Entferne mit einem Dosenöffner den Metallboden der Chipsdose (Abbildung 7).

4.b. Schneide ein Loch in den Plastikdeckel. Verklebe den Plastikdeckel der Chipsdose auf der Innenseite mit einer schwarzen Fotokartonscheibe. Am besten eignen sich hierfür wiederablösbare Doppelklebstreifen (Abbildung 8). So kannst du leicht Fotokartonscheiben mit anderen Lochformen oder Linsen als Blende einwechseln (Abbildung 9).



Abb. 7



Abb. 8

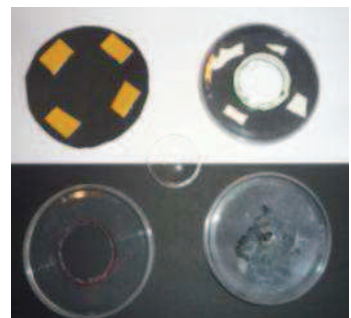


Abb. 9

Unser Auge – Ein Lichtempfänger

Der Sehsinn ist der wichtigste Sinn für uns Menschen. Mehr als 80% der Information über unsere Umwelt nehmen wir durch die Augen auf.

Wichtig ist:

Damit wir einen Gegenstand sehen können, muss Licht von diesem Gegenstand in unser Auge einfallen. Das Auge ist ein Lichtempfänger.



Abb. 1: Ein Kopffüßer

Das Auge eines Kopffüßers hat die einfachste Augenform. Du siehst einen Kopffüßer am linken Bild. (Abbildung 1). Das Auge des Kopffüßers besteht hauptsächlich aus Pupille und Netzhaut. Dieses Auge hast du selber nachgebaut. Die Lochkamera entspricht dieser Augenform!

Die Natur kennt jedoch unterschiedliche Augenformen, die aber eine Gemeinsamkeit haben:

Gegenstände werden gesehen, wenn von ihnen ein Abbild auf der Netzhaut entsteht.

In der unteren Abbildung (Abbildung 2) sind das Auge eines Kopffüßers und das menschliche Auge dargestellt. Beide Augen haben einen Lichteinlass (Pupille) und eine Fläche, wo das Bild entsteht (Netzhaut).

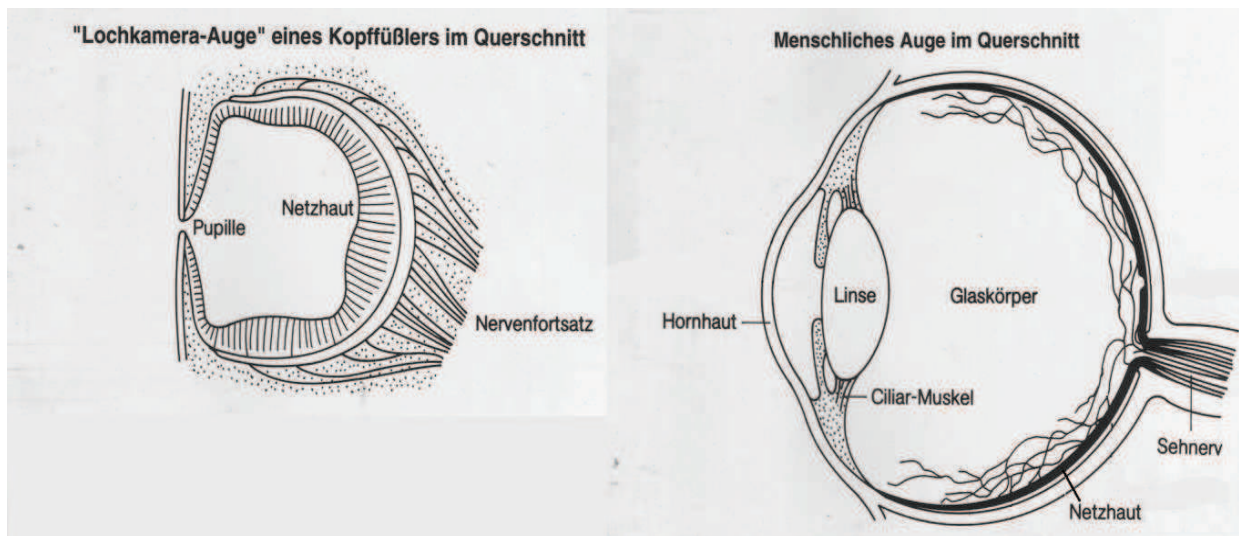


Abb. 2: Links: schematische Darstellung des Auges eines Kopffüßers.
Rechts: schematische Darstellung eines menschlichen Auges.

Beantworten:

Wie heißt der Lichteinlass bei einem Auge?

Wie heißt die Fläche, wo das Bild im Auge entsteht?

Das Bild, das auf der Netzhaut entsteht, wird von Sehzellen erfasst. Die Bildinformation wird dann durch den Sehnerv in das Gehirn weitergeleitet. Dort wird diese Information verarbeitet und es entsteht der Seheindruck. Die Augenlinse erzeugt ein umgekehrtes Bild auf der Netzhaut. Dieses Netzhautbild, das am Kopf steht, wird erst vom Gehirn umgedreht.

Das Sehen selbstleuchtender Gegenstände

Wann kannst du Gegenstände sehen, die selbst Licht erzeugen?

Ein leuchtender Gegenstand strahlt Licht in alle Richtungen ab. Fällt ein Teil dieses Lichtes in dein Auge, dann entsteht ein Abbild des Gegenstandes auf der Netzhaut (Abb.1)

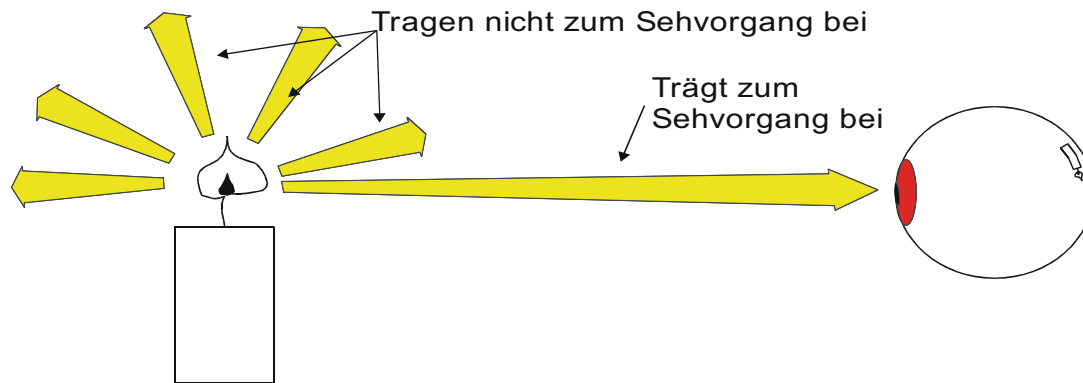


Abb.1: Ein Kerzenflamme strahlt Licht in alle Richtungen ab. Ein Teil des Lichtes fällt in das Auge.

Warum kannst du eine Kerzenflamme nicht sehen, wenn du dich von ihr wegdrehst?

Warum wird das abgestrahlte Licht mit Pfeilen dargestellt, die vorne breiter werden?

Die Lochkamera – Ein Augenmodell und Lichtempfänger

Im nächsten Schritt wirst du mit der Lochkamera den Sehvorgang nachstellen.

Die Lochkamera ist ein Augenmodell. Sie funktioniert so wie das Auge eines Kopffüßers. Licht tritt durch die Blendenöffnung der Lochkamera ein. Am Schirm entsteht dann ein Bild des Gegenstandes. Unterhalb siehst du eine zerlegte Lochkamera (Abb.2):

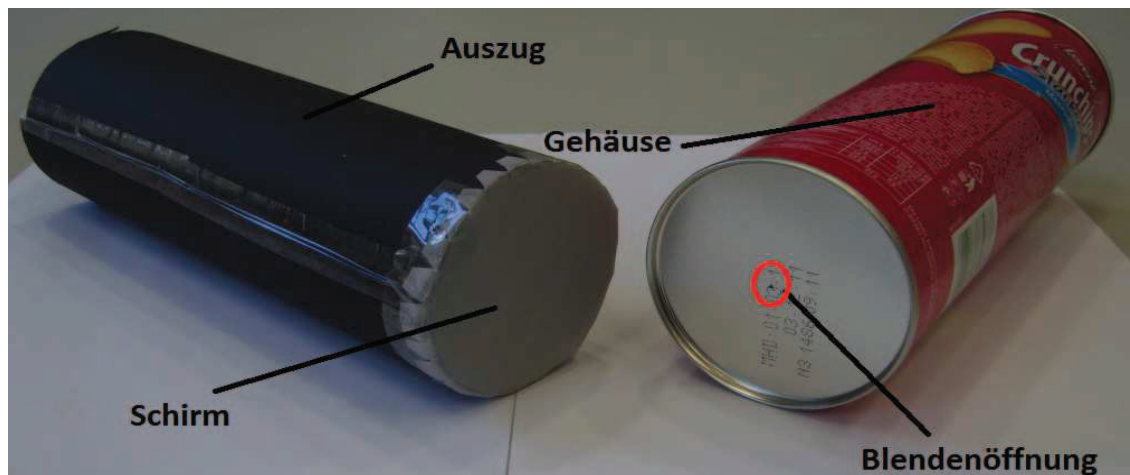


Abb.2: Die Teile einer Lochkamera

Vervollständige!

Die Blendenöffnung der Lochkamera hat die gleiche Aufgabe, wie der/die.....
des Kopffüßerauges.

Der Schirm der Lochkamera hat eine ähnliche Aufgabe, wie die/der.....
des Kopffüßerauges.

Beobachtungen mit der Lochkamera

Die Lochkamera ist ein Lichtmessgerät. Du kannst damit überprüfen, ob Licht in Richtung der Lochkamera abgestrahlt wird. Fällt Licht auf den Schirm der Lochkamera, so kannst du etwas am Schirm erkennen. Willst du einen Gegenstand mit der Lochkamera beobachten, dann musst du die Kamera so halten, dass Licht von dem Gegenstand durch die Blendenöffnung kommen kann (Siehe Abbildung 1).

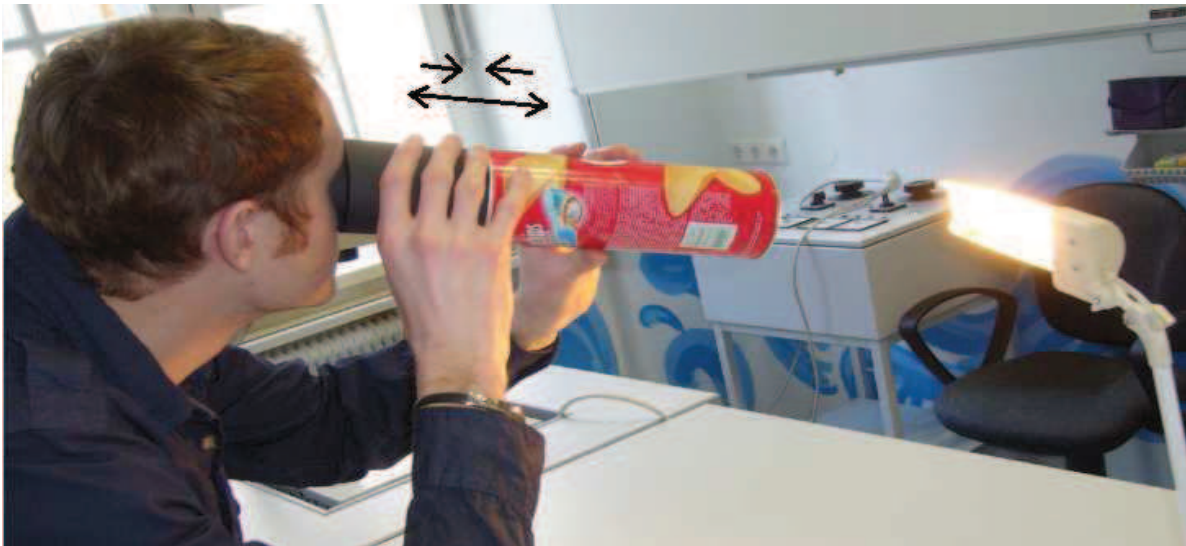


Abb.1: So beobachtet man einen Gegenstand mit der Lochkamera. Den Auszug kannst du hinein- und hinausschieben. (Pfeile!)

Beobachte mit der Lochkamera:

- a) 1) Schau dir mehrere von selbst leuchtende Gegenstände mit den Augen an.
2) Schaue dir die gleichen Gegenstände danach durch die Lochkamera an (Siehe Abbildung 2).
Gehe dabei mit der Lochkamera nahe an diese Gegenstände ran, um ein deutliches Bild zu sehen.

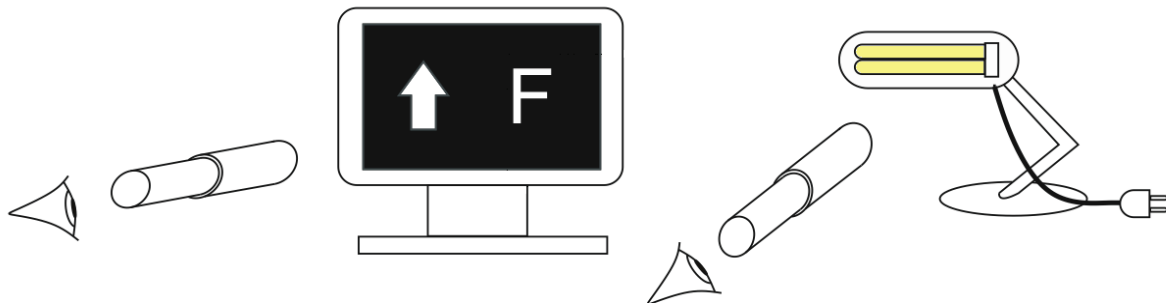


Abb. 2: Selbst leuchtende Gegenstände werden beobachtet

- b) Was fällt dir an dem Bild in der Lochkamera auf? Vergleiche, was du mit und ohne Lochkamera (also mit bloßem Auge) siehst?
- c) Kann man die Lampe so in der Lochkamera sehen?

Meine Vermutung vor dem Versuch:

Die Begründung meiner Vermutung:

Meine Beobachtung beim Versuch:

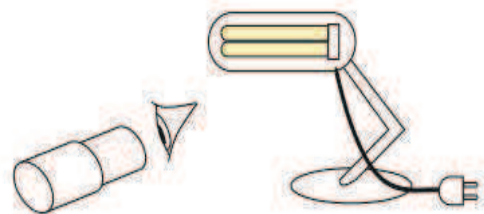


Abb. 3: Die Lochkamera zeigt von der Lampe weg.

Das Sehen beleuchteter Gegenstände:



Abb.1: Fotografie einer Berglandschaft bei Sonnenuntergang

Dieses Foto (Abbildung 1) wurde aufgenommen, nachdem die Sonne hinter den Bergen untergegangen war. Die Wolken strahlen hell, obwohl sie selbst kein Licht erzeugen, wie es Kerzenflammen oder Lagerfeuer tun. Die Wolken leuchten deshalb, weil die Sonne sie von unten anstrahlt (Siehe Abbildung 2).

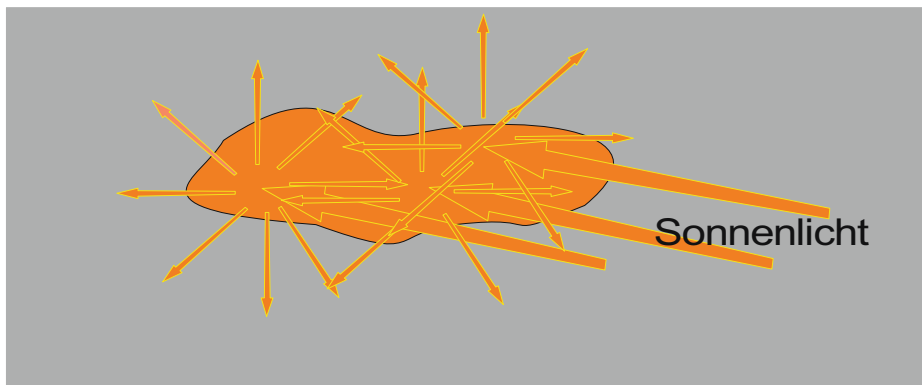


Abb. 2: Die Wolken werden mit Sonnenlicht angestrahlt.

Die Wolken schicken das Licht von der Sonne weiter in das Kameraauge, dadurch erscheinen sie ganz hell (Siehe Abbildung 3).

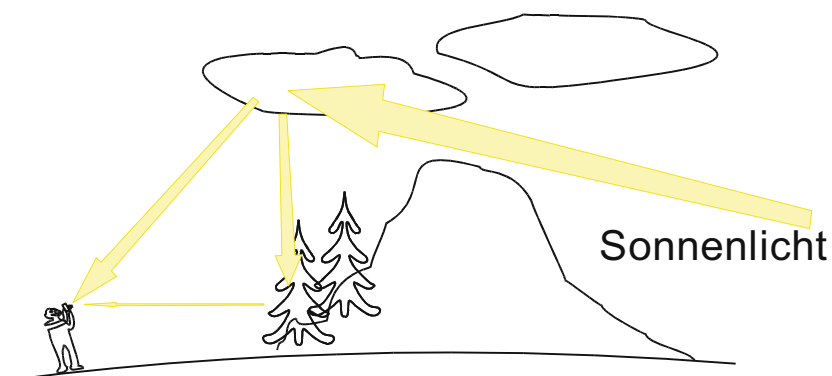


Abb.3: Die Wolken strahlen das Licht der Sonne weiter.

Rechts unten im Foto siehst du noch ein paar Bäume. Sie sind schwer zu erkennen (Siehe Abbildung 1). Der Berg verdeckt dort die Sonne. Wenig Sonnenlicht kommt deshalb zu den Bäumen (Siehe Abbildung 3). Die Bäume schicken daher sehr wenig Licht in das Kameraauge weiter. Wenn ein Gegenstand wenig Licht abstrahlt, dann bekommen wir wenig Bildinformation von diesem Gegenstand. In unserem Fall kommt kaum Licht von den Bäumen ins Kameraauge. Deswegen erscheint am Foto fast alles gleich schwarz. Wir tun uns schwer, die Bäume von der Umgebung zu unterscheiden.

Wir werden das Sehen beleuchteter Gegenstände mit einem Experiment nachstellen:

Für das Experiment benötigen wir einen abgedunkelten Klassenraum, einen Schüler mit weißem Oberteil und eine starke Lampe (Projektor).

- Der Raum ist abgedunkelt. Beobachte mit der Lochkamera den Mitschüler mit dem weißen Oberteil.
- Nun wird eine starke Lampe auf diesen Schüler gerichtet. Beobachte diesen Mitschüler jetzt noch einmal durch die Lochkamera.

Die Lochkamera zeigt uns an, ob der Gegenstand Licht zu uns abstrahlt oder nicht. Die Lochkamera dient wieder als Messgerät für Lichteinfall.

Was ist dir aufgefallen?

Du kannst die Beobachtung mit Lochkamera auf dein Auge übertragen (Siehe Abbildung 1):

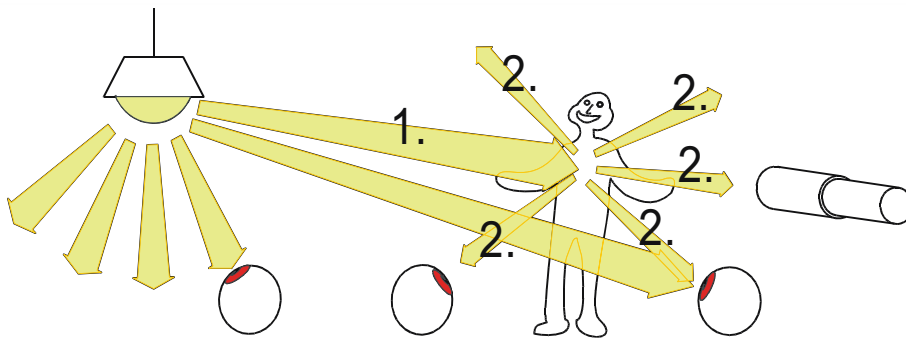


Abb. 1: Licht der Deckenlampe wird von dem Schüler aufgenommen. Ein Teil dieses Lichts wird in die Augen der Beobachter weitergestrahlt. P.s. Das Licht wird nicht nur von der Körpermitte weitergestrahlt.

Der Mitschüler strahlt das Licht der Lampe weiter. Gelangt ein Teil von dem Licht, das der Mitschüler weiter strahlt in mein Auge, dann kann ich ihn sehen.

Generell gilt:

Ich kann nur Gegenstände sehen, die Licht in mein Auge strahlen.

Sender

Sender sind Gegenstände, die Licht abstrahlen. Wir unterscheiden zwei Arten von Sendern:

1. *Selbstsender: Selbstsender erzeugen selbst Licht. Sie strahlen das erzeugte Licht in alle Richtungen ab. (z. B. Glühbirne, Sonne). Selbstsender werden durch Erhitzen, Strom etc. zum Strahlen angeregt.*

2. *Zwischensender: Zwischensender erzeugen selbst kein Licht. Sie strahlen nur dann Licht ab, wenn sie beleuchtet werden. Sie leiten das Licht eines anderen Lichtsenders weiter. (Tisch, Fußboden, Mond, Wolken).*

Selbstsender und Zwischensender sind Sender, weil sie Licht abstrahlen können. Für unser Auge funktioniert das Sehen eines Selbstsenders ganz gleich wie das Sehen eines Zwischensenders. Dazu muss immer Licht vom Sender ins Auge gelangen.

Aufgaben:

- a) Ein Baum steht im Sonnenlicht, du siehst ihn.

1.) Warum kannst du ihn sehen?

2.) Fertige eine Skizze mit **dir**, dem **Baum** und der **Sonne** an. Zeichne Lichtwege ein!

- b) Das ist eine Leuchtreklame. Franz und Rudolf streiten ob die Leuchtreklame ein Selbstsender oder ein Zwischensender ist. Welche Argumente kannst du für beide Ansichten finden?



(Erkläre, warum man die ausgeschaltete Leuchtreklame tagsüber sehen kann und warum nachts eine Beleuchtung notwendig ist!)

- c) Für Zuhause:

Gehe abends ins Freie und versuche ohne Blitz deine Umgebung zu fotografieren. Benutze einmal eine Handykamera und zum Vergleich eine größere Kompaktkamera. Am Tag machen beide Kameratypen ähnlich gute Bilder. Bei wenig Licht ist der Unterschied in der Bildqualität jedoch sehr groß. Die Kompaktkamera kann mit dem größeren Objektiv mehr Licht aufnehmen als die Handykamera. Das Bild ist deutlicher.

Die Streuung

Du wirst jetzt genauer erfahren, auf welche Art Zwischensender Licht weiterleiten.

Denke an den Versuch mit dem beleuchteten Mitschüler! Mit deiner Lochkamera konntest du beobachten, wie Licht von deinem Mitschüler auf den Schirm deiner Lochkamera gelangt ist. Du weißt also schon: Zwischensender leiten das Licht von einem Selbstsender weiter.



Abb. 1a: Das gestreute Licht erleuchtet die Seitenwände der Schachtel.

Wir leuchten mit einer Taschenlampe auf den weißen Boden einer Schachtel. Du kannst nun sehen, dass alle Seiten der Schachtel erleuchtet sind. (Siehe Abbildung 1a)

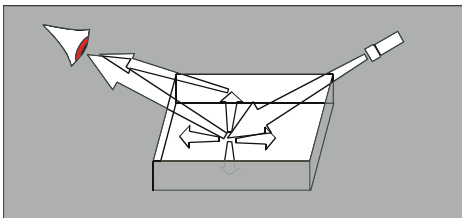
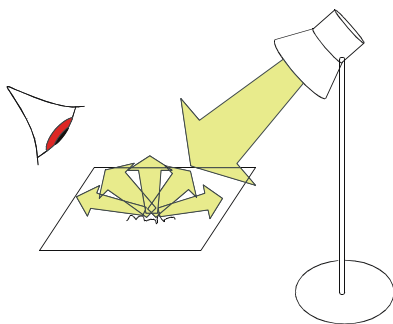


Abb. 1b: Das Licht vom Schachtelboden wird in alle Richtungen weitergeleitet (=gestreut)

Das Blatt leitet das Licht in alle möglichen Richtungen weiter. (Erst zu den Seitenwänden, dann ins Auge - Abbildung 1b)



Physiker/innen nennen diesen Vorgang *Streuung von Licht*, weil die mikroskopisch kleinen Unebenheiten der Papieroberfläche das Licht in alle möglichen Richtungen verteilen (Abbildung 1c). Das Licht wird gestreut. Übrigens: Kann du erklären woher der helle Fleck in Abbildung 1a stammt?

Abb. 1c: Licht wird an Unebenheiten gestreut.

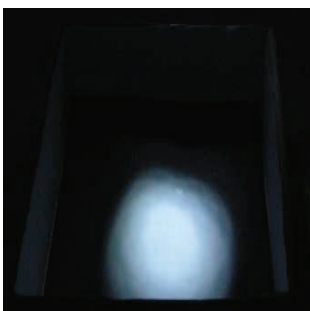


Abb. 2a: Schachtel mit schwarzem Boden.



Abb. 2b: Schachtel mit weißem Boden.

Im nächsten Versuch möchten wir untersuchen, ob alle Zwischensender Licht auf die gleiche Art weiterleiten, also streuen (Siehe Abbildungen 2a, 2b).

a) Welchen Unterschied bemerkst du bei der Beleuchtung von schwarzem und weißem Papier?

b) Wie kann dieser Unterschied zustande kommen?

Wie du weißt, nimmt ein Zwischensender (z.B. ein Blatt Papier) Licht auf und strahlt dann Licht sofort wieder in alle Richtungen ab. Das weiße Blatt ist ein Zwischensender, der viel von dem aufgenommenen Licht wieder abstrahlt. Deswegen kann die Schachtelwand auch viel Licht in unsere Augen weiterleiten. Die Wand sieht also hell aus. Das schwarze Blatt strahlt nur wenig Licht weiter. Die Wand der Schachtel sieht dunkler aus, weil nur wenig Streulicht in unsere Augen weitergeleitet wird.

Hast du eine Idee, was mit dem Licht passiert, das von einem Zwischensender nicht weitergeleitet wird?

In den Fotos unten siehst du verschieden färbige Blätter in einer Schachtel. Du siehst farbige Schimmer an den Innenwänden der Schachtel. Wie funktioniert das?



Abb. 1a, 1b, 1c: Verschiedenfärbige Blätter liegen in der Schachtel. Sieh dir die Wände der Schachtel genau an!

Wir überlegen uns den Lichtweg für die Schachtel mit dem **gelben Blatt Papier**: Das Licht von der Lampe trifft auf das gelbe Papier. Das Licht wird aufgenommen und sofort wieder abgestrahlt. Das gelbe Blatt sendet aber nur gelbes Licht weiter. **Deswegen schaut auch das Blatt für uns gelb aus.** Das gelbe Streulicht trifft zum Teil auf die inneren Wände der Schachtel. Die Schachtelwand streut das gelbe Licht dann noch einmal. Sie sendet also einen Teil des gelben Lichts weiter. Wenn dieses gelbe Licht von der Schachtelwand in dein Auge kommt, siehst du die Schachtelwand gelblich.

Die Skizze rechts (Abbildung 2) fasst das für dich zusammen:

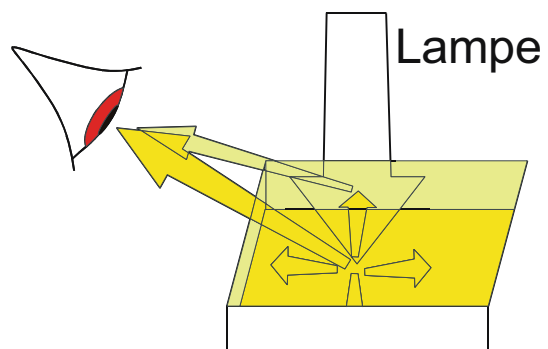


Abb. 2: Die Wände sehen gelblich aus, weil das gelbe Papier gelbes Streulicht weitersendet.



Abb. 1: Ein Skybeamer mit Lichtkegel im Nebel

Du hast vielleicht schon mal so etwas Ähnliches wie in Abbildung 1 links gesehen. Ein Skybeamer strahlt in den Nachthimmel um eine Discothek oder ein Fest anzuzeigen. Solche **Lichtkegel** kannst du bei bestimmten Wetterverhältnissen besonders gut sehen. Wenn es Nacht ist und sich kleine Wassertröpfchen in der kalten Luft bilden, können wir den Weg des Lichts gut erkennen. Die Wassertröpfchen sind Zwischensender und sie streuen das Licht des Scheinwerfers. D.h. Ein Teil des Lichts vom Skybeamer geht durch die Wassertröpfchen durch und breitet sich im Lichtkegel weiter aus. Das restliche Licht vom Skybeamer wird von den Wassertröpfchen in alle möglichen Richtungen gestreut. Trifft dieses Licht, das die Wassertröpfchen weiterleiteten in deine Augen, dann siehst du den Lichtkegel.

a) Sieh dir den Lichtkegel am Foto genau an:

1) Wie ändert sich die Helligkeit wenn man im Lichtkegel hinauf geht?

2) Wie kannst du das begründen?

b) Wie weit kann so ein Lichtkegel strahlen?

Wir wollen nun in einem Experiment überprüfen, wann man Licht sehen kann. In einem abgedunkelten Raum leuchtet deine Lehrerin mit einer Taschenlampe an eine weiße Wand. Was kannst du zwischen Lampe und Wand beobachten? Wo ist Licht sichtbar?

Als nächstes zündet deine Lehrerin ein Räucherstäbchen an. Du kannst nun einen Lichtkegel zwischen der Lampe und der Wand erkennen.

Begründe warum du nun den Lichtweg sehen kannst! (Skizziere den Versuch)

Beispiel:

Bei einer Fahrt nachts im Nebel kannst du die Lichtkegel sehen, die von den Scheinwerfern weggehen.

Erkläre: Warum kannst du diese Lichtkegel sehen?

Die Mondphasen

Der Mond, den du am Himmel siehst, ist kein Selbstsender. Er leuchtet nur deshalb so hell, weil er das Licht der Sonne streut.

Die Erde bewegt sich um die Sonne. Der Erdmond bewegt sich um die Erde. In Abbildung 1 siehst du dargestellt, wie sich Erde und Mond gemeinsam um die Sonne bewegen. Die Bahn des Mondes ist um 5° gegenüber der Bahn der Erde geneigt (siehe Abbildung 2).

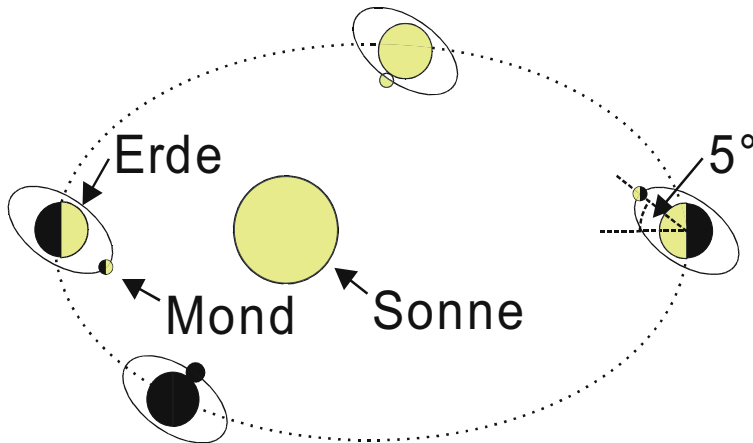


Abb. 1: Der Mond kreist um die Erde. Der Mond folgt der Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne. Die Abbildung ist NICHT maßstabsgetreu!

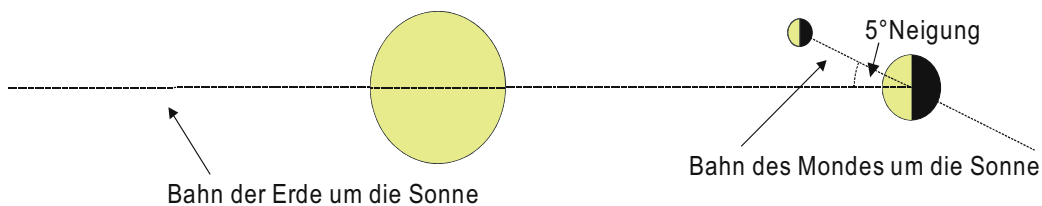


Abb. 2: Die Bahn des Mondes ist um 5° gegenüber der Bahn der Erde geneigt.

Die Sonne bestrahlt immer eine Hälfte der Mondkugel. Je nachdem in welcher Position sich der Mond genau befindet, siehst du mehr oder weniger von der beleuchteten Hälfte des Mondes (siehe Abbildung 3). Wir sprechen dabei von Mondphasen (siehe Abbildung 4).

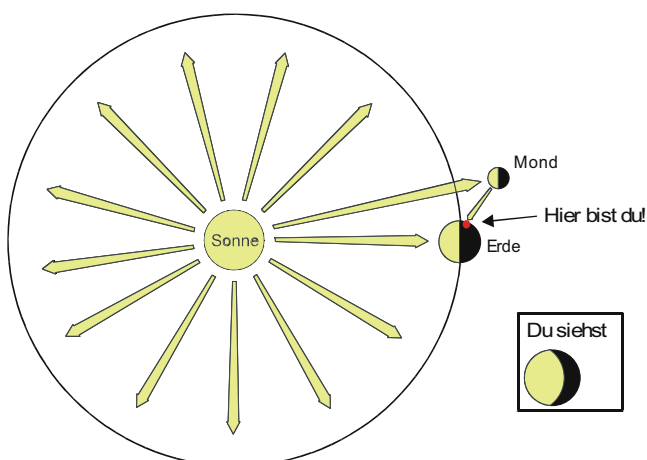


Abb.3: So entsteht eine Mondphase.



Abb.4: Innerhalb von einem Monat kannst du diese unterschiedlichen Formen der beleuchteten Mondhalbkugel von der Erde aus sehen.

Bei Vollmond ist die ganze beleuchtete Mondhälfte zu sehen (siehe Abbildung 1).

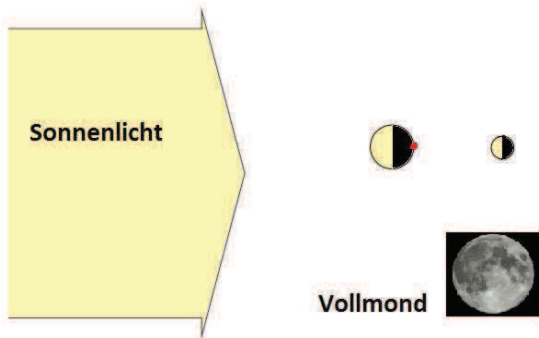


Abb. 1: So entsteht der Vollmond.

Bei Neumond ist die beleuchtete Hälfte von der Erde abgewandt (siehe Abbildung 2).

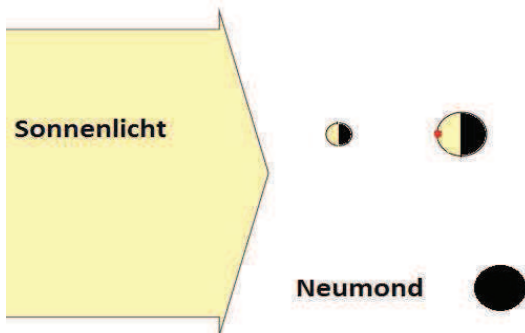


Abb. 2: So entsteht der Neumond.

In Abbildung 3 siehst du, wie der Halbmond entsteht.

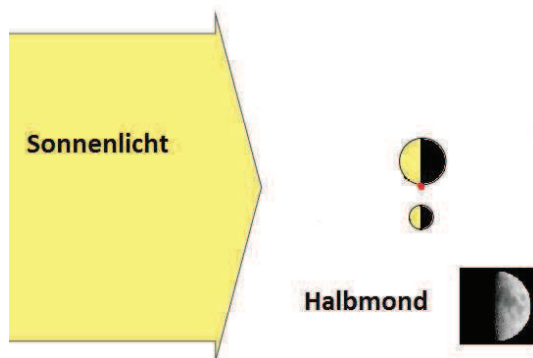


Abb. 3: So entsteht der Halbmond.

Ein Zyklus von Vollmond zu Vollmond dauert ungefähr einen Monat.

Aufgabe:

Der folgende Versuch hilft dir, die Entstehung von Mondphasen zu verstehen. Du benötigst eine **Schreibtischlampe**, ein **abgedunkeltes Zimmer** und einen **großen, hellen Ball** (siehe Abbildung 1).

- Halte den Ball mit ausgestrecktem Arm schräg von dir weg nach oben (so wie in der Abbildung 1).
- Stelle dich im abgedunkelten Zimmer in die Nähe der Schreibtischlampe. Die Lampe soll auf den Ball gerichtet sein.
- Drehe dich langsam mit dem weggestreckten Ball um dich selbst. Der Ball soll sich um dich genau so bewegen, wie sich der Mond um die Erde bewegt. Du bist die Erde, der Ball ist der Mond und die Lampe soll die Sonne darstellen. Beobachte, wie sich der Schatten auf dem Ball verändert. Was siehst du auf dem Ball?



Abb. 1: Eine Schülerin/Ein Schüler beobachtet den Schatten auf einem beleuchteten Ball.

Male die Schattenformen zu den Stellen, an denen du die jeweilige Schattenform am Ball beobachtet hast (siehe Abbildung 2)!

Überlege zuerst: Zu welchem Kästchen gehört der Vollmond?

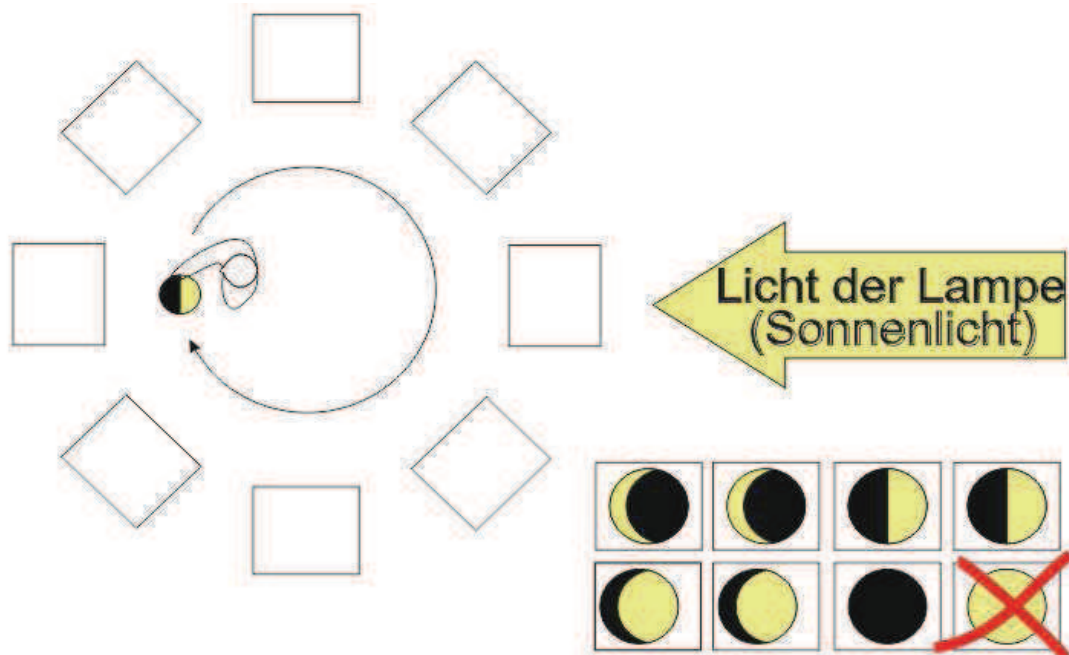


Abb. 2: An welcher Stelle kann man welche „Mondphase“ beobachten? Ordne alle 8 Mondphasen richtig zu!

Im Museum:

Unten siehst du, wie ein Mosaik im Museum beleuchtet wird (siehe Abbildung 1).



Abb.1: Beleuchtung im Museum

- a) Auf welche Gegenstände zeigen die Linien? Ordne die folgenden Begriffe richtig zu:

Schirm, Scheinwerfer, Mosaik

- b) Warum kann der Scheinwerfer vom Mosaik weg leuchten und dabei trotzdem das Mosaik beleuchten?
- c) Was ändert sich, wenn der Schirm schwarz ist?

Die Ausbreitung des Lichts

Wie breitet sich das Licht eigentlich aus? Wo kommt es her? Wo geht es hin? Wie weit kann es kommen?

Licht strömt

Wir überlegen uns die Ausbreitung von Licht am Beispiel einer Glühbirne. Bei einer leuchtenden Glühbirne strömt Licht gleichmäßig von der Glühbirne weg. Das bedeutet, dass die Glühbirne jeden Moment gleich viel Licht abstrahlt. Fließt keine elektrische Energie durch die Glühbirne, dann hört sie auf zu leuchten. Ohne Elektronenstrom gibt es keinen Lichtstrom.

Deine Lehrkraft wird dir nun das Applet aus Abbildung 1 zeigen. Beantworte die folgenden Fragen zum Applet!

- Was muss in dem Applet getan werden, damit die rote Lampe Licht erzeugt?
- Wann kann die Person in dem Applet das rote Licht erst sehen?
- Was passiert, wenn man den Regler bei der roten Lampe runterfährt?
- Warum kann die Person dann trotzdem noch kurz eine Farbe sehen?



Abb. 1: In diesem Applet siehst du wie Licht in das Auge eines Beobachters strömt.

P.s. In diesem Applet siehst du alles in Zeitlupe. In Wirklichkeit strömt das Licht viel, viel schneller.

Dieses Applet findest du unter: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/color-vision>

Beantworte:

Was muss getan werden, damit das Lämpchen bei einem Fahrrad mit Dynamo leuchtet?

Beobachte: Du kannst dir einen Lichtstrom als Folge von vielen kleinen Lichtstößen vorstellen. Ein Stroboskop ist so ein Gerät, das viele kurze Lichtstöße erzeugt. Dabei wird ein Lämpchen kurz eingeschaltet und gleich darauf wieder ausgeschaltet. Mit einer Stroboskop App für das Handy kannst du leicht ein Stroboskop nachmachen. Du kannst in dieser App die Frequenz einstellen. Das bedeutet, dass du bestimmen kannst, wie schnell sich das Lämpchen des Handys ein- und ausschaltet. Der Lichtfleck, den du mit dem Lämpchen des Handys erzeugst, wird mit steigender Frequenz immer „ruhiger“. Er sieht dann fast so aus, als ob das Lämpchen die ganze Zeit eingeschaltet wäre.



Abb. 2: Eine Stroboskop App

P.S.: In Wirklichkeit erzeugt auch eine Glühbirne in der Wohnung Licht nicht „gleichmäßig“. Wie du weißt, ändert der Strom im Haushalt 100 Mal in der Sekunde seine Richtung (Wechselstrom). Die Glühbirne ändert daher andauernd ihre Helligkeit. Das merkst du aber nicht, weil es sehr schnell passiert.

Licht strömt schnell

Licht breitet sich sehr schnell aus. Das merkst du jedes Mal, wenn du mit einer Spielkonsole am Fernseher spielst. Am Fernsehschirm wird etwas dargestellt und diese Information vom Bildschirm kommt sehr schnell zu dir.

Stell dir vor, Licht würde sich viel langsamer ausbreiten, als in Wirklichkeit: Wie kann ein Autorennspiel funktionieren, wenn du eine Kurve erst viel später siehst, nachdem sie auf dem Fernseher dargestellt wird?

Auch der Schall breitet sich sehr schnell aus, er ist jedoch langsamer als das Licht. Das Licht ist ungefähr 1.000.000 Mal schneller als der Schall. Du siehst daher bei einem Blitzeinschlag zuerst das Licht als Blitz, danach hörst du den Schall als Donner.

Wie schnell das Licht ist, kann mit folgendem Experiment bestimmt werden:

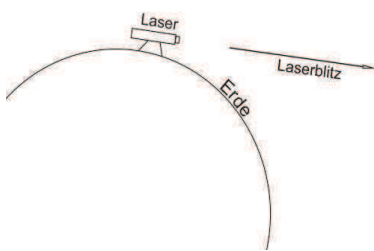


Abb. 1: So kann man die Geschwindigkeit des Lichtes messen.



Abb. 2: Spiegel am Mond

Ein Spiegel wurde bei einer der Mondlandungen am Mond hinterlassen (siehe Abbildung 2). Auf der Erde kann dieser Spiegel benutzt werden, um die Lichtgeschwindigkeit zu bestimmen. Man strahlt mit einem Laserstrahl auf diesen Spiegel. Ein Laserstrahl ist ein konzentrierter Lichtstrahl. Schaltet man den Laser kurz ein und gleich wieder aus, bildet sich ein Laserblitz/eine Lichtstange (siehe Abbildung 1). Nun misst man die Zeit, bis das Laserlicht wieder auf der Erde ankommt. Der Laserblitz braucht ungefähr 2,5 Sekunden um die Erdoberfläche wieder zu erreichen.

Aus der Entfernung von der Erde zum Mond, etwa 380 000 km, kann man sich nun die Lichtgeschwindigkeit ausrechnen. Die Strecke, die das Licht zurücklegen muss, ist zweimal die Entfernung von der Erde zum Mond. Den Laserblitz kann man also erst wieder sehen, wenn er 760.000 km zurück gelegt hat. Der Laserblitz braucht für diese Strecke wie erwähnt ungefähr 2,5 Sekunden. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt daher gerundet ca. 300.000 km pro einer Sekunde.

Aufgaben:

- Die Sonne ist ungefähr 150 000 000 km von der Erde entfernt. Wie lange braucht das Licht von der Sonne bis zur Erde?
- Weißt Du, ob die Sonne JETZT Licht abstrahlt? Begründe!
- Der Andromedanebel ist 2,7 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt (Ein Lichtjahr ist der Weg, den das Licht in einem Jahr zurücklegt).

Wann ist das Licht vom Andromedanebel abgestrahlt worden, das wir jetzt sehen?

Licht strömt geradlinig

Wenn sich ein Freund hinter einer Häuserecke versteckt, kannst du ihn nicht sehen. Das Licht, das dein Freund aussendet, kann nicht in dein Auge gelangen. Das Licht breitet sich ausschließlich geradlinig aus. Das Licht kann keine Kurven schlagen.

Du kannst selbst prüfen, ob sich das Licht wirklich nur geradlinig ausbreitet (siehe Abbildung 1 unten):

Beobachte eine Kerzenflamme abwechselnd durch eine Röhre und einmal ohne Röhre. Durch die Röhre siehst du nur einen Teil von dem, was du vorher mit dem Auge sehen konntest. Dieser Ausschnitt, in dem sich die Kerzenflamme befindet, sieht aber genauso aus wie vorher. Das ist deshalb so, weil in beiden Fällen genauso viel Licht von der Kerzenflamme in dein Auge kommt. Die Röhre sperrt kein Licht von der Kerzenflamme zu deinem Auge aus. Das Licht strömt nur geradlinig weiter.

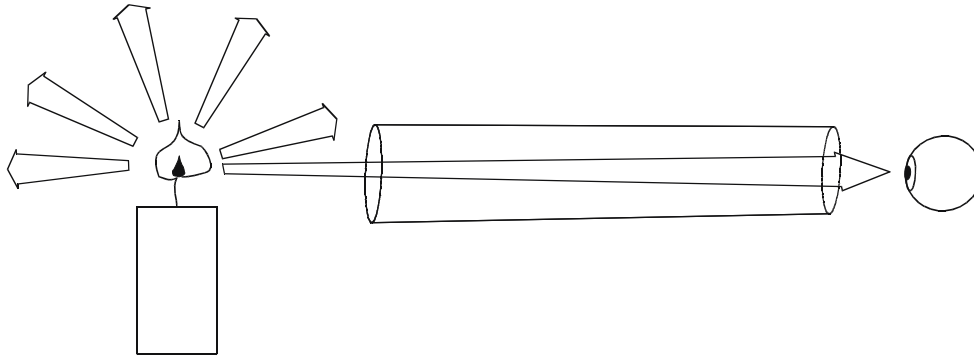


Abb. 1: Eine Kerzenflamme wird durch eine Papprolle betrachtet. So breitet sich das Licht aus der Flammenmitte aus.

Es gilt für alle Sender:

Das Licht, das ein Sender abstrahlt, strömt geradlinig in alle Richtungen aus.

Wie ändert sich das Bild der Flamme bei obigem Versuch, wenn das Licht auch bogenförmig in das Auge gelangen kann?

Aufgaben:

- a) In Abbildung 1 siehst du eine Luftaufnahme von Franz, Sisi und Maximilian. Die drei verstecken sich hinter Mauern. Wer kann wen (teilweise) sehen? Beantworte die Frage zeichnerisch mit Hilfe der unteren Abbildung. Denke daran, dass Licht nur geradlinig in die Augen gelangen kann!



Abb. 1: Sissi, Franz und Maximilian von oben betrachtet.

- b) Ein Auto fährt mit eingeschalteten Scheinwerfern.
- 1) Wie viele Meter strahlt das Abblendlicht von den Scheinwerfern weg?
 - 2) Messe die größte Entfernung des Lichtflecks zum Scheinwerfer! Benutze den abgebildeten Maßstab (siehe Abbildung 2)!

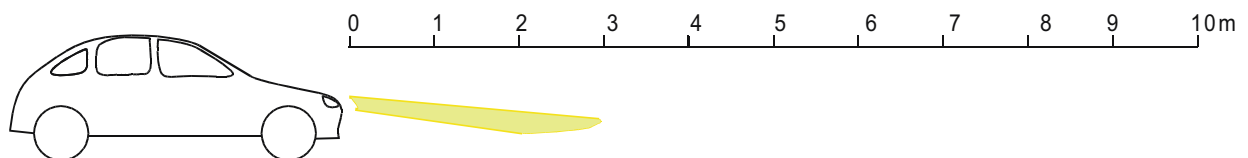


Abb. 2: Ein Lichtkegel breitet sich vom Scheinwerfer aus.

- c) Wie weit strahlt das Fernlicht von den Scheinwerfern weg?

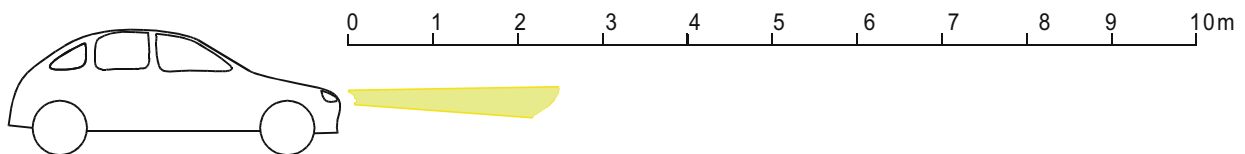


Abb. 3: Ein Lichtkegel breitet sich vom Scheinwerfer aus.

- d) Wie ändert sich die Helligkeit eines beleuchteten Bereichs, wenn der Bereich weiter vom Scheinwerfer entfernt ist?
- e) Warum ändert sich die Helligkeit des beleuchteten Bereichs mit der Entfernung?
- f) Wie würdest du einem Mitschüler erklären, warum man die Scheinwerfer aus großer Entfernung kaum sieht? Was passiert mit dem Licht?

Der Schatten

Der Schattenraum

Du weißt bereits: Licht breitet sich geradlinig nach allen Seiten aus.

Was passiert, wenn wir ein Hindernis in den Lichtstrom eines Senders bringen? Ein Schattenraum entsteht. Das ist der Raum, in dem Licht des Senders fehlt.

Wir beleuchten einen Holzklotz mit einer kleinen LED* und versuchen festzustellen, wo der Schattenraum ist. Die LED ist fast ein **punktförmiger Selbstsender**, weil das **Licht von einer sehr kleinen Fläche kommt**.

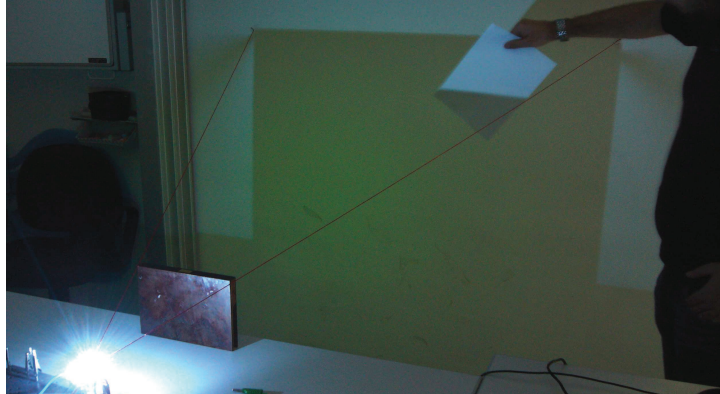


Abb. 1: Eine kleine LED beleuchtet den Raum. Hinter dem Holzklotz bildet sich ein Schattenraum.

Betrachte die Wand hinter dem Holzklotz (siehe Abbildung 1). Du siehst, dass ein Teil der Wand dunkler ist. Hier fehlt das Licht der LED. Die Lehrkraft hat Schnüre vom Rand der dunklen Fläche zur LED gespannt. Weil sich das Licht geradlinig ausbreitet, grenzen die Schnüre auch den Schattenraum ein. Mit einem Stück Papier kann die Lehrkraft die Grenzen des Schattenraums überprüfen. Du siehst wie das Blatt Papier im Schattenraum dunkler wird (siehe Abbildung 1).

Warum können wir im Schattenraum überhaupt das Blatt sehen wenn dort „kein Licht“ hinkommt? Licht kann nicht nur direkt von der LED kommen. Gegenstände in dem Raum strahlen das Licht der LED in alle Richtungen weiter. So kommt Streulicht von anderen Gegenständen in den Schattenraum. Dieses Streulicht beleuchtet den Schattenraum etwas.

Beantworte:

- a) Kann man im Schattenraum die LED sehen? Gehe in den Schattenraum und überprüfe!
- 1) Meine Vermutung: _____ Meine Begründung: _____
- 2) Meine Beobachtung: _____ Meine Begründung: _____
- b) In der unteren Abbildung siehst du jeweils eine LED und ein Hindernis dargestellt (siehe Abbildung 2). Konstruiere jeweils den passenden Schattenraum! Denke daran, Licht breitet sich geradlinig aus!

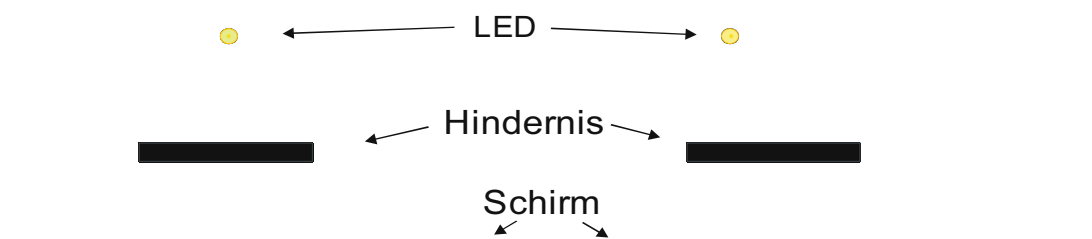


Abb. 2: Eine LED beleuchtet ein Hindernis.

* Licht emittierende Diode

Der Schatten einer leuchtenden Fläche

Was ist ein Schatten? Ein Schatten entsteht, wenn sich eine Fläche, wie ein Blatt Papier, teilweise in einem Schattenraum befindet. Der dunklere Bereich auf dieser Fläche wird meistens als Schatten bezeichnet.

Das folgende Foto zeigt den Schatten einer Packung Brausetabletten unter einer Leuchtstoffröhre (siehe Abbildung 1). Die Leuchtstoffröhre ist eine lange leuchtende Fläche. Du siehst, dass die Grenzen des Schattens nach rechts und links verschmiert und nicht scharf sind.



Abb. 1: Ein Schatten unter einer Leuchtstoffröhre

Stell dir vor, dass eine leuchtende Fläche aus lauter kleinen punktförmigen Sendern besteht. Für jeden dieser Sender kannst du den Schattenraum finden. Der „Gesamtschatten“ ergibt sich aus den einzelnen Schattenräumen der vielen kleinen Sender zusammen. Wir wollen uns jetzt Schritt für Schritt überlegen, wie der Schattenraum einer leuchtenden Fläche entsteht.

Betrachte zuerst den Schattenraum von zwei punktförmigen Selbstsendern (siehe Abbildung 2a):

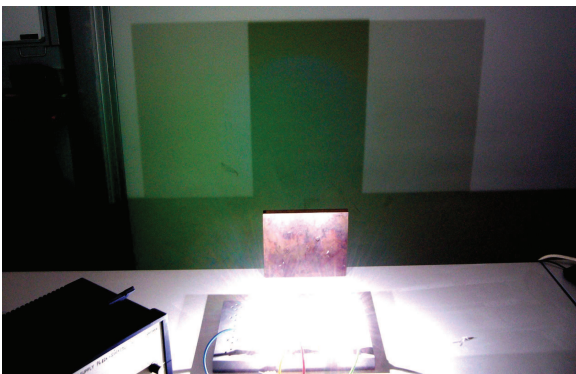


Abb. 2a: Der Schatten eines Holzklotzes, wenn er von 2 LEDs beleuchtet wird

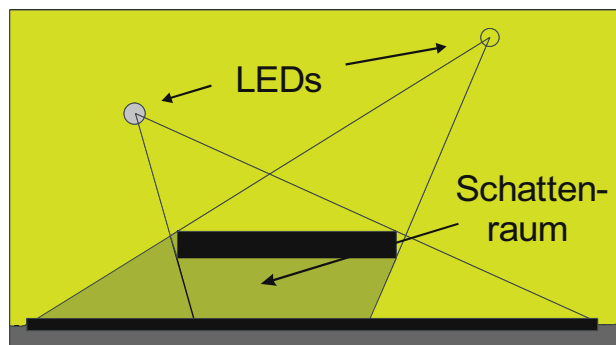


Abb. 2b: So sieht der Schattenraum aus, wenn nur die rechte LED leuchtet.

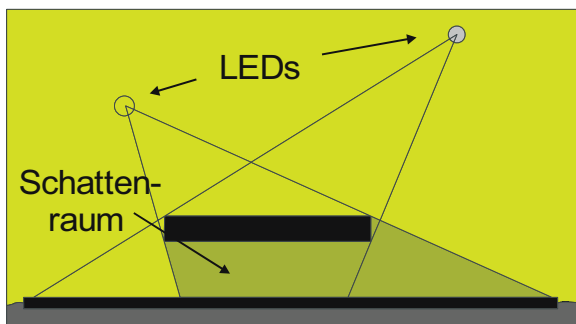


Abb. 2c: So sieht der Schattenraum aus, wenn nur die linke LED leuchtet.

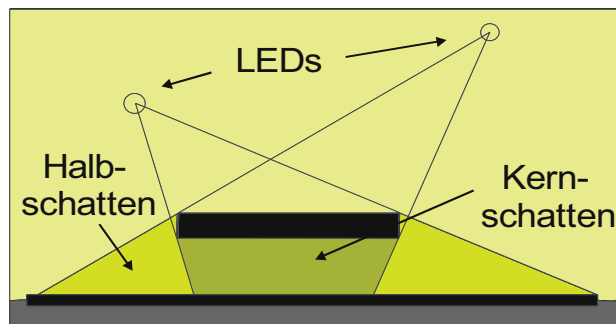


Abb. 2d: So sieht der gemeinsame Schattenraum von rechter und linker LED aus.

Abbildung 2a zeigt das Foto eines Schattens von zwei LEDs. Diesen Schatten kannst du dir wie folgt erklären: In Abbildung 2b siehst du den Schattenraum, der entsteht, wenn nur eine LED leuchtet. In Abbildung 2c siehst du den Schattenraum für die andere LED. Abbildung 2d zeigt dir, wie der Schattenraum

aussehen muss, wenn beide LEDs eingeschaltet sind. Ein großer Teil des Raumes ist jetzt heller, weil das Licht beider LEDs dort hinkommt. Direkt hinter dem Hindernis kommt von keinem der beiden Selbstsender Licht an. Dieser besonders dunkle Bereich heißt Kernschatten. Im Randbereich des Schattenraums kommt nur Licht von einer LED an. Dieser Bereich heißt Halbschatten. An der Wand siehst du dann die einfachste Form der Abstufung eines Schattens.

Nun überlegen wir uns wie der Schatten für mehrere punktförmige Selbstsender aussieht:



Abb. 1: Schatten eines Zeigestabes, der von mehreren LEDs beleuchtet wird

In Abbildung 1 siehst du den Schatten eines Zeigestabes, wenn er mit einem LED Spot beleuchtet wird. Der LED Spot besteht aus vielen kleinen leuchtenden LEDs.

Die feinen Abstufungen im Schatten kommen daher, dass der Zeigestab jeweils eine unterschiedliche Zahl von LEDs verdeckt. In der Mitte des Schattens sind die meisten LEDs verdeckt, daher ist es dort am dunkelsten.

Der Randbereich des Schattens sieht schon fast verschwommen aus. Vergleiche dieses Foto mit dem Foto in Abbildung 1 auf Seite 22!

Die Sonnenfinsternis

Auch eine Sonnenfinsternis entsteht durch einen Schatten. Eine totale Sonnenfinsternis tritt ein, wenn der Mond die Sonne verdeckt. In Abbildung 2 siehst du, wie sich der Mond bei einer Sonnenfinsternis vor die Sonne schiebt. Ein kleiner Teil der Erdoberfläche befindet sich dabei im Kernschatten des Mondes (siehe Abbildung 3). Eine Sonnenfinsternis gibt es jedoch relativ selten, weil die Bahnebene des Mondes gegenüber der Bahnebene der Erde um ungefähr 5° geneigt ist (siehe Abbildung 4). Pro Jahr können weltweit höchstens 5 Sonnenfinsternisse stattfinden (Durchschnitt: 2-3).



Abb. 2: So sieht eine totale Sonnenfinsternis aus!

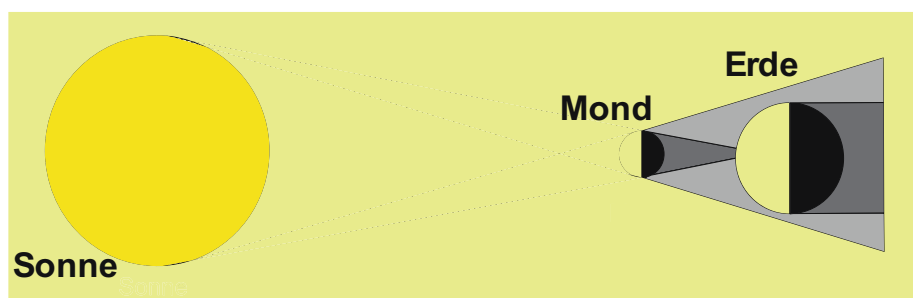


Abb. 3: So stehen Sonne, Erde und Mond bei einer Sonnenfinsternis. (Nicht maßstabsgetreu! Schatten vereinfacht dargestellt!)

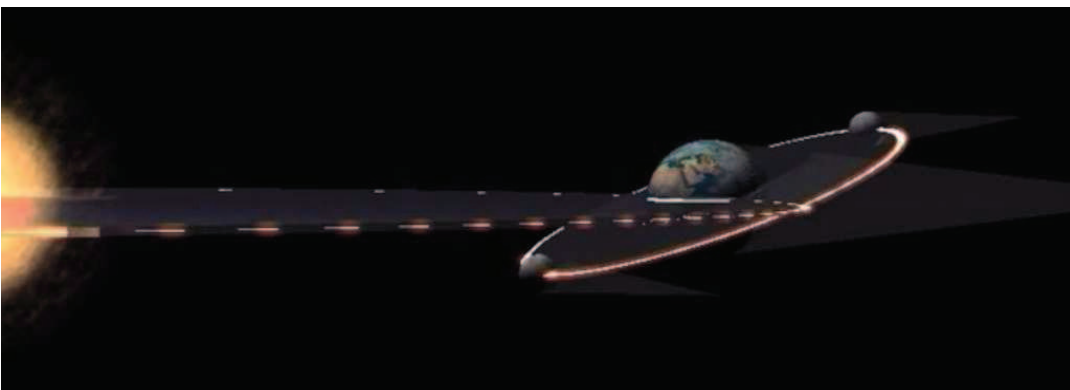


Abb. 4: Wenn sich der Mond zwischen Erde und Sonne befindet, tritt nicht immer eine Sonnenfinsternis bzw. Mondfinsternis ein!

Die Mondfinsternis

Die Mondfinsternis entsteht ebenfalls durch einen Schatten. Der Mond verfinstert sich, weil er sich bei einer Mondfinsternis im Schattenraum der Erde befindet (siehe Abbildung 1). Weil die Bahnebene des Mondes geneigt ist, passiert auch die Mondfinsternis ebenfalls relativ selten. Weltweit finden höchstens zwei Mondfinsternisse pro Jahr statt.

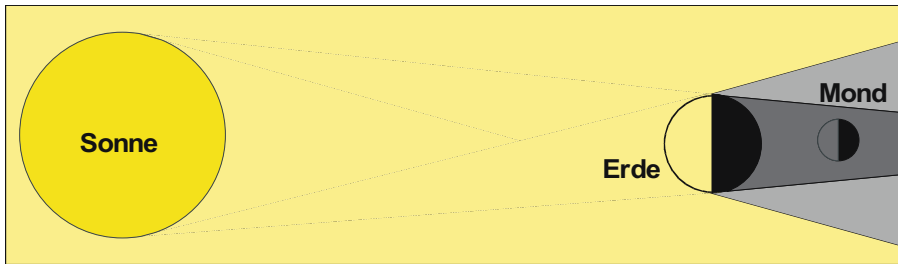


Abb. 1: So ungefähr stehen Sonne, Erde und Mond bei einer Mondfinsternis (Nicht maßstabsgetreu! Schatten vereinfacht dargestellt!)

Für daheim: Unterhalb findest du einen Link zu dem Video, das dir die Mondfinsternisse noch einmal erklärt. Sieh dir dieses Video an, wenn du mehr über die Mondfinsternisse lernen möchtest!

<http://vimeo.com/9082373>

Aufgaben:

- a) Karl, Ferdinand und Maria-Theresia gehen abends nach Hause. Während sie gerade hinter einer Plakatsäule vorbeigehen, leuchten die Scheinwerfer eines Autos in ihre Richtung (siehe Abbildung 2).
- 1) Wer von den dreien wird von zwei Scheinwerfern beleuchtet?
 - 2) Wer von den dreien wird am schwächsten beleuchtet? Begründe!

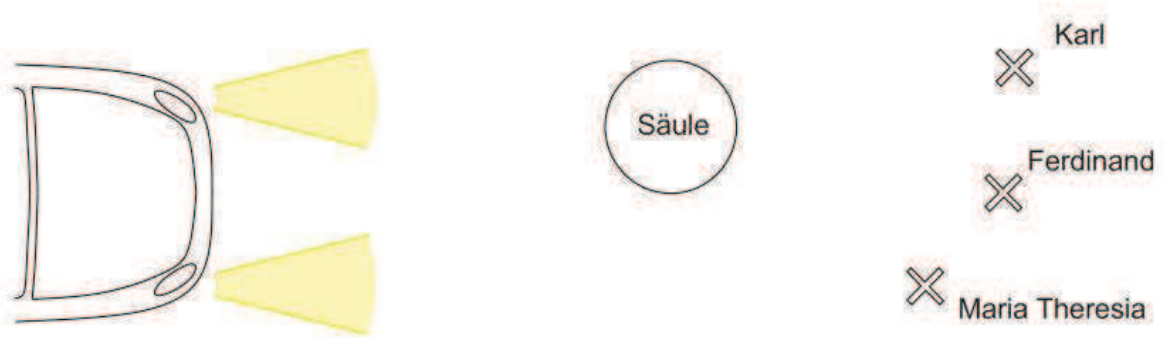


Abb. 2: Karl, Maria-Theresia und Ferdinand von oben betrachtet.

- b) Die Höhe eines Kamins soll aus der Schattenlänge bestimmt werden (siehe Abbildung 3). Dazu vergleicht man den Schatten des Kamins mit dem Schatten eines 1 m langen Stabes. Wie hoch ist der Kamin, wenn er einen Schatten von 60 m wirft und der Stab einen Schatten von 1,2 m wirft? Fertige eine Skizze an!

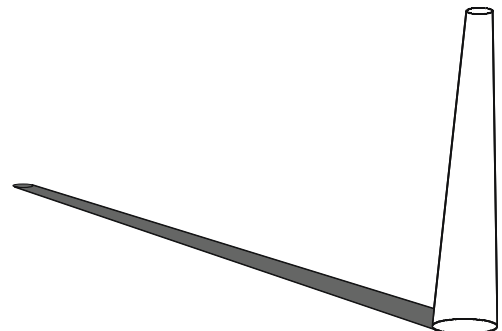


Abb. 3: Der Schatten dieses Kamins ist 60 m lang

- c) Konstruiere den Schattenraum in Abbildung 1! Betrachte die Glühwendeln der Glühbirnen als punktförmigen Selbstsender.

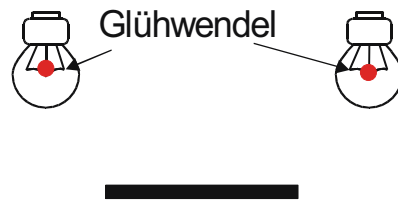


Abb. 1: Ein Hindernis wird von zwei Glühbirnen beleuchtet.

- d) 1) In welchem Bereich hinter dem Hindernis ist es besonders dunkel (siehe Abbildung 2)?
2) Wo hört der Schatten ganz auf? Konstruiere!

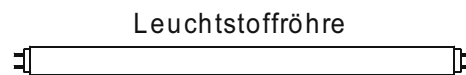


Abb. 2: Ein Hindernis wird von einer Leuchtstoffröhre beleuchtet.

- e) Überlege! Welche Mondphase muss vorliegen, wenn:
a) Mondfinsternis
b) Sonnenfinsternis
eintritt? (Sieh dir dazu die Seiten 23 und 24 nochmal an!)
- f) Welches Bild stellt eine Mondphase dar? Welches Bild stellt eine teilweise Mondfinsternis dar? Begründe!



Bild A



Bild B

Das Bild der Lochkamera

Der Abbildungsvorgang bei der Lochkamera

Du hast bereits eine Lochkamera gebastelt. Du wirst jetzt erfahren, wie die Bilder am Schirm der Lochkamera entstehen.

Stell dir vor, dass ein leuchtender Gegenstand aus vielen kleinen Sendern besteht. Diese kleinen Sender nennen wir Leuchtflecke. Das Prinzip der Leuchtflecke kennst du vielleicht schon von Handydisplays. Mit einem Vergrößerungsglas kannst du diese Leuchtflecke am Handy, die Pixel, gut erkennen.

Mit der Hilfe eines LED Spots wirst du jetzt erfahren, was die Lochkamera mit diesen Leuchtflecken tut. Der LED Spot besteht aus mehreren kleinen LEDs (siehe Abbildung 1). Die LEDs sind jetzt unsere Leuchtflecken. Alle LEDs zusammen bilden zusammen eine größere leuchtende Fläche.



Abb. 1: Ein LED Spot

Das Foto nebenan zeigt dir, was passiert, wenn der LED Spot auf eine Wand leuchtet (siehe Abbildung 2). Du siehst einen großen Lichtfleck an der Wand. Du kannst an der Wand nicht erkennen, was leuchtet und wie es aussieht. An der Wand ist kein Bild der LEDs sichtbar.

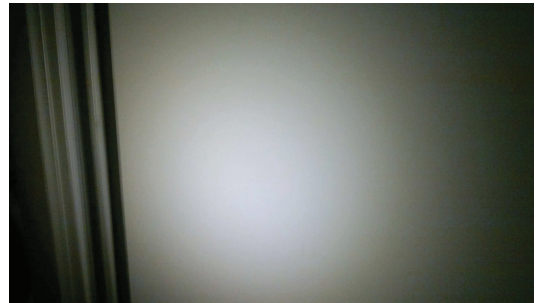


Abb. 2: Der Lichtfleck von einem LED Spot

In Abbildung 3 siehst du, was passiert, wenn deine Lehrkraft eine Scheibe mit einer kleinen Öffnung in den Lichtkegel des Spots stellt. So eine Scheibe bezeichnet man als **Blende**. Die Blende wirft einen Schatten an die Wand. In diesem Schatten kannst du kleine Lichtflecken erkennen. Zähle sie! Es sind gleich viele Lichtflecken, wie der Spot LEDs hat. Diese Lichtflecken sind die Abbildungen der einzelnen LEDs. Du siehst in Abbildung 3 also ein sehr einfaches Bild des LED Spots.

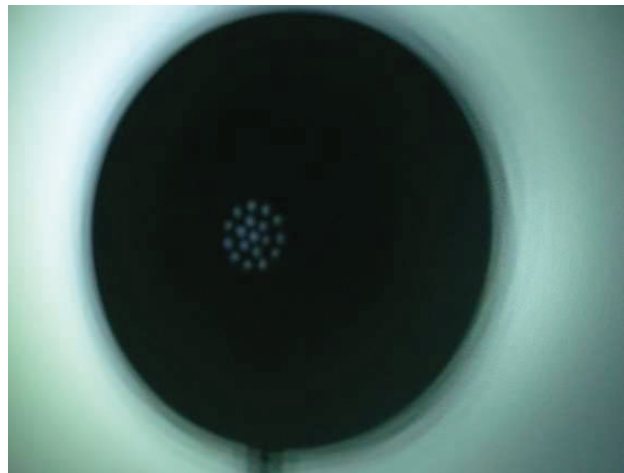


Abb. 3: Der LED Spot leuchtet durch eine Blende

Aufgabe:

Deine Lehrkraft deckt jetzt einzelne Leuchtdioden (LEDs) des Spots ab. Beantworte die folgenden Fragen!

Wenn eine LED auf der Unterseite des Spots abgedeckt wird, dann verschwindet ein heller Fleck an der.....des Bildes.

Wenn eine LED auf der rechten Seite des Spots abgedeckt wird, dann verschwindet ein heller Fleck auf der.....des Bildes.

Was kannst du allgemein über das Bild sagen?

Was tut die Blende eigentlich?

Du siehst unterhalb einen Selbstsender dargestellt, der nur aus zwei LEDs besteht. Von diesen LEDs gehen zwei Lichtkegel zur Wand (siehe Abbildung 1):

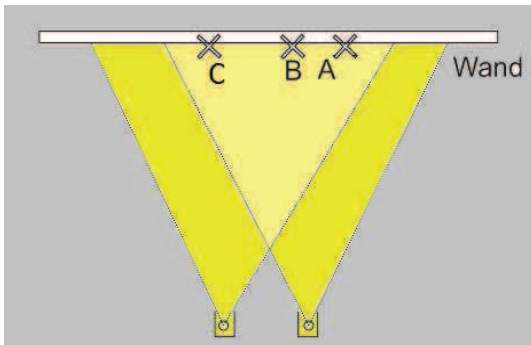


Abb. 1: Zwei Leuchtflecke beleuchten eine Wand

Ohne Blende kommt an den Punkten A, B und C das Licht von beiden LEDs an. An den Punkten A, B und C streut die Wand also das Licht beider LEDs. Ein Beobachter kann nicht sagen, von welchem Gegenstand der Schirm beleuchtet wird, weil von allen Punkten gleich viel Licht in sein Auge kommt. Die Punkte A, B und C sehen für ihn gleich aus. Das „Bild“ der einzelnen LEDs ist verwaschen.

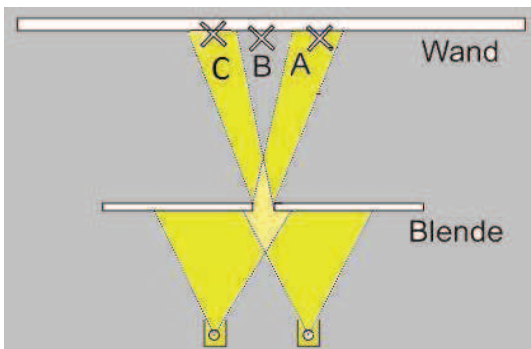


Abb. 2: Eine Blende befindet sich zwischen Wand und Leuchtflecken. Sie schneidet Schmale Lichtkegel aus.

In Abbildung 2 ist jetzt eine Blende zwischen der Wand und den LEDs. Die Blende schneidet aus dem Licht eines LEDs einen schmalen Lichtkegel heraus. Das Licht an Punkt A kommt eindeutig vom linken Leuchtfleck. A sendet das Licht des linken Leuchtflecks weiter. Von A kann das Licht in das Auge eines Beobachters gelangen. Der Beobachter sieht an der Stelle A eine Abbildung des linken Leuchtflecks.

Am Punkt B kommt kein Licht an. B kann kein Licht streuen. Der Punkt B sieht für einen Beobachter schwarz aus.

Am Punkt C kommt das Licht des rechten LEDs an. Von dort wird dieses Licht zum Beobachter weitergesendet. Der Beobachter sieht an der Stelle C die Abbildung der rechten LED.

Ein Beobachter kann die Punkte A, B und C voneinander unterscheiden, sie sehen für ihn anders aus.

Ein leuchtender Gegenstand besteht aus sehr vielen kleinen Leuchtflecken. Die Blende schneidet für jeden Leuchtfleck einen schmalen Lichtkegel aus. Jeder Lichtkegel beleuchtet einen Fleck am Schirm. Es entsteht also zu jedem Leuchtfleck ein passender heller Fleck am Schirm. Wir nennen diese hellen Flecken ab jetzt Bildflecken. Durch die Lochblende haben wir also eine Abbildung von Leuchtfleck zu Bildfleck. Alle Bildflecken zusammen bilden das Bild des Gegenstandes.

In Abbildung 3 siehst du ein Applet abgebildet, das den Abbildungsvorgang durch die Lochkamera noch einmal erklärt. Durch die Blende zwingen sich gleichzeitig sehr viele verschiedene Lichtkegel. Die Lichtkegel stören sich dabei gegenseitig nicht. Das Bild eines Leuchtflecks ändert seine Farbe und Helligkeit nicht, wenn sich der Lichtkegel in der Blende mit anderen Lichtkegeln überlagert.

P.S.: Das Applet findest du auf der folgenden Internetseite:

http://www.leifiphysik.de/web_ph09/versuche/09lochkamera/erklaerung.htm

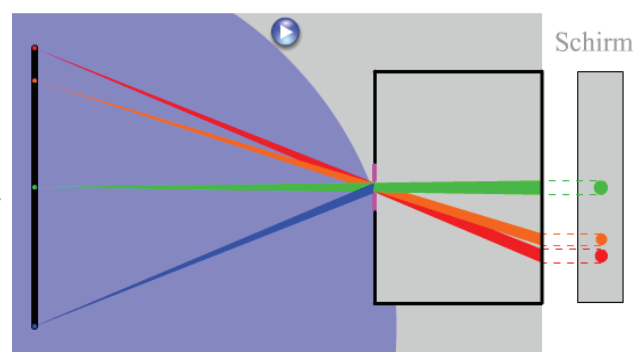


Abb.3: Die Lichtkegel zwängen sich durch die Blende. Sie streuen sich gegenseitig nicht.

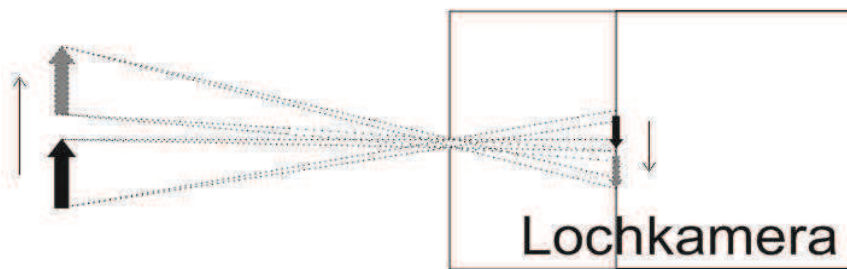
Für Fortgeschrittene: Wie kann man am Bild des LED Spots überprüfen, ob sich die Lichtkegel der LEDs gegenseitig beeinflussen? Überlege dir dazu ein Experiment!

Wo ist das Bild?

Die Lochkamera führt einen einfachen Abbildungsvorgang durch. Wovon hängt es ab, wo du das Bild eines Gegenstandes am Schirm beobachten kannst?

Beobachte:

Bewege einen selbstleuchtenden Gegenstand vor deiner Lochkamera im gleichen Abstand hin und her. (Der Abstand des Gegenstands zur Lochkamera bleibt gleich.) Wie verändert sich das Bild auf dem Schirm?



Warum ist das so?

Verschiebt sich der Gegenstand, so wandert sein Bild ebenfalls (siehe Abbildung 1). Die Einfallsrichtung des Lichtes bestimmt, wo das Bild entsteht.

Abb.1: Der Ort des Bildes wird von der Einfallsrichtung des Lichtes durch die Blende bestimmt

Diese Erkenntnis kannst du auf das menschliche Auge übertragen (siehe Abbildung 2):

Wir nehmen einen Gegenstand in der Richtung wahr, aus der Licht von diesem Gegenstand in unsere Pupille fällt.

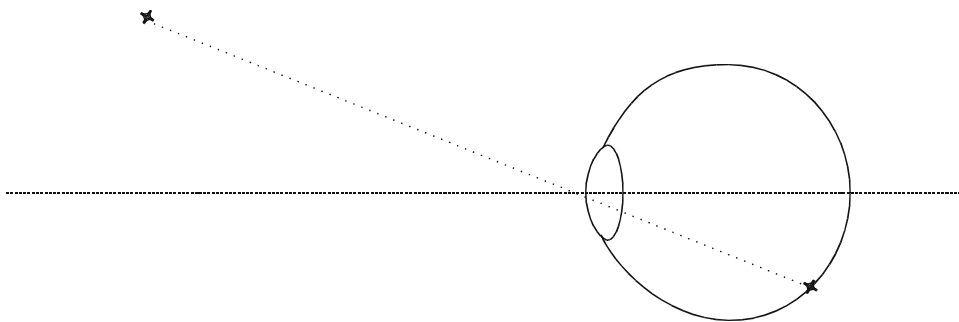


Abb. 2: Der Ort des Bildes auf der Netzhaut hängt von der Einfallsrichtung des Lichtes ab. Oder: Wir sehen einen Punkt in der Einfallsrichtung des Lichtes.

Wie groß ist das Bild?

Erinnere dich an deine ersten Beobachtungen mit der Lochkamera! Du weißt, dass das Bild eines Gegenstandes unterschiedlich groß sein kann. Du lernst jetzt, wovon die Größe des Bildes bei der Lochkamera abhängt.

Zuerst musst du folgende Größen kennenlernen:

- | | |
|-------------------------|---|
| • Gegenstandsgröße (G): | gibt die Größe des Gegenstandes an |
| • Gegenstandsweite (g): | gibt die Entfernung des Gegenstands von der Blende an |
| • Bildgröße (B): | gibt die Größe des Bildes an |
| • Bildweite (b): | gibt die Entfernung des Bildes von der Blende an |

Damit du die Größe des Bildes bestimmen kannst, brauchst du noch ein Hilfsmittel, den **Lichtstrahl**. Ein Lichtstrahl ist ein **sehr dünner Lichtkegel**. Lichtstrahlen wirst du oft als Stellvertreter eines großen Lichtkegels verwenden. Sie helfen dir, das Verhalten eines ganzen Lichtkegels zu beschreiben. Du kannst mit einzelnen Lichtstrahlen auch die Bildgröße eines Gegenstandes bestimmen.

Aufgaben:

- a) Du siehst unten, wie man mit Lichtstrahlen das Bild eines Pfeiles am Schirm konstruieren kann (siehe Abbildung 1). Wir betrachten zur Vereinfachung nur die Lichtkegel, die von Spitze und Ende des Pfeiles ausgehen. Wenn du weißt, wo die Spitze und das Ende des Pfeiles abgebildet werden, dann kannst du schon sagen, wie groß das Bild wird. Damit die Konstruktion übersichtlich bleibt, zeichnen wir statt der Lichtkegel nur Lichtstrahlen ein.

1.) Fällt dir an den Dreiecken etwas auf?

2.) Welche Größen geben die Doppelpfeile an? Beschrifte!

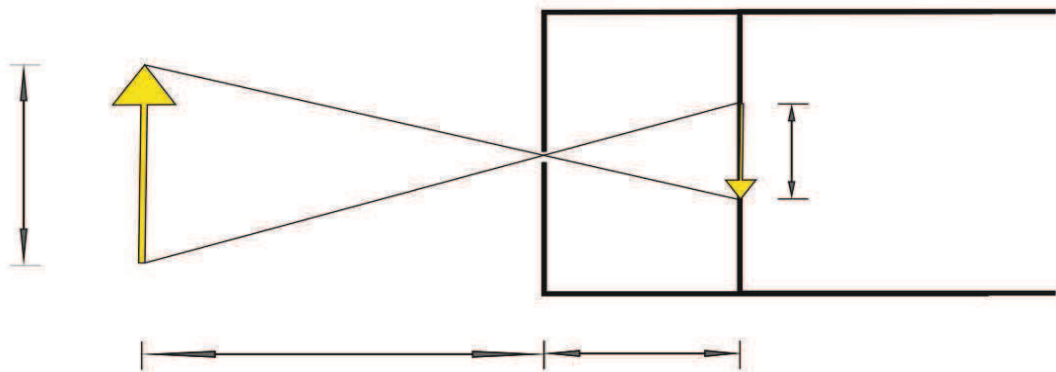


Abb.1: Konstruktion des Bildes mit Lichtstrahlen

- b) 1) Konstruiere in den folgenden Zeichnungen jeweils die Bildgröße (siehe Abbildung 2).
 2) Miss die Werte von b , g , B und G aus und trage sie in die Tabellen ein.
 3) Berechne die Quotienten B/G und b/g und trage sie ebenfalls ein.
 4) Was fällt dir auf?

Zeichne durch
die Mitte der Blende

B	G	b	g	B/G	b/g

Zeichne durch
die Mitte der Blende

B	G	b	g	B/G	b/g

Zeichne durch
die Mitte der Blende

B	G	b	g	B/G	b/g

Du siehst:

*Das Verhältnis von Bildgröße B zu Gegenstandsgröße G ist gleich dem Verhältnis von Bildweite b zu Gegenstandsweite g .
Oder: $B/G = b/g$*

Dieses Verhältnis B/G bezeichnet man als Abbildungsmaßstab A .

Weil $B/G = A$ folgt $B = A \cdot G$

Der Abbildungsmaßstab gibt an, um wie viel fach das Bild größer als der Gegenstand ist.

Aufgaben:

- a) Was kannst du über die Größen des Bildes und des Gegenstandes sagen, wenn $A=1$, $A>1$ und $A<1$ ist?

Der Abbildungsmaßstab ist 1, wenn das Bild
Der Abbildungsmaßstab ist größer als 1, wenn das Bild.....
Der Abbildungsmaßstab ist kleiner als 1, wenn das Bild.....

- b) Was gilt für g und b ?

Wenn der Abbildungsmaßstab gleich 1 ist, gilt: Die Bildweite b ist.....
Wenn der Abbildungsmaßstab kleiner als 1 ist, gilt: Die Bildweite b ist.....
Wenn der Abbildungsmaßstab größer als 1 ist, gilt: Die Bildweite b ist.....

- c) Wie musst du den Auszug deiner Lochkamera verschieben, um das Bild eines Gegenstandes zu vergrößern? Begründe!

- d) Berechne:

$G = 3,5 \text{ cm}$
 $g = 4,7 \text{ cm}$
 $b = 6,2 \text{ cm}$

Gesucht: Bildgröße (B) und Abbildungsmaßstab (A)

- e) Für Fortgeschrittene:

Zita richtet ihre Lochkamera auf den Vollmond aus. Welche Bildgröße ist bei einer Entfernung von 30 cm zwischen Blende und Schirm zu erwarten?

Monddurchmesser ca. 3500 km, Entfernung Mond-Erde ca. 380.000 km

Berechne und überprüfe auch für deine Lochkamera!

Die Linsenkamera

Wie kann man das Bild der Lochkamera verbessern?

Damit du einen Gegenstand mit der Lochkamera sehen kannst, muss er relativ viel Licht abstrahlen. Strahlt der beobachtete Gegenstand nur wenig Licht ab, ist das Bild sehr dunkel. Wenig Licht vom Gegenstand gelangt auf den Schirm der Lochkamera. Daher kommt sehr wenig Bildinformation in dein Auge.

Was passiert, wenn du die Blendenöffnung deiner Lochkamera vergrößerst, damit mehr Licht auf den Schirm fällt?

Deine Lehrkraft verwendet den LED Spot, um dir zu zeigen, was bei verschiedenen Blendenöffnungen passiert (siehe Abbildung 1).

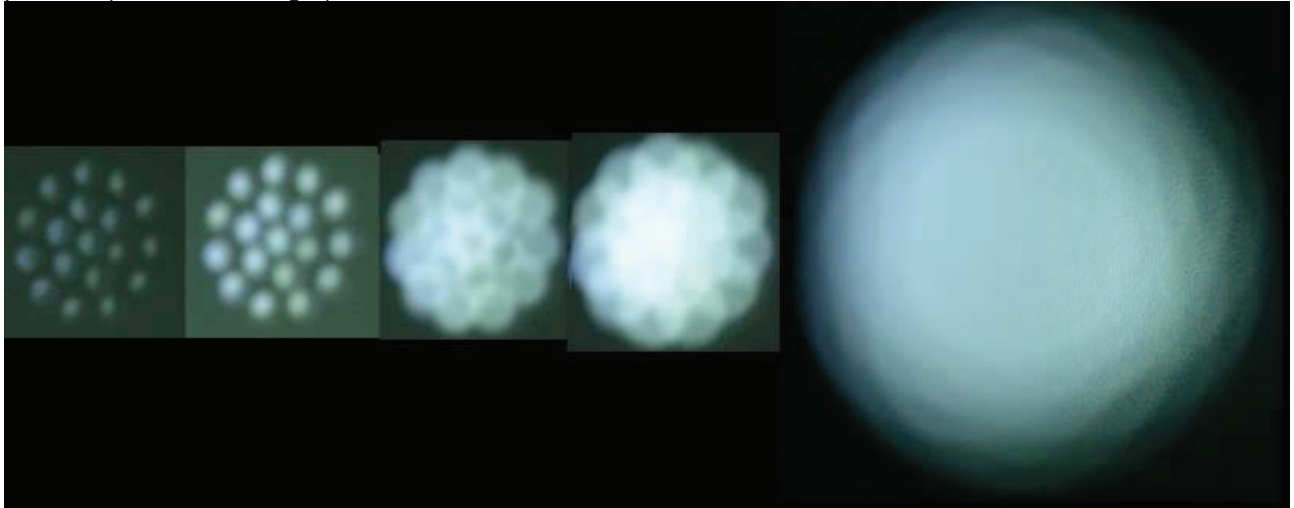


Abb. 1: Von links nach rechts wurde eine immer größere Blendenöffnung verwendet um den LED Spot abzubilden

Du siehst wie die Bilder der einzelnen LEDs ineinander verschwimmen. Das Bild wird heller, aber unscharf. In der Abbildung 2 unterhalb siehst du, warum das so ist. Du siehst: Die Lichtkegel werden allmählich zu dick, die Bildflecken überschneiden sich. Das Bild wird unscharf.

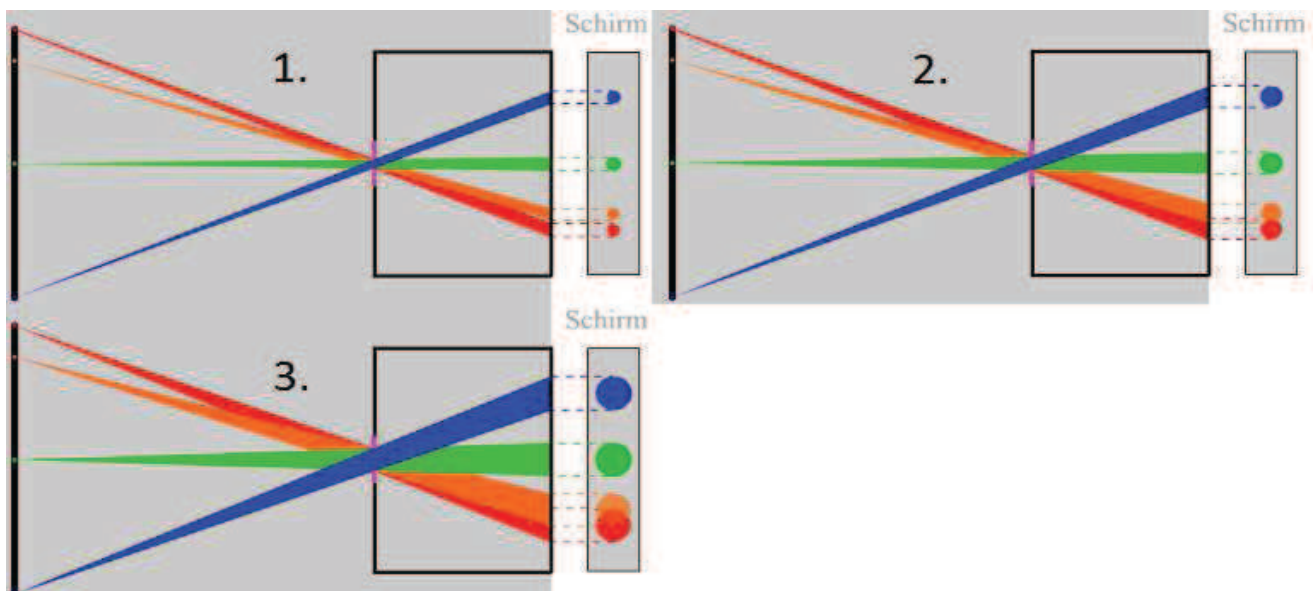


Abb. 2: So verändert sich das Bild der Leuchtflecken, wenn die Blendenöffnung größer wird

P.S. Die Screenshots aus Abbildung 2 kommen wieder von einem Applet aus:
http://www.leifiphysik.de/web_ph09/versuche/09lochkamera/erklaerung.htm

Das Bild ist nur scharf, wenn die Bildflecken am Schirm voneinander getrennt sind und sich nicht überschneiden. Wir brauchen also Lichtkegel, die nach der Blende wieder zusammenlaufen. Eine Sammellinse erfüllt diese Aufgabe (siehe Abbildung 1). Die Sammellinse macht aus einem Lichtkegel, der auseinander läuft, einen Lichtkegel, der zusammen läuft. Die Sammellinse führt das Licht, das von einem LeuchtPUNKT des Gegenstands ausgeht in einem BildPUNKT zusammen (Abbildung 1 links). Nach diesem Bildpunkt strebt das Licht wieder kegelförmig auseinander (Abbildung 1 rechts).

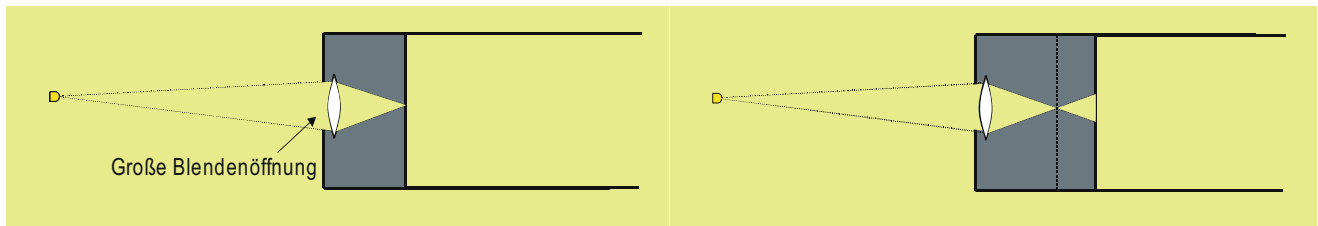


Abb. 1: Lochkamera mit Sammellinse an Blendenöffnung.

Verbessere dein Kameramodell mit einer Sammellinse. Nutze dazu die Hinweise aus der Bauanleitung für die Lochkamera!

Beobachte mit deinem verbesserten Kameramodell verschiedene Gegenstände in unterschiedlichen Entfernungen (Gegenstandsweiten g).

Was fällt dir am Bild im Vergleich zur Lochkamera ohne Linse auf?

Sieh dir Abbildung 1 dazu an, kannst du deine Beobachtung mit Hilfe der Abbildung erklären?

Wenn du einen Gegenstand aus einer bestimmten Entfernung beobachtest, dann gibt es genau eine Einstellung des Auszuges, bei dem du ein scharfes Bild des Gegenstandes siehst.

Allgemein bedeutet das:

Bei einer Sammellinse gehört zu jeder Gegenstandsweite genau eine Bildweite. Die Bildweite ist die Entfernung des Schirmes von der Linse, in der das Bild des Gegenstandes scharf erscheint.

Das Auge muss sich auch anpassen, damit es Gegenstände scharf sehen kann, die unterschiedlich weit entfernt sind.

Die Netzhaut ist immer gleich weit von der Linse entfernt, die Bildweite ist also immer gleich. Möchte ich mir einen Gegenstand ansehen, der nahe bei mir ist, wird durch die Augenmuskeln die Augenlinse stärker gekrümmt. Betrachte ich weit entfernte Gegenstände, dann sind die Augenmuskeln gelockert. Die Augenlinse hat dann eine flachere Form.

Dieser Vorgang, bei dem die Augenlinse an die Entfernung des Gegenstandes angepasst wird, heißt Akkomodation.

In der Abbildung 2 siehst du, wie du die Akkomodation bei deinen Augen beobachten kannst. Probiere das mit der Tafel in deiner Klasse und deinem Daumen aus. Lasse dabei ein Auge geschlossen. Kannst du Tafelschrift und Daumen gleichzeitig scharf sehen

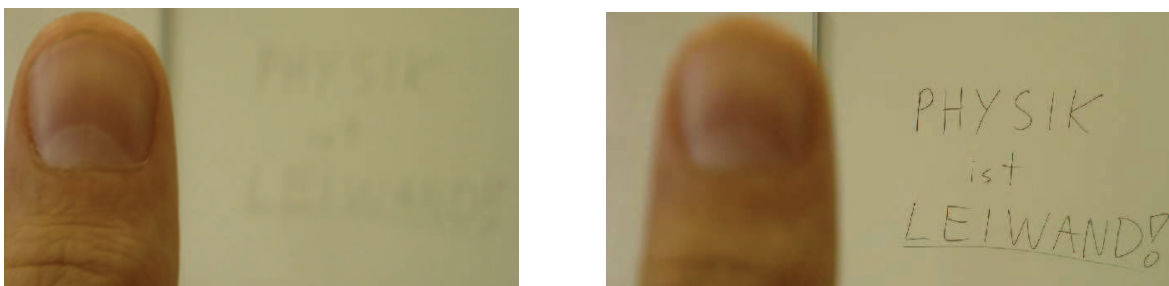


Abb. 2: Der Daumen und die Tafelschrift sind nicht gleichzeitig scharf zu sehen.

Entfernungen mit der Linsenkamera messen

Wie geht das? Wir drehen den Merksatz von Seite 32 um: *Bei einer Sammellinse gehört zu jeder Bildweite genau eine Gegenstandsweite.*

Die Bildweite veränderst du, wenn du den Auszug deiner Kamera hinausziehst bzw. hineinschiebst. Ist bei einer bestimmten Auszuglänge ein Bild scharf, dann muss sich der Gegenstand in einer bestimmten Entfernung (Gegenstandsweite) befinden.

Damit dein Kameramodell ein Entfernungsmesser wird, musst du den richtigen Zusammenhang zwischen der Position des Auszuges und Entfernung des Gegenstandes finden. Dieser Vorgang heißt kalibrieren.

Arbeitet zu zweit: Kalibrieren

Ihr benötigt ein Papiermaßband, Klebeband und ein Buch. Zuerst baut ihr die Messstation auf (Siehe Abbildung 1).

- 1) Klebt das Papiermaßband mit Klebeband auf den Tisch. Klebt das Klebeband dabei nicht zu nahe an den Rand des Tisches! Es muss Platz für die Linsenkamera bleiben.
- 2) Stellt ein Buch auf. Dieses Buch werdet ihr dann am Schirm der Linsenkamera scharf abbilden.



Abb. 1: So kann eine Messstation aussehen. Bei der Kalibrierung wird die Position des Auszuges mit dem Bleistift markiert.

Kalibriert den Entfernungsmesser für **Entfernungen** von **30 cm, 40 cm, 50 cm und 70 cm**.

So gehst du bei der Kalibrierung vor (Siehe Abbildung 1):

- 1) Legt das Kameramodell so auf, dass die Linse der Kamera direkt über dem Nullpunkt des Maßbandes liegt.
- 2) Stellt das Buch in der gewünschten Entfernung vor der Linsenkamera auf (z.B. 70 cm).
- 3) Bewege den Auszug, bis das Buch scharf am Schirm erscheint. Dein Partner/Deine Partnerin sollte dabei die Linsenkamera festhalten
- 4) Markiere die Position des Auszuges leicht mit einem Bleistift.
- 5) Wiederhole diese Schritte noch zweimal für die gleiche Entfernung.
- 6) Wähle nun einen „Mittelwert“ dieser drei Striche. Markiere diesen Mittelwert mit einem dicken Strich und schreibe die dazu gehörende Gegenstandsweite dazu (z.B. 70 cm).

Führe diese Kalibrierung für alle 4 Entfernungen durch. Du erhältst am Ende eine Entfernungsskala, mit der du deine Linsenkamera als Entfernungsmesser benutzen kannst.

Führe danach einige Entfernungsmessungen durch!

Das Spiegelbild

Die Eigenschaften des Spiegelbildes

Das Spiegelbild eines Gegenstandes sieht irgendwie anders aus als der Gegenstand. Aber was ist am Spiegelbild anders? Führe die folgenden Arbeitsaufträge durch, um diese Frage zu beantworten!

- a) Lege einen Gegenstand vor einen Spiegel. Verschiebe ihn nach links, dann nach rechts. Wie ändert sich die Position des Spiegelbildes?
- b) Setze dich direkt vor den Spiegel. Schiebe nun diesen Gegenstand von dir weg zum Spiegel hin und ziehe ihn wieder zu dir. Wie ändert sich die Position des Spiegelbildes?

Schiebe ich den Gegenstand von mir weg, dann bewegt sich sein Spiegelbild.....

Ziehe ich den Gegenstand zu mir, dann bewegt sich sein Spiegelbild.....

- c) Lege einen Spielwürfel vor einen Spiegel (siehe Abbildung 1).

Zeichne das Spiegelbild fertig!

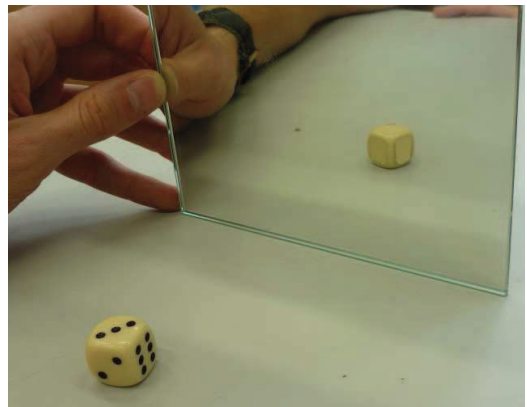


Abb. 1: Ein Würfel liegt vor einem Spiegel

Wir fassen zusammen:

Beim Spiegelbild ist diejenige Seite des Gegenstandes, die näher zu dir ist, _____

Die rechte Seite des Gegenstandes ist beim Spiegelbild _____ zu sehen.

Die linke Seite des Gegenstandes ist beim Spiegelbild _____ zu sehen.

Der Unterschied zwischen Gegenstand und Spiegelbild ist:

Der Spiegel vertauscht vorn und hinten

Im Foto rechts siehst du einen Versuchsaufbau, bei dem eine Spielfigur hinter einer Wand aus Spielklötzen steht (siehe Abbildung 2).

Du kannst das Männchen nur mit dem Spiegel sehen. Der Spiegel vertauscht vorn und hinten. Mit dem Spiegel gelingt es dir die Hinterseite der Mauer mit dem Männchen zu sehen. Die Hinterseite der Mauer erscheint im Spiegelbild als Vorderseite.

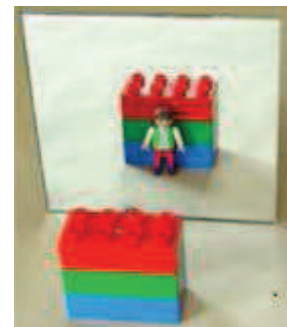


Abb. 2: Ein Männchen versteckt sich.

Der Ort des Spiegelbildes

Du siehst in den Fotos unterhalb, wie eine Deckenleuchte von der Glasplatte eines Wuzlers abgebildet wird (siehe Abbildungen 1 und 2). Warum kann die Kamera nicht gleichzeitig das Blatt Papier, das auf der Glasplatte liegt, und die Leuchte scharf abbilden?

Das Spiegelbild der Deckenleuchte entsteht nicht auf der Glasplatte, auf der das Blatt liegt. Wo das Spiegelbild eines Gegenstandes entsteht, wirst du jetzt lernen.

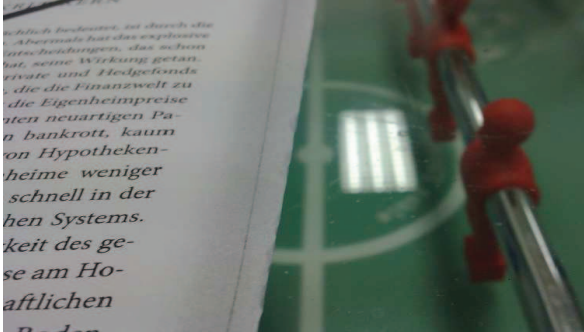


Abb. 1: Das Blatt Papier ist scharf zu sehen.

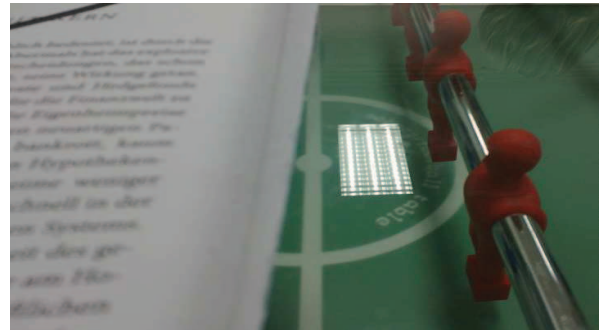


Abb. 2: Das Spiegelbild der Deckenleuchte ist scharf zu sehen.

Beobachte!

- a) Lege eine Kerze (Teelicht) rechts so vor den Spiegel, dass du das Spiegelbild der Kerze gerade noch sehen kannst (siehe Kerze 1 in Abbildung 3).

Blicke in den Spiegel. Verschiebe seitlich am Spiegel vorbei eine zweite Kerze so lange nach hinten, bis sie genau neben dem Spiegelbild steht (siehe Kerze 2 in Abbildung 3).

Miss den Abstand von Kerze 1 zum Spiegel. Vergleiche diesen Abstand mit dem Abstand von Kerze 2 zum Spiegel. Was fällt dir auf?

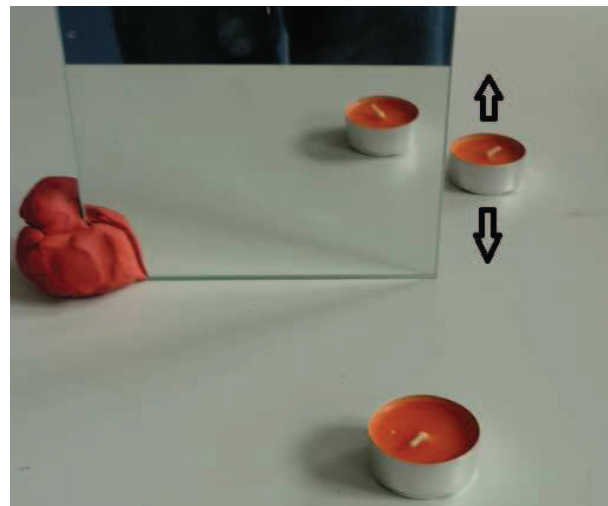


Abb. 3: Die beiden Kerzen von oben betrachtet

- b) Stelle eine Bildtafel 30 cm vor einem Spiegel auf (siehe Abbildung 4). Klebe danach ein Pickerl auf den Spiegel.

Lege die Kamera so an, dass sich die Linse der Kamera genau über der Bildtafel befindet.

1) Benutze die Kamera als Entfernungsmesser. Stelle dazu die Kamera so ein, dass das Spiegelbild der Bildtafel scharf am Schirm ist. Lies dann die Entfernung mit der Entfernungsskala ab.

Wie weit ist das Spiegelbild von der Kamera entfernt?

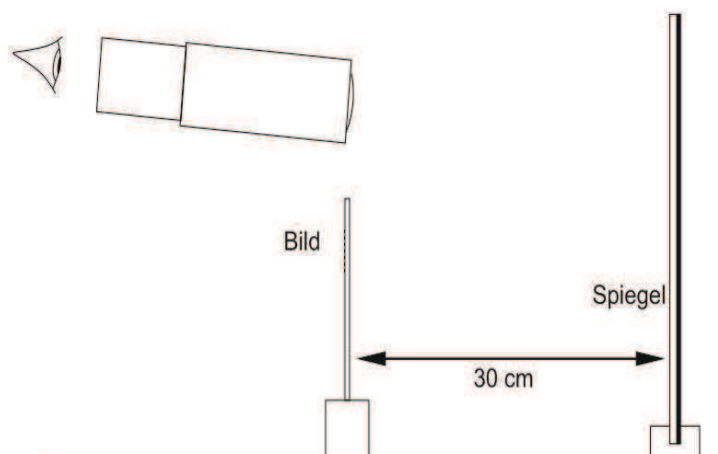


Abb. 4: Mit einem Entfernungsmesser wird der Ort eines Spiegelbildes bestimmt

2) Stelle als nächstes die Kamera so ein, dass das Pickerl scharf ist. Lies erneut die Entfernung des Spiegelbildes mit der Entfernungsskala ab.

Wie weit ist das Pickerl von der Kamera entfernt?

3) Wie weit ist also das Spiegelbild der Bildtafel vom Spiegel entfernt?

Wir fassen zusammen:

*Der Ort des Spiegelbildes befindet sich hinter dem Spiegel.
Der Abstand vom Gegenstand zum Spiegel und vom Spiegelbild zum Spiegel sind gleich.
Spiegelbild und Gegenstand liegen daher symmetrisch zum Spiegel.*

Es ist auch egal, von wo du auf den Spiegel siehst, das Spiegelbild ist immer am gleichen Ort. Wie das genau gemeint ist, schauen wir uns jetzt an.

Versuch: Eine Kerze wird vor eine Glasplatte gestellt. Die Glasplatte wirkt teilweise wie ein Spiegel. Ein Becherglas wird hinter das Glas gestellt. Das Becherglas wird so verschoben, dass das Spiegelbild der Kerze im Becherglas erscheint (siehe Abbildung 2).

Von welcher Position du auch auf die Glasplatte schaust, die Kerze ist immer im Wasserglas (siehe Abbildung 1). Das Spiegelbild erscheint immer am selben Ort.

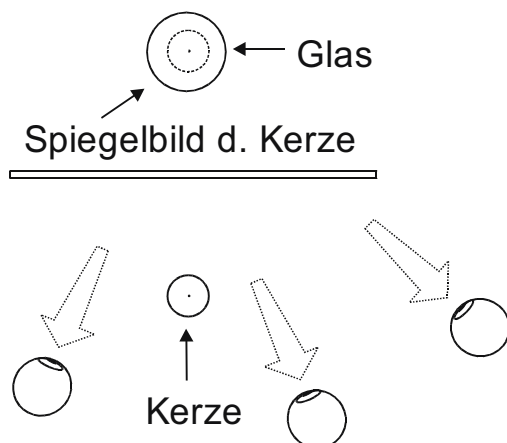


Abb. 1: Die Kerze ist immer im Glas. Es ist egal, von wo man auf den Spiegel sieht.

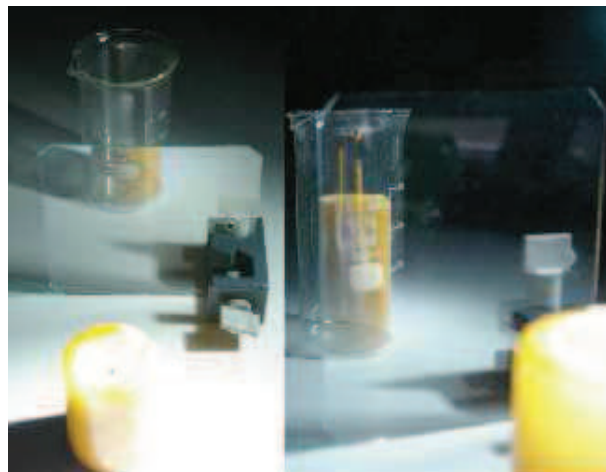


Abb. 2: Kerze und Becherglas im gleichen Abstand vor und hinter der Glasscheibe

Beantworte:

- a) Bei Architekten und Architektinnen sind Spiegel sehr beliebt, weil Räume durch Spiegel größer wirken. Kann man die gleiche Wirkung erzielen, wenn man ein Foto des Spiegelbildes statt dem Spiegel an die Wand hängt? Begründe mit dem Entfernungsmesser!

A.:

- b) Du beobachtest einen stehenden Bleistift mit dem Kameramodell im Spiegel (siehe Abbildung 1). Wie weit ist das Spiegelbild von der Kamera entfernt? Berechne!

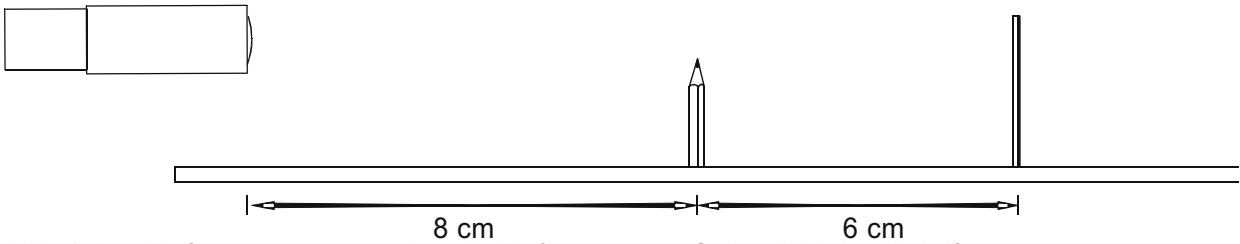


Abb. 1: Der Entfernungsmesser misst die Entfernung zum Spiegelbild des Bleistifts

- c) Was ändert sich beim Spiegelbild, wenn du aus verschiedenen Richtungen auf den Spiegelt siehst?

Die Konstruktion eines Spiegelbildes

Der Ort des Spiegelbildes ist für alle Beobachterpositionen gleich. Du kannst diesen Ort daher allgemein konstruieren. Du gehst dabei so vor, wie du es im Mathematikunterricht bereits gelernt hast.

Erinnerung: „Spiegeln“ an einer Spiegellinie (Die Spiegellinie ist die Linie an der gespiegelt wird).

- Zeichne von einem Punkt, den du spiegeln möchtest, eine Normale auf die Spiegellinie.
- Nimm den Abstand des Punktes zur Spiegellinie in den Zirkel.
- Schlage diesen Abstand mit dem Zirkel auf der anderen Seite der Normalen ab. Dort ist der Bildpunkt.

Das Foto unterhalb zeigt dir, warum du eine Normale zeichnen musst (siehe Abbildung 1).

Beschreibe in deinen eigenen Worten, warum du eine Normale beim Spiegeln zeichnen musst!

Gib auch die physikalische Begründung an, warum du den Abstand zwischen Gegenstand und Spiegellinie nach hinten mit dem Zirkel abschlagen musst, um zum Ort des Spiegelbildes zu kommen!

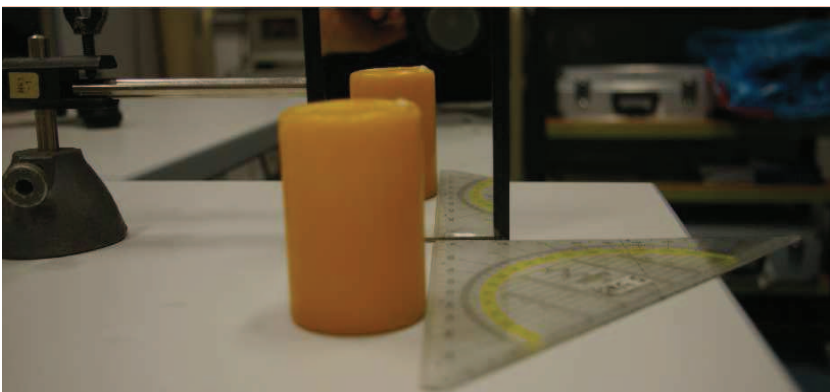


Abb. 1: Die Verbindungslinie von Kerze und gespiegelter Kerze steht normal auf den Spiegel.

Aufgaben:

- a) Auf einem Tisch steht ein Becher vor einem Spiegel (siehe Abbildung 2).

Konstruiere das Spiegelbild des Bechers. Beginne mit den Eckpunkten des Bechers.

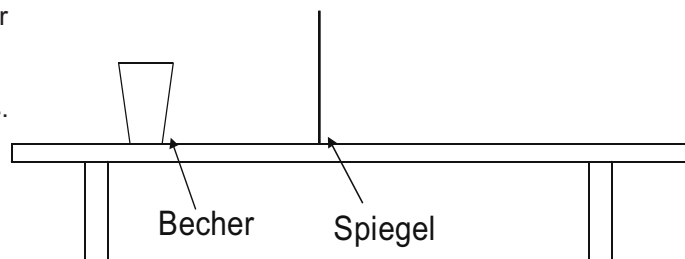


Abb. 2: Ein Becher steht vor einem Spiegel

- b) Konstruiere das Spiegelbild des Turms, wenn er sich im See spiegelt.

Für Fortgeschrittene:

Zeichne rechts einen Punkt ein, von dem man das Spiegelbild der Turmspitze sehen kann!

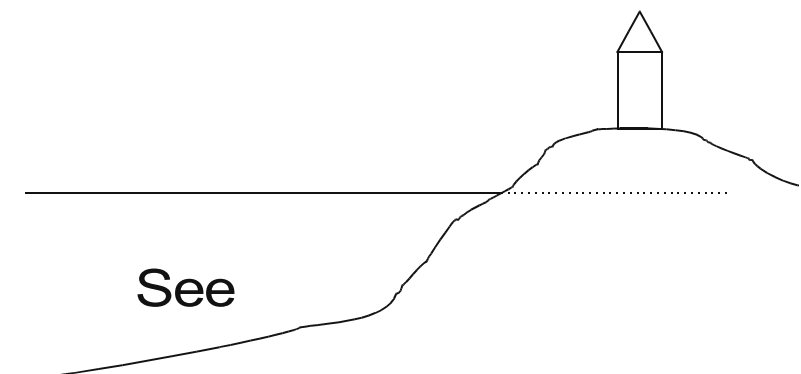


Abb. 3: Der Turm wird an der Wasseroberfläche gespiegelt

Die Reflexion

Die Reflexion, ein Sonderfall der Streuung

Du hast bis jetzt gelernt, wo das Spiegelbild entsteht. Du hast aber noch nicht gehört, warum überhaupt ein Spiegelbild entsteht. Was passiert mit dem Licht an der Oberfläche eines Spiegels?

Beschreibe die Unterschiede wie ein Papierkarton und ein Spiegel Licht weitersenden. Was geschieht, wenn beide mit einem Spot beleuchtet werden (siehe Abbildung 1)?

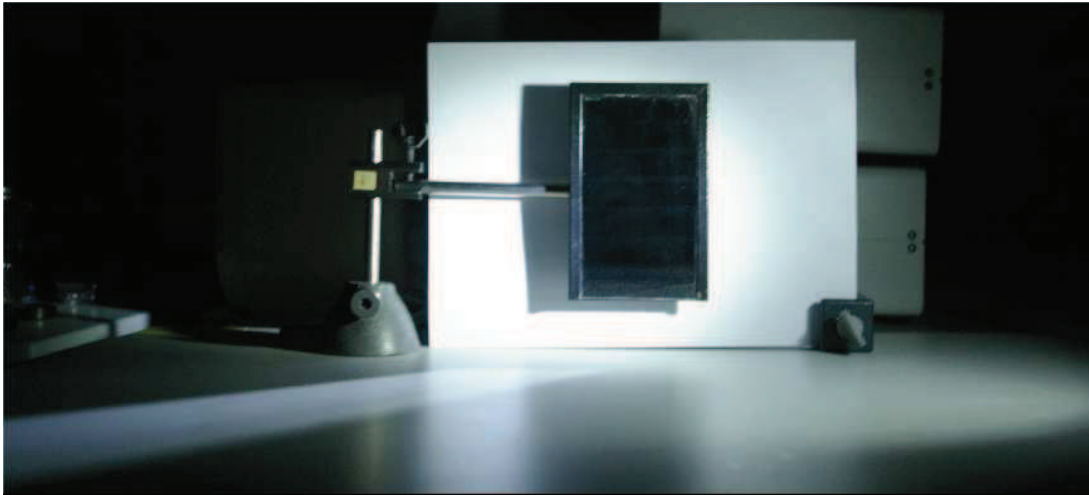


Abb. 1: Der Spiegel und der dahinter liegende Karton werden mit einem Spot beleuchtet.

Der Spiegel erscheint schwarz, weil das einfallende Licht am Beobachter vorbei gestreut wird. Das Licht vom Scheinwerfer wird in diesem Fall vom Spiegel nicht in das Auge des Beobachters weitergestrahlt. Das Stück Karton hingegen erscheint aus allen Beobachtungsrichtungen hell.

Auf der Tischfläche kannst du auch erkennen, dass ein gewisser Bereich aufgehellt ist. Das ist Licht, das vom Spiegel nach schräg unten reflektiert wird.

Der Spiegel streut also das Licht des Spots überwiegend in eine bestimmte Richtung (= Vorzugsrichtung). Diese **spezielle Form der Streuung** heißt **Reflexion**. Reflexion tritt vor allem an glatten Oberflächen auf. Ein Spiegel kann bis zu 99% des einfallenden Lichtes reflektieren.

Die folgende Grafik zeigt dir nochmals den Unterschied zwischen allgemeiner Streuung und Reflexion (siehe Abbildung 2):

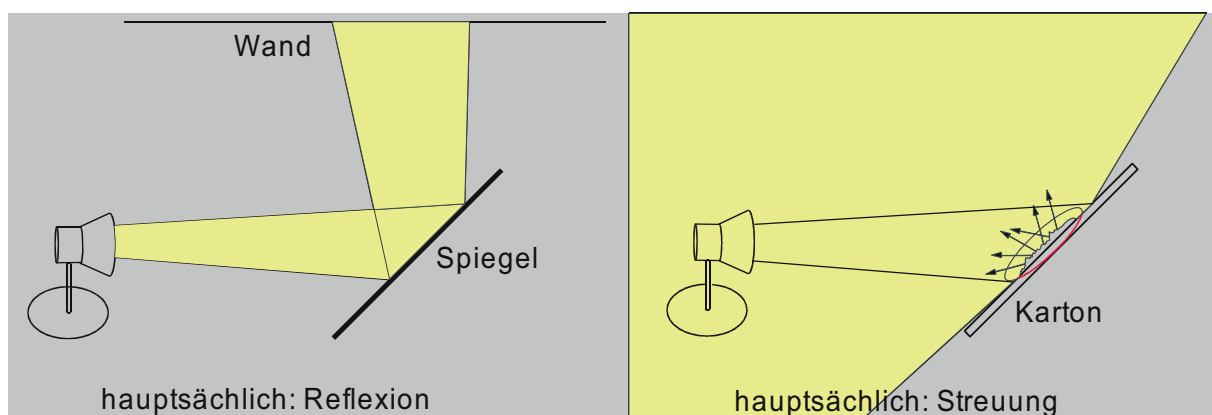


Abb. 2: Der Unterschied zwischen Reflexion und Streuung

Wie du schon von früher weißt: Wegen der mikroskopisch kleinen Unebenheiten des Kartons wird das Licht in alle möglichen Richtungen verteilt. Deshalb wird Licht an der Kartonoberfläche gestreut.

Das Reflexionsgesetz

Du weißt, die Reflexion ist ein Sonderfall der Streuung. Bei der Reflexion wird das einfallende Licht fast vollständig in eine bestimmte Richtung gestreut. Du lernst jetzt, wie du diese Richtung finden kannst, in die das Licht reflektiert wird.

Versuch:

Vor euch in der Klasse steht ein kleiner Spiegel. Der Reihe nach geben Schüler an, welche Schülerinnen und Schüler sie in diesem kleinen Spiegel sehen können. Die Schüler, die sich sehen können, werden mit einer Schnur als „Lichtweg“ über den Spiegel verbunden.

- Fertige eine Skizze zu diesem Versuch an! Zeichne in die Skizze **dich**, einen **Mitschüler**, die **Schnur** und den **Spiegel** ein!
- Wenn du einen Mitschüler/eine Mitschülerin im Spiegel sehen kannst, dann kann dieser/diese Mitschüler/in.....
- Was passiert, wenn einer der Schüler mit der Taschenlampe auf den Spiegel leuchtet?

Das Reflexionsgesetz ist die Regel, die beschreibt, in welche Richtung Licht reflektiert wird. Um es zu finden, musst du zuerst ein paar Begriffe lernen:

- Lichtstrahl* = Ein sehr dünner Lichtkegel, der als Strich dargestellt wird
- Lot* = Senkrechte Linie auf die reflektierende Fläche
- Einfallswinkel* = Winkel zwischen dem einfallenden Lichtstrahl und dem Lot
- Ausfallswinkel* = Winkel zwischen dem reflektierten Lichtstrahl und dem Lot

Das Reflexionsgesetz kannst du nun mit einer optischen Scheibe finden (siehe Abbildung 1). Deine Lehrkraft führt mit euch mehrere Messungen durch. Die Lichtstrahlen werden auf die Mitte des Spiegels gelenkt. Danach wird der Einfallswinkel und der Ausfallswinkel gemessen. Fülle die Tabelle in Abbildung 1 aus!

Einfallswinkel	Ausfallswinkel

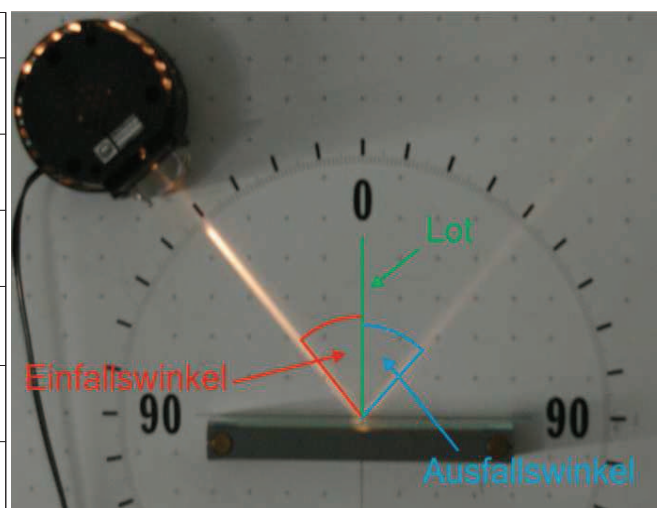


Abb. 1: Lies an der optischen Scheibe jeweils Einfalls- und Ausfallswinkel ab und trage sie in die Tabelle ein!

Das Reflexionsgesetz lautet:

$$\text{Einfallswinkel} = \text{Ausfallswinkel} \quad (\alpha = \beta)$$

Einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl liegen in einer Ebene.

In Abbildung 1 nebenan siehst du, wie einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl in einer Ebene liegen.

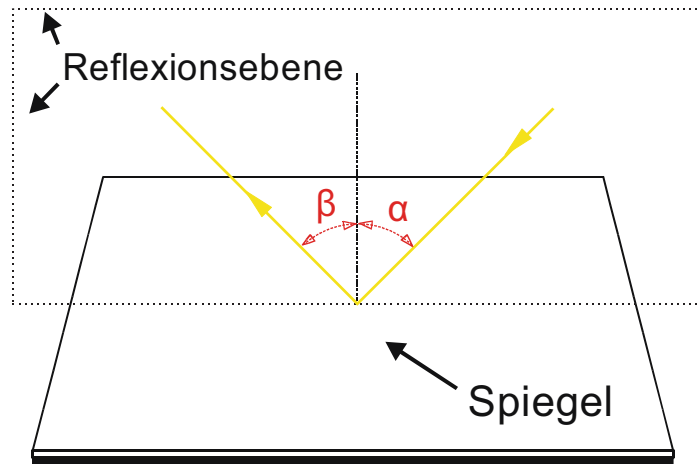
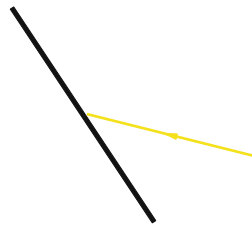
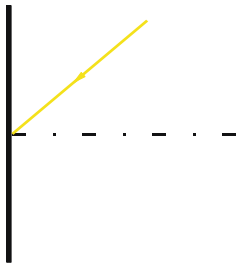


Abb. 1: So verläuft ein Lichtstrahl bei der Reflexion.

Aufgaben:

- a) Zeichne jeweils den reflektierten Lichtstrahl, den Einfallswinkel und den Ausfallswinkel ein (siehe Abbildung 2)!



Linke Zeichnung:

Einfallswinkel: ____°

Ausfallswinkel: ____°

Rechte Zeichnung:

Einfallswinkel: ____°

Ausfallswinkel: ____°

Abb. 2: Ein Lichtstrahl trifft auf einen Spiegel

- b) Zeichne, wie der der Lichtkegel am Spiegel reflektiert wird (siehe Abbildung 3)!
An welcher Stelle trifft der Lichtkegel die Wand?
Für die Konstruktion:
Nutze zwei Lichtstrahlen an den Rändern des einfallenden Lichtkegels als Stellvertreter für den ganzen Lichtkegel.

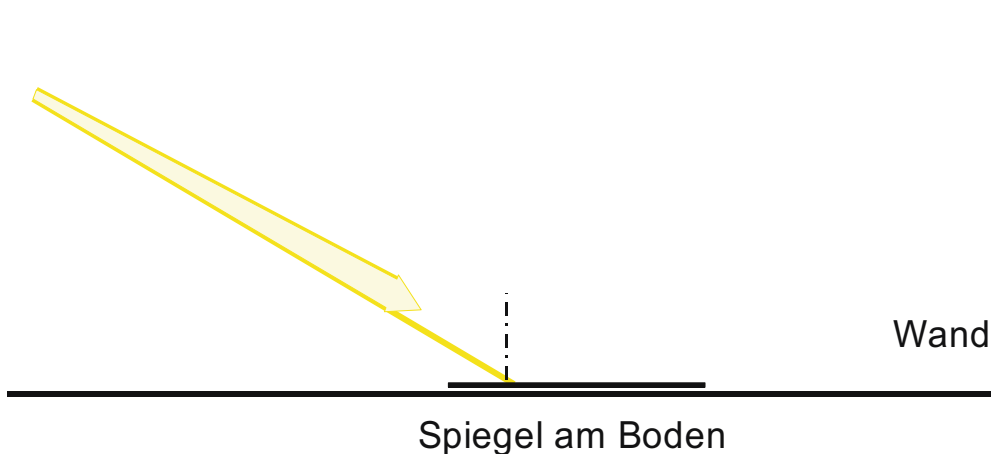


Abb. 3: Ein Lichtkegel wird an einem Spiegel reflektiert

- c) Erkläre in eigenen Worten, was der Unterschied zwischen Streuung und Reflexion ist:

Streuung:.....

Reflexion:.....

- d) Betrachte Abbildung 1 nebenan. Auch bei der Streuung an einer rauen Oberfläche kannst du das Reflexionsgesetz anwenden. Warum wird das Licht durch die mikroskopisch kleinen Unebenheiten in verschiedene Richtungen verteilt?

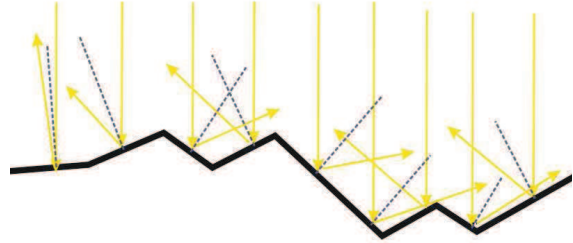


Abb. 1: Auch bei einer rauen Oberfläche gilt das Reflexionsgesetz.

Das Spiegelbild und das Reflexionsgesetz

Du weißt bereits, wo das Spiegelbild entsteht. Du weißt aber noch nicht, warum überhaupt ein Spiegelbild entsteht. Das Reflexionsgesetz wird dir erklären, warum es so etwas wie Spiegelbilder gibt.

Erinnere dich, was du über das Spiegelbild eines Gegenstandes bereits weißt:

- Das Spiegelbild entsteht hinter dem Spiegel und zwar gleich weit hinter dem Spiegel, wie sich der Gegenstand vor dem Spiegel befindet.
- Der Ort des Spiegelbilds bleibt gleich, auch wenn du deine Position vor dem Spiegel änderst.
- Das Licht geht vom Gegenstand über den Spiegel zum Auge des Beobachters. Das Reflexionsgesetz gilt für den Lichtweg.
- Ein Gegenstand wird in der Richtung wahrgenommen, aus der das Licht in das Auge des Beobachters fällt.

Die folgende Aufgabe zeigt dir, warum das Spiegelbild spiegelsymmetrisch zum Gegenstand liegt (siehe Abbildung 1):

- a) Konstruiere zuerst das Spiegelbild der Kerzenflamme durch „Spiegeln“.
- b) Konstruiere dann den weiteren Verlauf des eingezeichneten Lichtkegels. Nutze dabei das Reflexionsgesetz!
- c) Verlängere den **reflektierten** Kegel über den Spiegel hinaus. Wo schneiden sich die Ränder des Kegels?

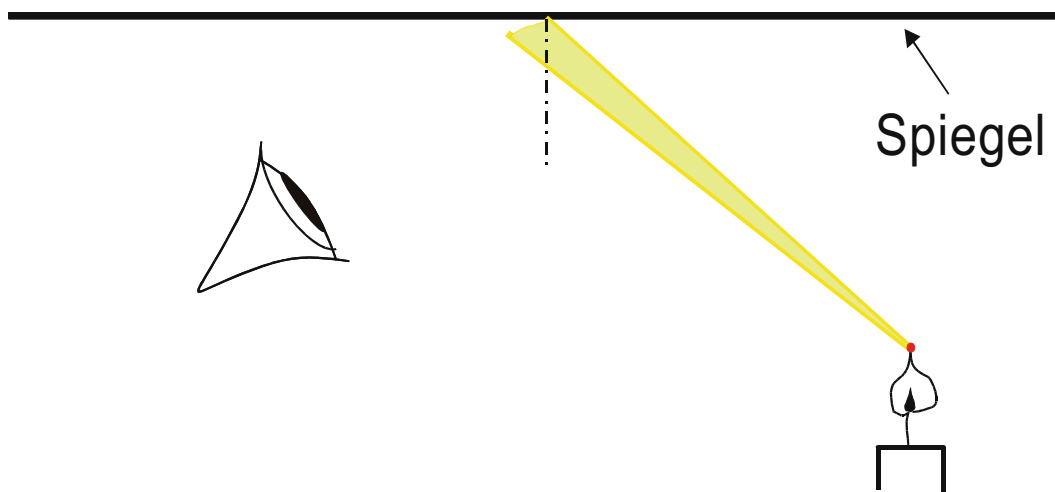


Abb. 1: Der Lichtkegel der Flammenspitze trifft auf einen Spiegel

Warum sieht ein Beobachter das Spiegelbild an dem Ort, den du konstruiert hast?

Ein Gegenstand wird immer in der Richtung wahrgenommen, aus der das Licht ins Auge fällt. Die „Vergangenheit“ des Lichtkegels vor der Reflexion spielt keine Rolle für das, was du siehst. Die Lichtquelle siehst du immer in der Verlängerung des Lichtkegels, der in dein Auge trifft. Das ist der Grund warum es so etwas wie ein Spiegelbild gibt. Bei dem Spiegelbild handelt es sich um ein **virtuelles Bild**, weil das Licht nicht wirklich von einem Punkt hinter dem Spiegel kommt.

Die folgende Aufgabe zeigt dir, warum verschiedene Beobachter das Spiegelbild immer an derselben Stelle sehen (siehe Abbildung 1):

- a) Konstruiere den weiteren Verlauf der Lichtkegel.
- b) Zeichne zwei verschiedene Beobachter-Augen ein, in die die beiden reflektierten Lichtkegel fallen können.
- c) Wo nehmen die beiden Beobachter jeweils das Spiegelbild wahr?

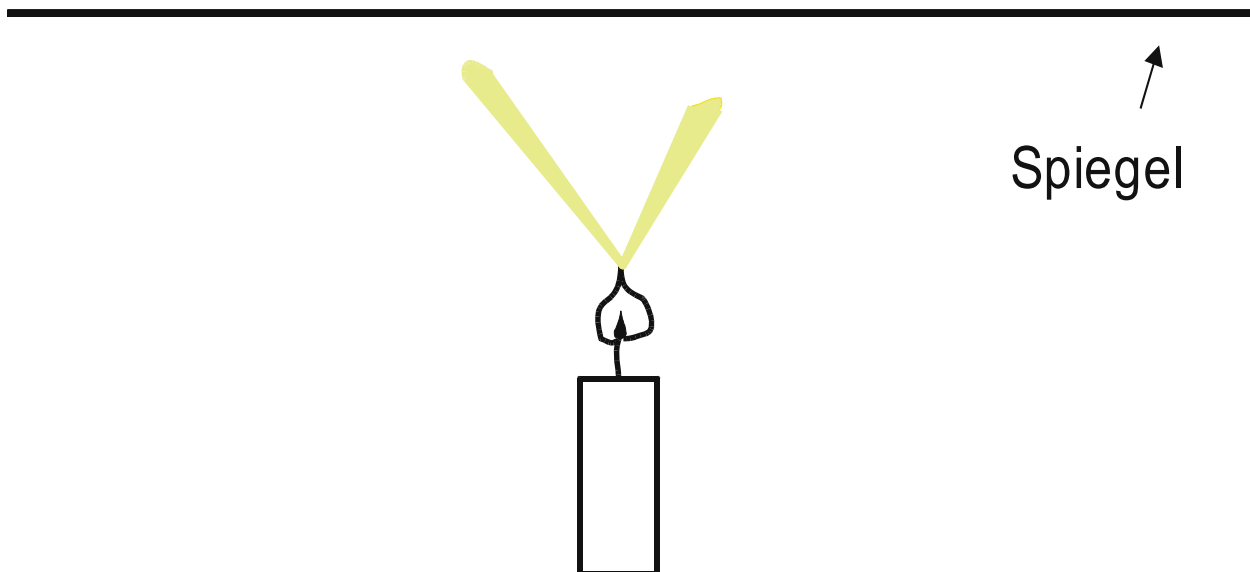


Abb. 1: Die beiden Lichtkegel werden am Spiegel reflektiert.

Die Brechung

Wie du bereits weißt, strömt Licht geradlinig. Das Licht kommt aber nicht immer auf einer direkten Linie von einem Sender in das Auge. Das kann passieren, wenn das Licht zwischen Sender und Auge „gebrochen“, also geknickt wird.

Die folgenden Experimente verdeutlichen dir, was damit gemeint ist.

Führe diese Experimente zu Hause durch:

- a) 1) Lege auf den Boden eines Topfes oder einer **Wasserflasche** Schüssel eine Münze (siehe Abbildung 1).

2) Setze dich so, dass du gerade noch den hinteren Rand der Münze sehen kannst.

3) Gieße vorsichtig Wasser in den Topf oder die Schüssel, ohne den Kopf zu bewegen

4) Was beobachtest du, wenn das Wasser im Topf steigt? Notiere!

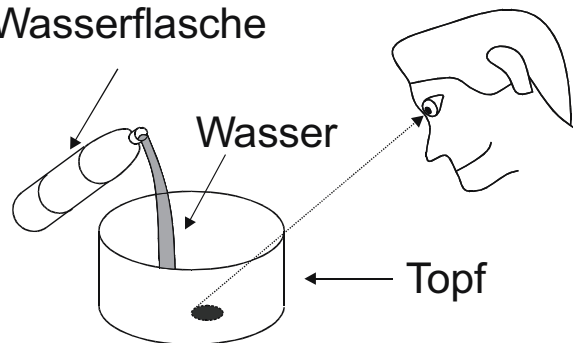


Abb. 1: Du beobachtest eine Münze in einem Topf

- b) 1) Besorge dir ein ca. 10 cm langes Stück von einem Strohhalm.

2) Fülle in eine flache Schüssel etwa 5 cm hoch Wasser.

3) Fixiere den Strohhalm mit Kaugummi am Rand der Schüssel. Der Strohhalm soll dabei einen Winkel von ungefähr 30° mit der Wasseroberfläche bilden. Der Strohhalm darf nicht ins Wasser eintauchen (siehe Abbildung 2).

4) Lege eine Münze so in die Schüssel, dass du den von dir entfernten Rand der Münze durch den Strohhalm sehen kannst.

5) Als nächstes schiebst du einen langen Spieß durch den Strohhalm.

6) Trifft der Spieß die Münze an der Stelle, die du durch den Strohhalm gesehen hast? Notiere, was du beobachtest!

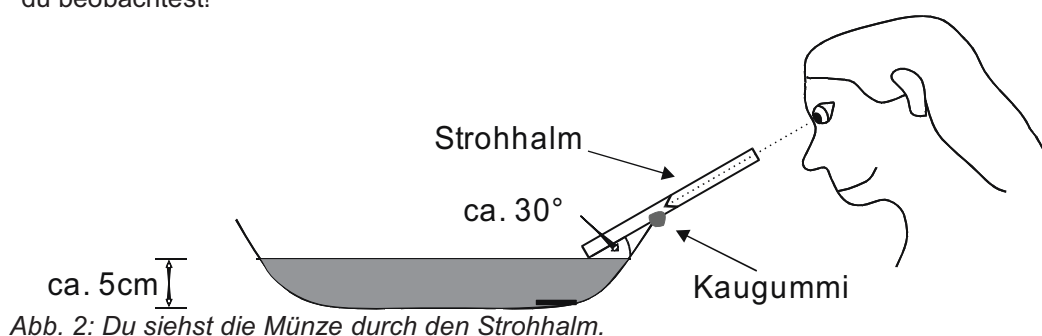


Abb. 2: Du siehst die Münze durch den Strohhalm.

- c) Sieh dir Abbildung 2 noch einmal an:

1.) Zeichne ein, wo der Spieß ist.

2.) Warum kannst du die Münze überhaupt sehen? Beschreibe den Lichtweg bis in dein Auge!

3.) Vergleiche den Weg, den der Spieß markiert, mit dem Lichtweg von der Münze zum Auge! Glaubst du dass es Unterschiede zwischen beiden Wegen gibt? Begründe deine Entscheidung!

Lösungen:

Versuch a) (siehe Abbildung 1):

In diesem Versuch kannst du beobachten, dass du einen größeren Teil der Münze siehst, wenn Wasser im Topf ist. Die Münze erscheint „angehoben“, je mehr Wasser in den Topf fließt. Die Münze bleibt jedoch immer am gleichen Ort, weil ihr Material dichter als Wasser ist. Auch wenn Wasser im Topf ist, strömt das Licht von der Münze in dein Auge. Das Licht der Münze nimmt aber nicht den direkten Weg in dein Auge.

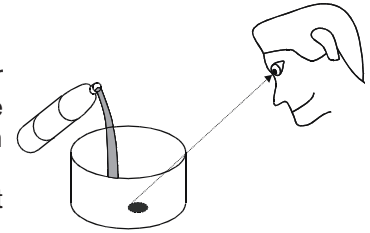


Abb. 1: Versuch a - "Die angehobene Münze"

So kannst du verstehen, warum die Münze angehoben erscheint (siehe Abbildung 2):

Das Licht, das von der Münze kommt, wird an der Wasseroberfläche umgelenkt. Wir sagen dazu es wird gebrochen. Das Auge nimmt die Münze in der Richtung wahr, aus der das Licht in die Pupille einfällt. Erinnerung: das ist hier ähnlich wie beim Spiegelbild. Du siehst ein virtuelles Bild der Münze. Die Münze erscheint angehoben.

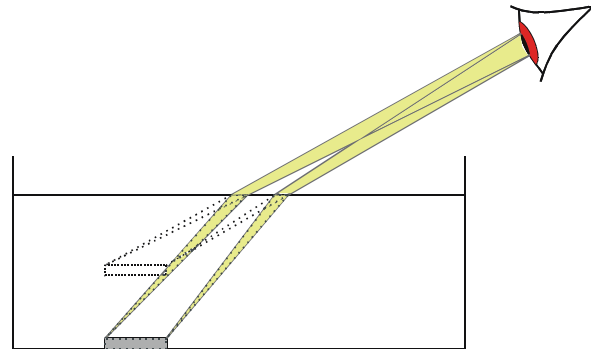


Abb. 2: Die Münze wird an einer höheren Stelle wahrgenommen, als sie tatsächlich ist. Sie erscheint angehoben.

Versuch b) (siehe Abbildung 3):

Im Versuch b) stellst du fest, dass du durch den Strohhalm die Münze sehen kannst. Ein Spieß durch den Strohhalm kann die Münze aber nicht treffen. Die Münze liegt also nicht direkt vor dem Strohhalm.

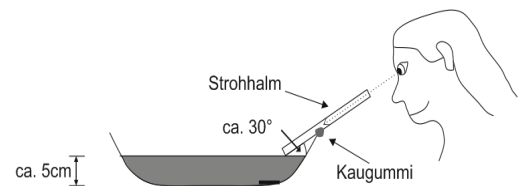


Abb. 3: Versuch b - "Die aufgespießte Münze"

Warum kannst du die Münze trotzdem durch den Strohhalm sehen?

Durch den Strohhalm kommt das Licht geradlinig von der Wasseroberfläche (siehe Abbildung 4). Im Wasser selbst breitet sich das Licht ebenfalls geradlinig aus. Es muss also einen Knick im Lichtweg geben. Nur so kann das Licht der Münze ins Auge gelangen. Das Licht wurde an der Wasseroberfläche gebrochen.

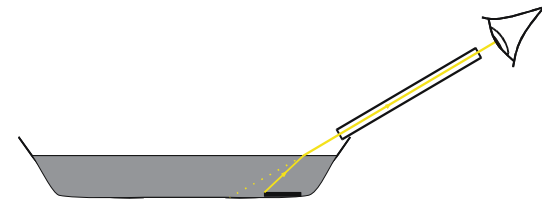


Abb. 4: An der Wasseroberfläche wird das Licht gebrochen.

Das Brechungsgesetz

Du wirst dich jetzt lernen, wann Brechung auftritt und welche Arten von Brechung es gibt. Unten siehst du wie ein Lichtstrahl an einem Acrylglasblock gebrochen wird (siehe Abbildung 1). Du siehst auf dem Foto nicht nur mehrere Brechungen sondern auch Reflexionen.



Abb. 1: Ein Lichtstrahl wird an Acrylglas gebrochen und reflektiert.

Aufgabe:

- Kennzeichne im Foto:
 - die Stellen, an denen Brechung stattfindet, mit "B"
 - die Stellen, an denen Reflexion stattfindet, mit "R"
- Überlege mit deinem Sitznachbarn: Gibt es eine Regel wann Brechung und wann Reflexion stattfindet?

Du siehst in Abbildung 1:

- Verläuft der Lichtstrahl von Luft zu Acrylglas, wird er an der Grenze steiler. Wir bezeichnen das als Brechung zum Lot.
- Verläuft der Lichtstrahl vom Acrylglas zur Luft, wird er an der Grenze flacher. Wir bezeichnen das als Brechung vom Lot.

Der Brechvorgang wird mit den Größen Einfallswinkel α und Brechungswinkel β beschrieben (siehe Abbildung 2). Einfallswinkel und Brechungswinkel werden zum Lot gemessen. Erinnerung: Das Lot ist eine senkrechte Linie auf die Fläche, an der das Licht gebrochen wird.

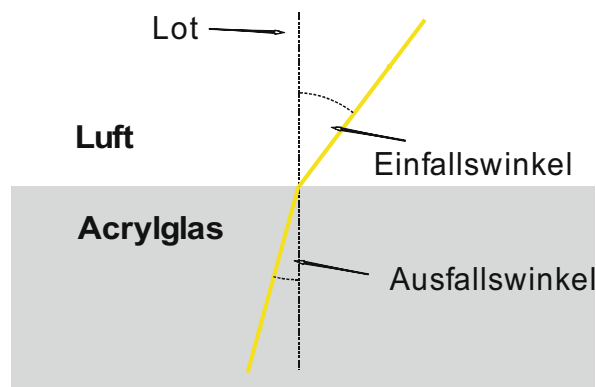


Abb. 2: Die Brechung wird mit den Begriffen Lot, Einfallswinkel und Ausfallswinkel beschrieben. Hier siehst du eine schematische Darstellung von der Brechung zum Lot.

Du siehst, die Brechung entsteht durch den Verlauf des Lichtes von einem Stoff in einen anderen Stoff. Luft und Acrylglas sind für Licht „anders“. Diese unterschiedliche Eigenschaft von Luft und Acrylglas wird durch den Begriff optische Dichte beschrieben. Wenn ein Stoff optisch dichter ist, dann bewegt sich das Licht langsamer in diesem Stoff fort.

Für Fortgeschrittene: Unterhalb siehst du Screenshots von einem Applet von Leifi Physik. Dieses Applet zeigt dir, wie du dir die Brechung vorstellen kannst.

http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/lesestoff/02snellius/snellius.htm

Die Achse eines Spielzeugautos rollt von einer glatten Oberfläche auf eine raue Oberfläche. Das linke Rad kommt zuerst auf die raue Oberfläche. Das linke Rad wird also früher abgebremst. Die Achse kippt.

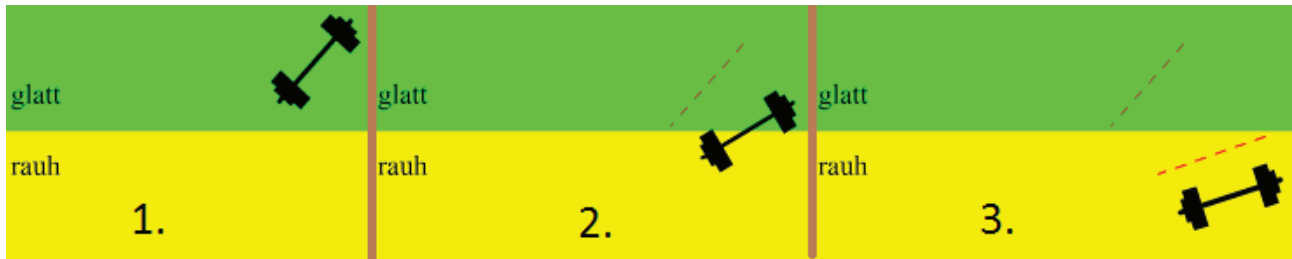


Abb. 1: Die Achse wird an der rauhen Oberfläche abgebremst.

Wann tritt Brechung vom Lot bzw. zum Lot auf? Das **Brechungsgesetz** beantwortet diese Frage:

*Brechung zum Lot: Ein Lichtstrahl läuft von einem optisch dünneren in einen optisch dichteren Stoff.
(Beispiel: Übertritt von Luft zu Wasser)*

*Brechung vom Lot: Ein Lichtstrahl läuft von einem optisch dichteren in einen optisch dünneren Stoff.
(Beispiel: Übertritt von Wasser zu Luft)*

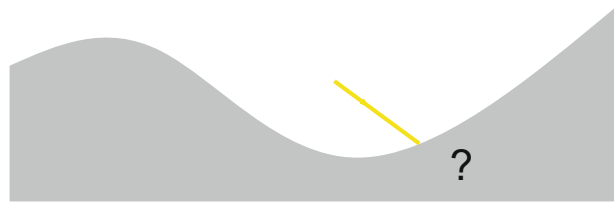
Für die Brechung ist alleine der Übertritt des Lichts zwischen den Stoffen verantwortlich. Brillen und Lupen funktionieren durch Brechung. Tauchst du eine Lupe in Wasser, so funktioniert sie schlechter. Das liegt daran, dass der Übergang des Lichtes von Glas zu Wasser sanfter ist, als von Glas zu Luft.

Aufgabe:

Beschreibe in eigenen Worten was passiert, wenn Licht durch eine Linse durchgeht! Verwende zu deiner Erklärung die Brechung! Erwähne dich zum Beispiel an die Lochkamera mit Linse!

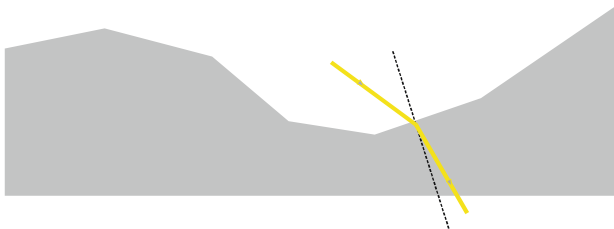
Brechung von Licht an einer gekrümmten Oberfläche

Wie wird Licht an einer nicht geraden Oberfläche gebrochen? Um diese Frage zu beantworten, zerlegen wir dieses neue Problem in lauter kleine bekannte Probleme. Stell dir vor, dass eine gekrümmte Fläche aus lauter kleinen ebenen Flächenstücken besteht. Für diese Flächenstücke wendest du jeweils das bekannte Brechungsgesetz an (siehe Abbildung 1).



☐ optisch dünnerer Stoff

☐ optisch dichter Stoff



☐ optisch dünnerer Stoff

☐ optisch dichter Stoff

Abb. 1: Eine gekrümmte Fläche wird durch mehrere ebene Flächen angenähert.

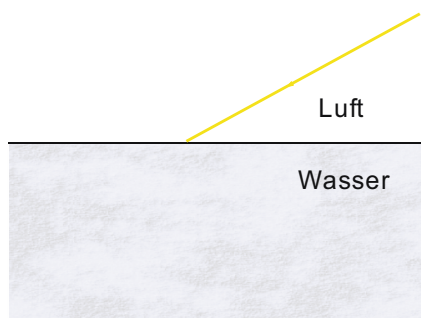
Erinnere dich an den Mathematikunterricht: Mit einer Tangente kannst du eine Kurve an einer Stelle am besten annähern!

Aufgaben:

Josef hat sich die Mühe gemacht und einige Lichtübergänge ausgemessen. Hier ist seine Tabelle:

Einfallswinkel α in Luft (in Grad)	Brechungswinkel β in Acrylglas (in Grad)	Brechungswinkel β in Wasser
10	6,6	7,5
20	13,2	14,9
30	19,5	22,1
40	25,4	28,9
50	30,7	35,2
60	35,3	40,6
70	38,8	45
80	41	47,8
90	41,8	48,8

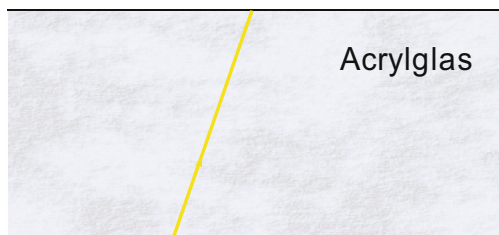
- a) Zeichne den Einfallswinkel ein!
Verwende Josefs Tabelle, um den weiteren Verlauf des Lichtstrahls einzuzeichnen!



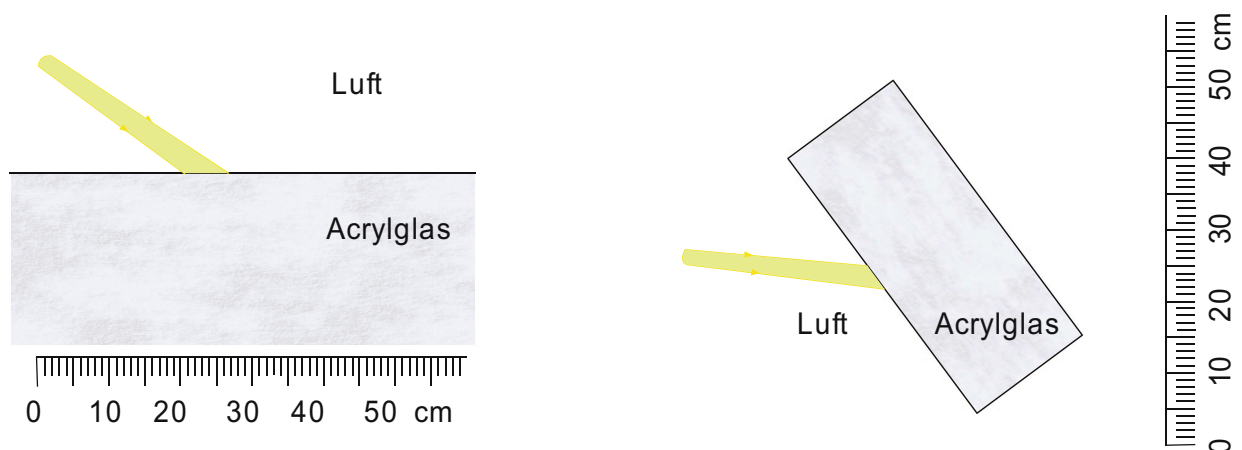
- b) Was glaubst du: Ändert sich etwas in deiner Zeichnung in Beispiel a, wenn das Licht in umgekehrte Richtung, also von Wasser zu Luft strömt?
Betrachte dazu Abbildung 1 auf Seite 47!
Formuliere einen passenden Merksatz zu deiner Vermutung!

- c) Nutze deine Vermutung aus b um den weiteren Verlauf des Lichtstrahls einzuzeichnen!
Lies dazu Josefs Tabelle richtig!

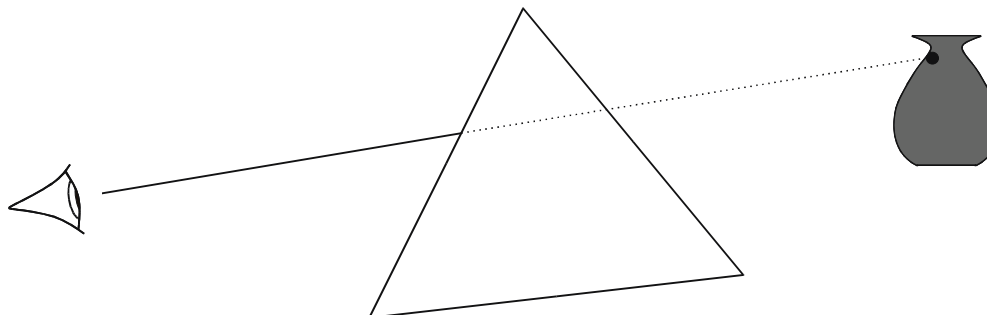
Luft



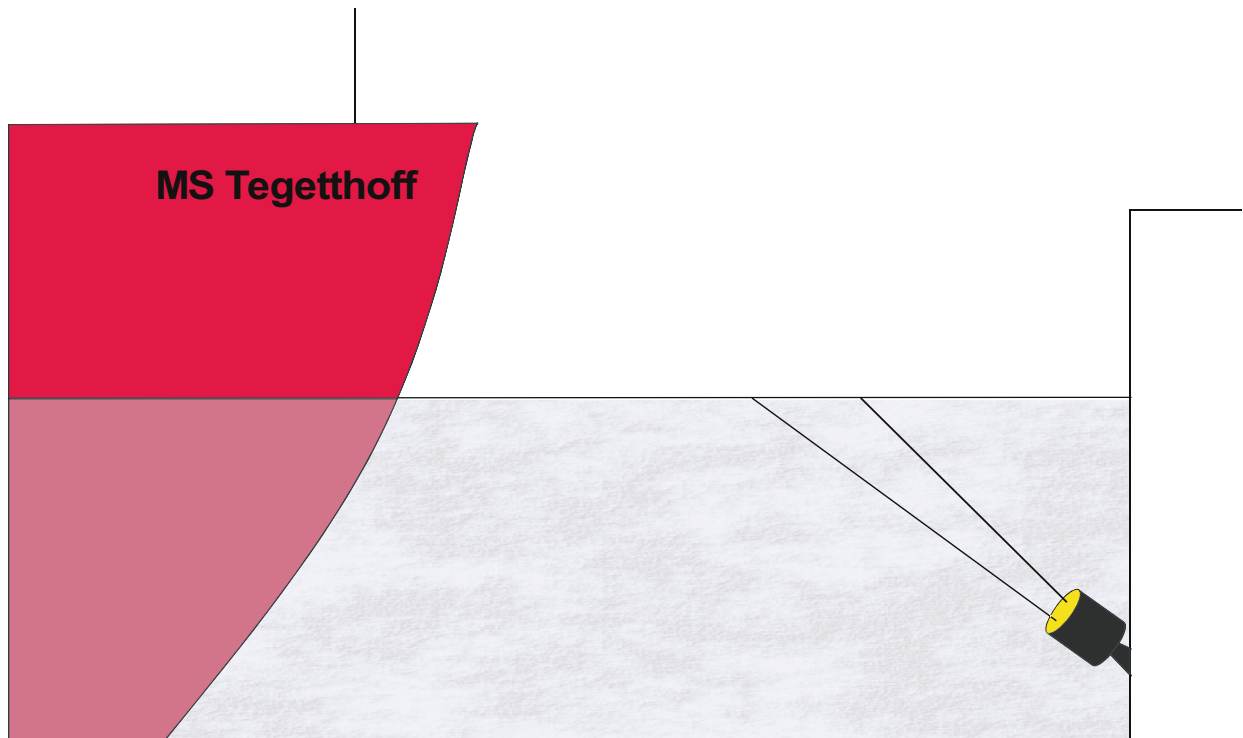
- d) Zwischen welchen Markierungen trifft der Lichtkegel auf das Lineal?



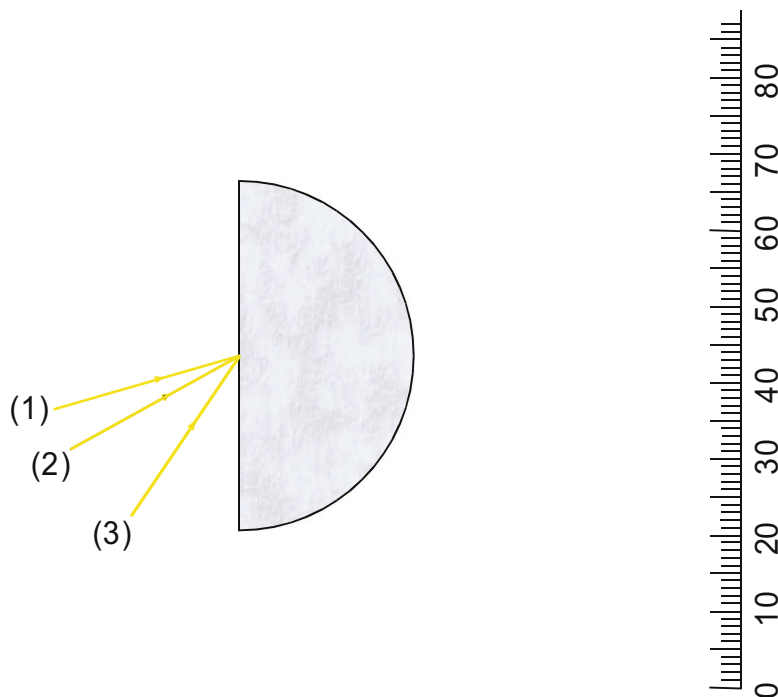
- e) Eleonore sieht durch ein Acrylglasprisma und sieht die Vase an dem gezeichneten Ort. In welcher Richtung steht die Vase wirklich?
(Konstruiere mit Hilfe von Josefs Tabelle! Schätze Zwischenwerte!)



- f) Das Schiff soll abends im Hafen beleuchtet werden. Trifft der Scheinwerfer die Schiffswand?



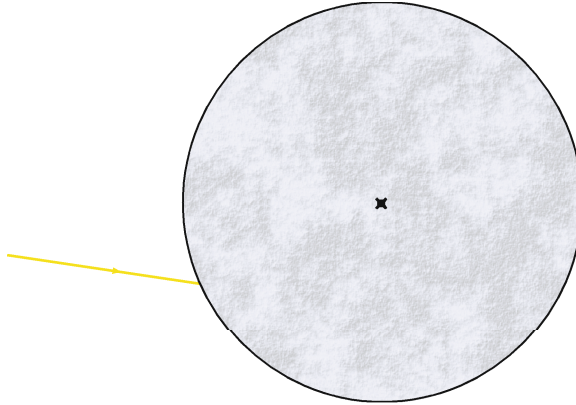
- g) Wo treffen die Lichtstrahlen auf das Lineal? Nutze Tangenten zur Annäherung der Kreisfläche!



h) Für Fortgeschrittene:

Ein Lichtstrahl trifft auf einen Wassertropfen, der hier kugelförmig eingezeichnet ist. Zeichne den weiteren Verlauf des Lichtstrahls beim Verlassen des Wassertropfens.

- 1) Benutze Josefs Tabelle.
- 2) Schätze notfalls Zwischenwerte ab.
- 3) Nähere die Kugelfläche durch Tangenten an!



Die Totalreflexion

Betrachte nochmal Abbildung 1 auf Seite 46. Du siehst, dass bei den verschiedenen Übergängen ein Teil des Lichtes gebrochen wird, ein Teil des Lichtes wird reflektiert. Tritt Totalreflexion auf, wird das gesamte Licht reflektiert und es tritt keine Brechung auf.

- Totalreflexion kann nur auftreten, wenn das Licht von einem optisch dichten in ein optisch dünneres Medium übertritt.
- Damit Totalreflexion auftreten kann, muss das Licht sehr flach auf die Grenzfläche auftreffen. Der Winkel an dem Totalreflexion auftritt, heißt Grenzwinkel.

Beobachte zu Hause:

Lege einen Bleistift auf ein mit Wasser gefülltes Glas. Was beobachtest du, wenn du von schräg unten möglichst flach zum Bleistift blickst (siehe Abbildung 1)?

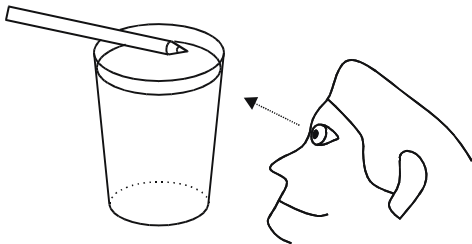


Abb. 1: Blicke schräg hinauf zum Bleistift!

Deine Lehrkraft zeigt dir folgenden Versuch. Beobachte:

In einen Glasbehälter wird Zuckerwasser mit etwas Milch gegeben. Deine Lehrkraft leuchtet mit einem Laserpointer leicht schräg in den Behälter hinein (siehe Abbildung 2). Du siehst wie der Laserstrahl gebogen wird.

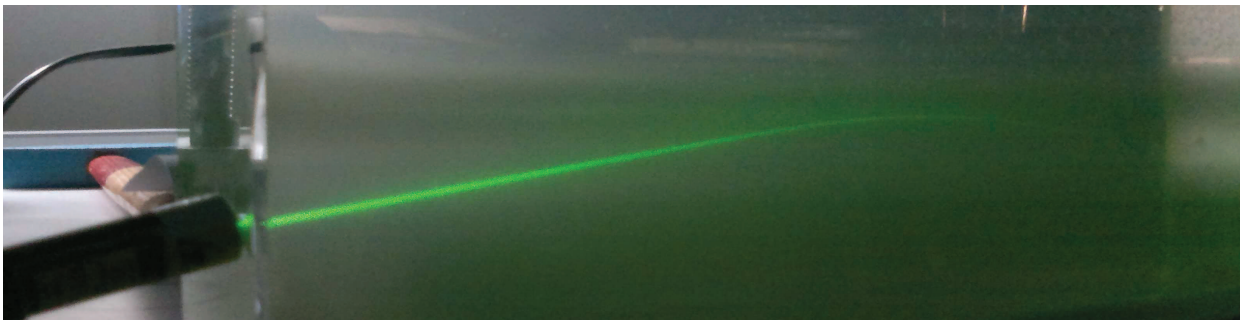


Abb. 2: Der Laserstrahl wird im Zuckerwasser "gebogen"

Das Zuckerwasser hat im Behälter nicht überall die gleiche Konzentration. Unten befindet sich mehr Zucker, dort ist das Wasser dichter. (Vor allem optisch dichter!) Stell dir vor, dass mehrere Schichten mit unterschiedlich dichten Flüssigkeiten im Behälter sind (Siehe Abbildung 3). Leuchtet man von unten in den Behälter hinein, durchläuft der Laserstrahl immer wieder Übergänge von optisch dichteren Schichten zu optisch dünneren Schichten. Das bedeutet jedes Mal eine Brechung vom Lot. Irgendwann verläuft der Laserstrahl so flach, dass Totalreflexion auftritt und der Laserstrahl reflektiert wird. Danach gibt es jedes Mal Brechung zum Lot. Der Laserstrahl bildet sozusagen einen Bogen.

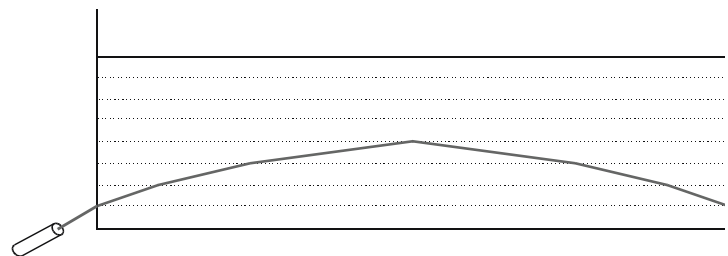


Abb. 3: Der Laserstrahl geht durch unterschiedlich dichte Schichten von Zuckerwasser

Frage: Warum kannst du den Laserstrahl überhaupt sehen?

Die Totalreflexion ist für viele technische Anwendungen sehr interessant:

Man benutzt dünne Glasfasern, um Lichtsignale und mit ihnen Informationen zu übermitteln. Diese Glasfasern heißen auch **Lichtleiter**.

Die Fasern sind so dünn, dass das Licht nur sehr flach auf die Außenwände auftreffen kann. Es tritt ausschließlich Totalreflexion auf.

Mit diesen Lichtleitern kann Licht über große Distanzen und sogar um Kurven geschickt werden. Große Datenmengen werden heute mit Glasfaserkabeln übertragen.

Das Prinzip hinter der Glasfaser erkenntst du schön in Abbildung 1.

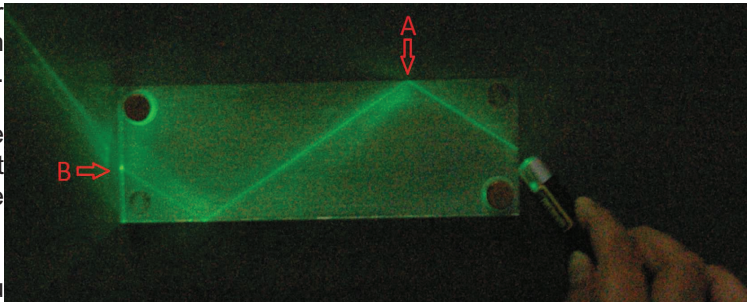


Abb. 1: Der Laserstrahl ist im Glasblock eingesperrt

Frage: Warum kann das Licht den Glasblock am Punkt B verlassen aber am Punkt A nicht?

Auch für **Tischlampen** eignen sich Glasfasern (siehe Abbildung 2):

Die Lichtquelle befindet sich im Sockel der Lampe. Die feinen Glasfasern transportieren das Licht bis an die Spitzen der Fasern. An den Spitzen sind kleine Kügelchen, die das Licht verlassen kann.

Frage: Warum leuchten in Abbildung 2 die Fasern nicht so hell, wie die Kügelchen am Ende der Fasern?



Abb. 2: Eine Lampe aus Glasfasern

In der Medizin werden Lichtleiter ebenfalls eingesetzt. Man benutzt **Endoskope** um Nase, Magen oder Darm von innen zu betrachten (siehe Abbildung 3).

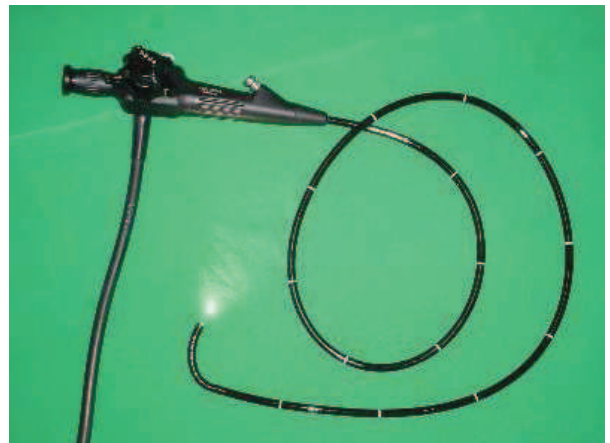


Abb. 3: Ein Endoskop

Abbildungen mit der Sammellinse

Du hast die Sammellinse schon kennengelernt, als du deine Lochkamera verbessert hast. Die Sammellinse ist ein optischer Bauteil, der Licht sammelt. Die Sammellinse nutzt dabei das Prinzip der Lichtbrechung.

Du lernst nun, wie Sammellinsen Gegenstände abbilden:

Beobachte:

Deine Lehrkraft beleuchtet Gegenstände und bildet sie mit einer Sammellinse auf einem Schirm ab (siehe Abbildung 1). Du siehst, dass das Bild wie bei der Lochkamera verkehrt und kopfstehend ist.

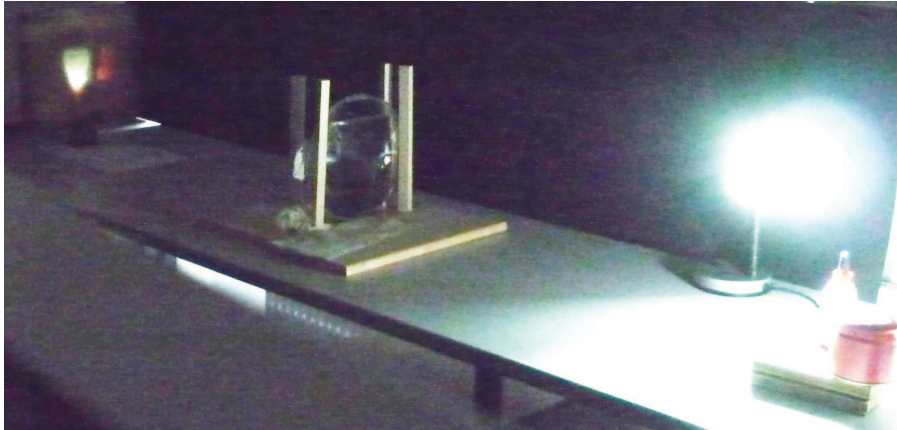


Abb. 1: Eine große Sammellinse bildet Gegenstände auf einem Schirm ab.

Das Besondere an dem Bild der Gegenstände ist, dass es auch ohne Schirm dort ist, wo der Schirm ist.

Was passiert, wenn man den Schirm wegnimmt? Ist wirklich in der Luft ein Bild (siehe Abbildung 2)?



Abb. 2: Der Schirm wird weggenommen.

Stelle dich so hin, dass du hinter dem Schirm stehst und durch die Linse auf den Gegenstand schauen könntest (ähnlich Abbildung 2).

- Stell deinen Entfernungsmesser auf den Schirm scharf!
- Deine Lehrkraft nimmt jetzt den Schirm weg. Was beobachtest du?

Wie entsteht das Bild einer Sammellinse?

Überlege für eine leuchtende LED:

Die Linse bündelt einen Teil des Lichtes, das die LED abstrahlt. Vom Leuchtfleck breitet sich das Licht in einem immer größer werdenden Lichtkegel aus. Die Sammellinse wandelt diesen größer werdenden Lichtkegel in einen zusammenlaufenden Lichtkegel um. Das funktioniert durch die Brechung an der Linse. Dieses Licht wird auf dem Bildfleck konzentriert (siehe Abbildung 1).

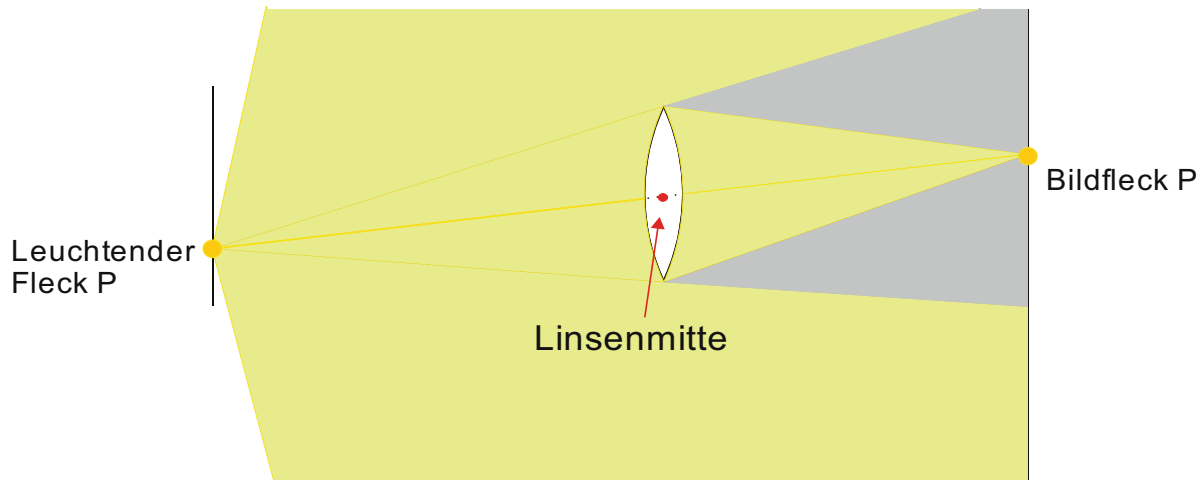


Abb. 1: Die Linse bündelt einen Lichtkegel, der von einem Leuchtfleck kommt. Das Licht wird in einem Punkt konzentriert.

Leuchtfleck, Bildfleck und Linsenmitte liegen auf einer Geraden (siehe Abbildung 1). Das erinnert dich vielleicht an die Lochkamera. Die Linse funktioniert ähnlich wie das Loch bei der Lochkamera. Die Linse verwendet jedoch einen größeren Teil des Lichtes, das die LED abstrahlt. (Erinnere dich, wir haben in die Lochkamera eine Linse eingebaut, um ein helleres Bild zu erhalten.)

Als nächstes erforschst du, wie die Sammellinse mehrere Lichtflecken gleichzeitig abbildet. Deine Lehrkraft wird dazu wieder den LED Spot verwenden. Sie deckt einzelne LEDs des Spots ab.

Du siehst, die Bilder der anderen LEDs ändern sich dadurch nicht. Die Lichtkegel der verschiedenen LEDs stören sich nicht. Wenn eine LED abgedeckt wird, verändert sich das Bild der anderen LEDs nicht.

Die folgende Abbildung veranschaulicht das Prinzip der ungestörten Durchdringung der Lichtkegel (siehe Abbildung 2):



Abb. 2: Ungestörte Durchdringung von Lichtkegeln verschiedener Leuchtflecken

Wie du schon weißt, kannst du dir einen sichtbaren Gegenstand als eine Zusammensetzung von vielen leuchtenden Flecken vorstellen (So wie beim Display eines Handys, wo das Bild aus vielen selbst leuchtenden Pixeln dargestellt wird). Eine Sammellinse führt den Abbildungsvorgang für alle diese Flecken durch, so entsteht das Bild.

So wird ein Gegenstand durch eine Sammellinse abgebildet:

- **Zerlegen:** Ein sichtbarer Gegenstand besteht aus vielen Teilen, die Licht abstrahlen (Leuchtflecke). Das Licht von jedem Fleck, das auf die Linse fällt, bildet einen Lichtkegel.
- **Sammeln:** Die Sammellinse führt diesen Lichtkegel wieder zusammen und bildet einen neuen Lichtkegel, der zusammenläuft. Befindet sich ein Schirm dort, wo der neue Lichtkegel seine Spitze hat, entsteht auf dem Schirm ein scharfer Bildfleck P' .
- **Zusammensetzen:** Jeder Leuchtfleck des Gegenstandes hat einen Bildfleck. Alle Bildflecken setzen sich zu einem Bild des Gegenstandes zusammen. Das Bild ist kopfstehend und seitenverkehrt.

Aufgaben:

- Formuliere in eigenen Worten, wann wir in der Physik von einem Bild eines Gegenstandes sprechen!
- Eine Bildtafel wird mit einer Sammellinse auf einem Schirm abgebildet (siehe Abbildung 1)

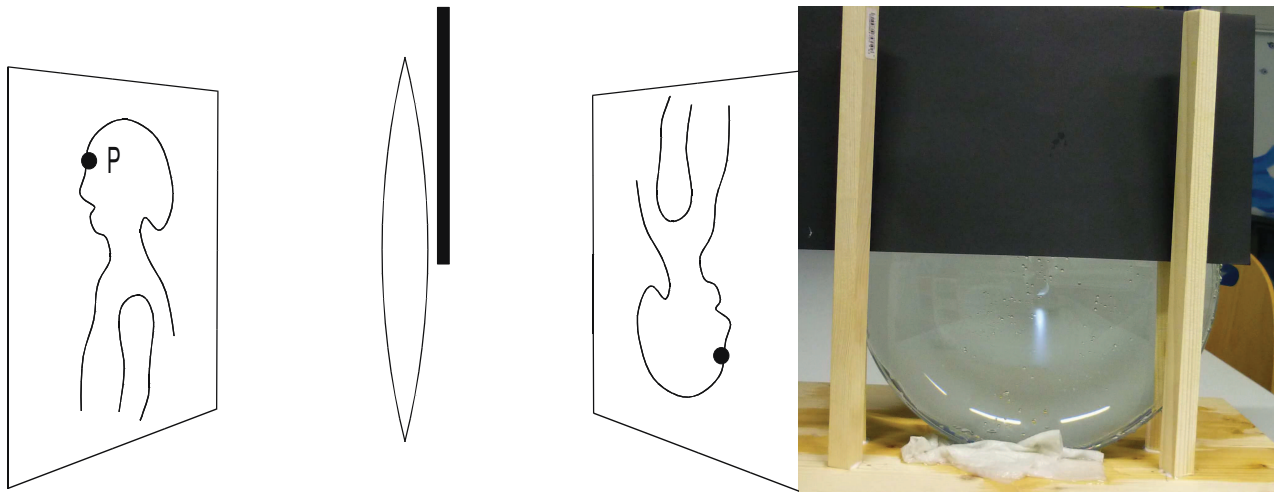


Abb. 1: Wie verändert sich das Bild, wenn ein Teil der Linse abgedeckt wird?

- Wie verändert sich das Bild, wenn ein Teil der Linse abgedeckt wird?
- Begründe deine Meinung mit der Abbildung des Punktes P und zeichne die Lichtkegel ein!

Die Konstruktion des Bildes bei der Sammellinse

Zuvor hast du gelernt, warum eine Linse Gegenstände abbilden kann. Jetzt wirst du lernen, wie du den Ort und die Größe des Bildes bestimmst.

Lichtstrahlen

Du wirst im Folgenden mit Lichtstrahlen arbeiten. Diese Lichtstrahlen erhältst du, wenn du ganz dünne Lichtkegel aus einem großen Lichtkegel herausgreifst (siehe Abbildung 1).

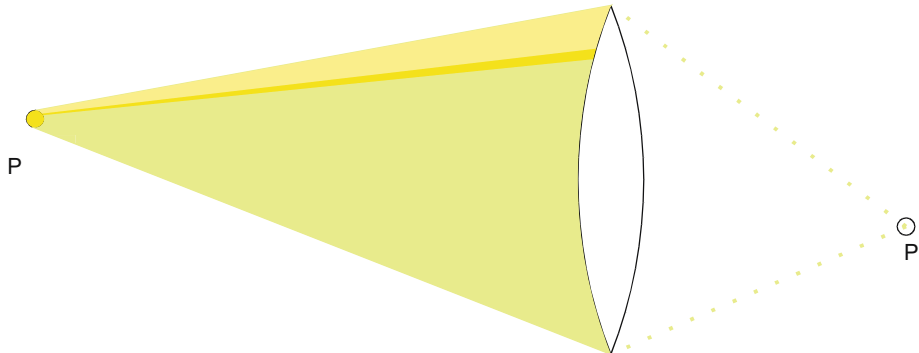


Abb. 1: Von dem großen Lichtkegel wird nur ein Lichtstrahl betrachtet.

Die Lichtstrahlen werden dir später helfen, das Verhalten des ganzen Lichtkegels zu verstehen.

Als nächstes musst du dir überlegen, wie ein Lichtstrahl durch die Linse verändert wird. In Abbildung 2 siehst du, wie ein Lichtstrahl durch die Linse zweimal gebrochen wird.

Aufgabe: Zeichne im Foto die beiden Stellen ein, an denen der Strahl gebrochen wird!

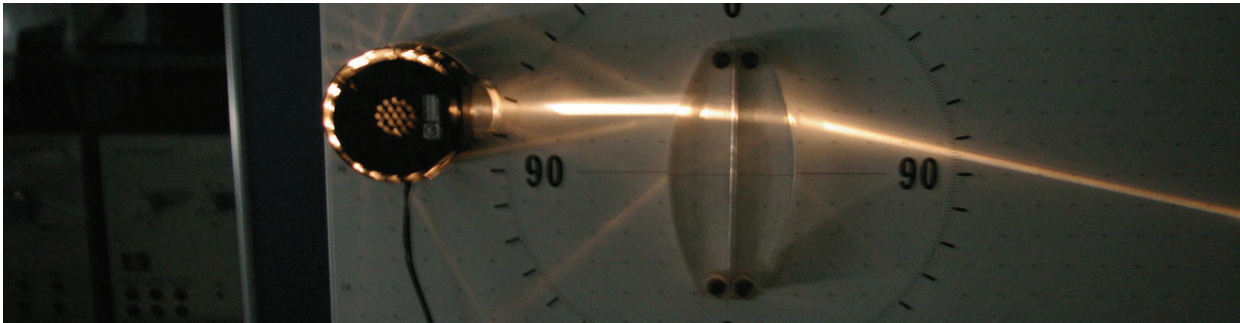


Abb. 2: Ein Lichtstrahl wird an einer Linse zweimal gebrochen

Versuche nun zur Übung in den nächsten beiden Aufgaben richtige Wege für die Lichtstrahlen zu finden:

- a) In Abbildung 3 ist ein Lichtkegel eingezeichnet, der vom Leuchtfleck P durch die Linse geht und beim Bildfleck P' zusammenläuft. Zwei Lichtstrahlen sind bis zur Linse gezeichnet. Zeichne ein, wie die Lichtstrahlen von der Linse zum Bildfleck P' gelangen.

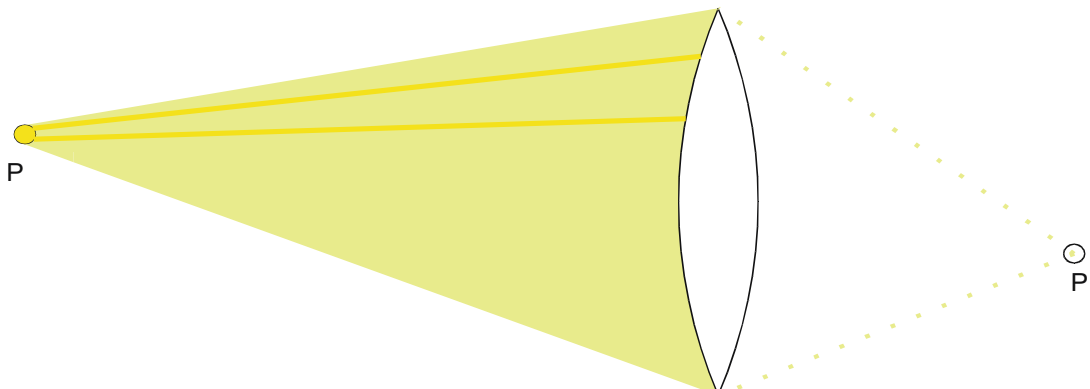


Abb. 3: Zwei Lichtstrahlen treffen auf eine Linse.

b) Wie kommen die Lichtstrahlen in Abbildung 1 vom Leuchtfleck P zur Linse?

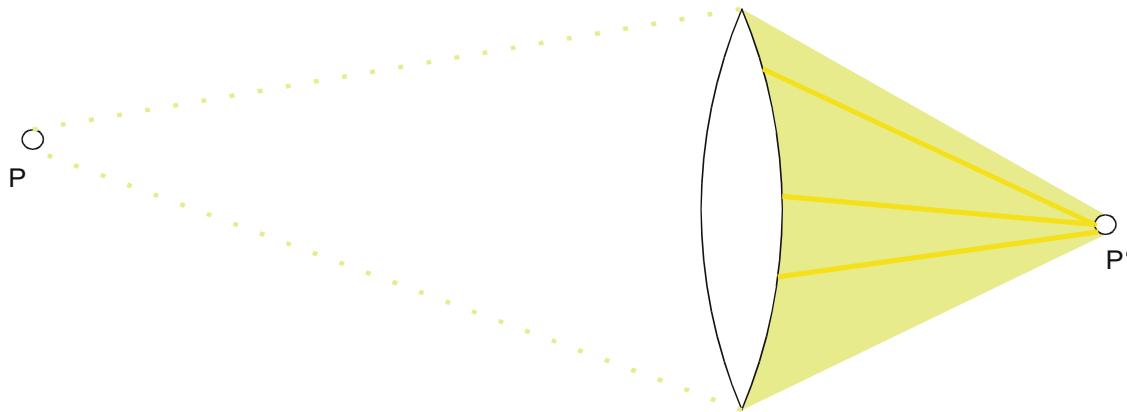


Abb. 1: 3 Lichtstrahlen gelangen von der Linse zum Punkt P'.

Brennpunkt und Brennweite

Die Funktion der Sammellinse ist es, einfallendes Licht so umzulenken, dass es in zusammenlaufenden Kegeln verläuft. Die Begriffe Brennpunkt und Brennweite beschreiben wo und wie stark die Linse das Licht sammelt.

Brennpunkt (F): Im Brennpunkt wird das Licht auf Stelle zusammengeführt, das parallel zur optischen Achse¹ einfällt.

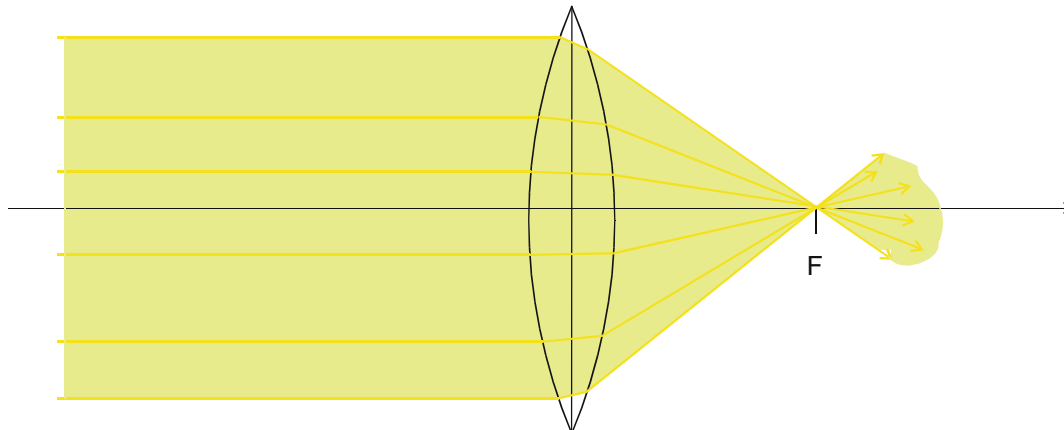


Abb. 2: Im Brennpunkt sammelt sich das Licht, das parallel zur optischen Achse einfällt

Brennweite (f): Die Brennweite ist der Abstand vom Brennpunkt zur Linsenmitte.

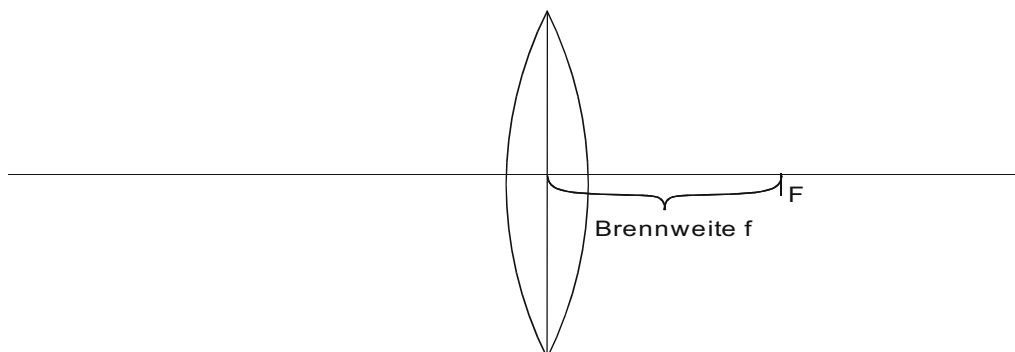


Abb. 3: Der Abstand von Linsenmitte zu Brennpunkt ist die Brennweite.

Den Brennpunkt einer Sammellinse kannst du leicht mit Sonnenlicht finden. Das Sonnenlicht trifft annähernd parallel auf die Erde. Bewege die Linse bei Mittagssonne über dem Boden auf und ab, bis der helle Punkt am Boden möglichst klein ist. Das ist der Brennpunkt deiner Sammellinse. Je kleiner der Abstand vom Brennpunkt zur Linse ist, desto stärker bricht die Linse das einfallende Licht ab.

¹ Die optische Achse siehst du in Abbildung 2 eingezeichnet. Sie steht senkrecht auf die Linsenmitte.

Die Stellvertreter – Parallelstrahl und Mittelpunktstrahl

Diese beiden Strahlen werden gerne verwendet, weil ihr Verlauf leicht zu konstruieren ist. Schneiden sich Parallelstrahl und Mittelpunktstrahl eines Lichtkegels in einem Bildpunkt, so tun das (fast) alle anderen Strahlen des Lichtkegels auch. Deshalb sind diese Strahlen Stellvertreter für den Lichtkegel.

Der Parallelstrahl: Der Parallelstrahl trifft parallel zur optischen Achse auf die Linse und läuft danach durch ihren Brennpunkt.

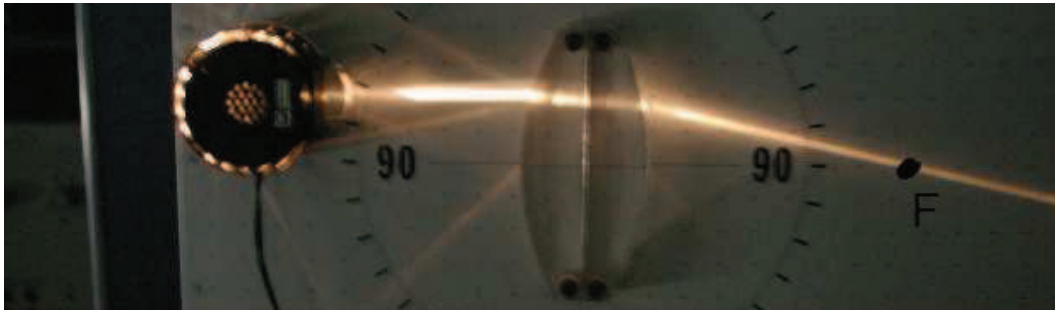


Abb. 1: Ein Parallelstrahl wird durch den Brennpunkt gebrochen

Der Mittelpunktstrahl: Der Mittelpunktstrahl geht fast geradlinig durch die Linse durch.
(Das gilt näherungsweise für dünne Linsen. Durch die zweifache Brechung kommt es bei dickeren Linsen zu einer deutlichen Versetzung des Strahls.)



Abb. 2: Der Mittelpunktstrahl geht gerade durch die Linse durch

Frage: Was tut ein Lichtstrahl, der durch den Brennpunkt auf eine Linse trifft?

So konstruierst du das Bild einer Sammellinse

In Abbildung 1 wird dir gezeigt, wie du mit Hilfe der Stellvertreter das Bild von Punkt P finden kannst.

Hast du P' gefunden kannst du auch den Lichtkegel einzeichnen. Alle anderen Strahlen des Lichtkegels von P müssen sich ebenfalls in P' schneiden. Du kannst jetzt also beliebig viele Lichtstrahlen durch die Linse einzeichnen! Das Bild von P entsteht auch, wenn man diesen beiden Stellvertretern den Weg versperrt. Erinnere dich an die zum Teil abgedeckte Linse von Seite 54!

- a) Konstruiere das Bild von Q!

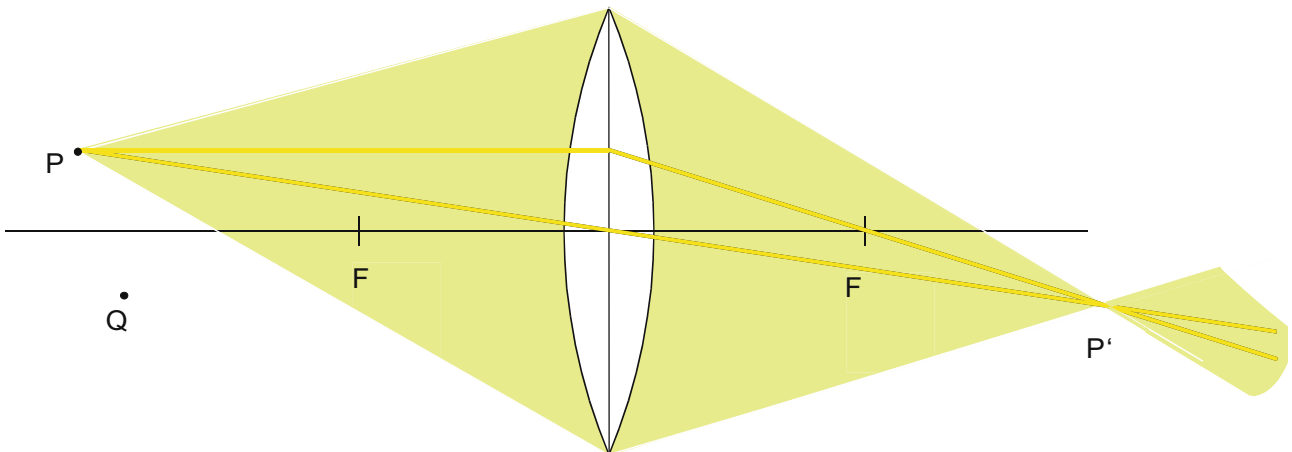


Abb. 1: P' kannst du mit der Hilfe der Stellvertreter finden

Konstruiere!

- a) P und Q sind die Endpunkte einer Kerze (siehe Abbildung 2). Bestimme die Bildpunkte P' und Q' mit Hilfe von Parallel- und Mittelpunktstrahl. Skizziere danach das Bild der Kerze. Überprüfe mit der Abbildung eines beliebigen Punktes der Kerze, wie gut deine Skizze ist! (Bleistift spitzen!)

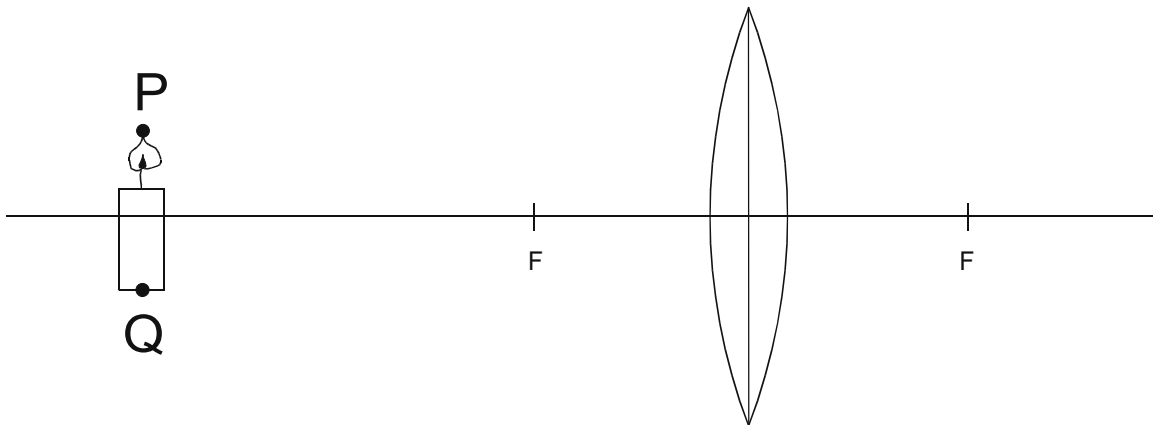


Abb. 2: Konstruiere das Bild der Kerze!

b) Konstruiere die Bilder der Pfeile! (Kannst du dir bei der Konstruktion vielleicht Arbeit sparen?)

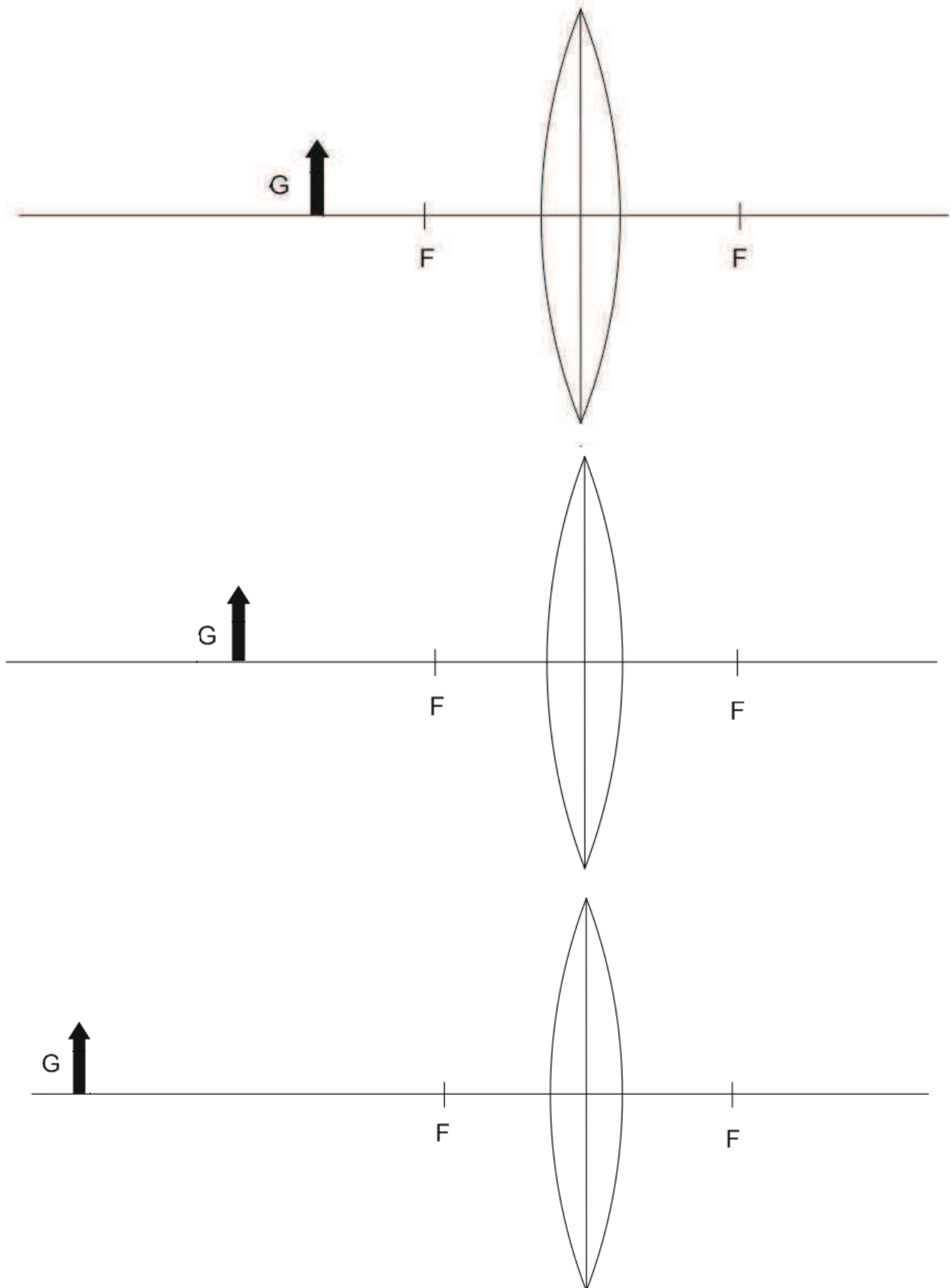


Abb. 1: Die Pfeile werden durch die Linse abgebildet

- c) Fotoapparate enthalten kleine Sammellinsen. Passt das Bild des Baumes in den Fotoapparat (siehe Abbildung 1)?

Erinnere dich: Der Parallelstrahl ist nur ein Stellvertreter für viele andere Lichtstrahlen. Auch wenn er abgedeckt wird oder gar nicht durch die Linse geht, kannst du ihn zur Konstruktion verwenden. Es geht schließlich weiterhin ein Lichtkegel von jedem Leuchtfleck durch die Linse. Damit du den *Parallelstrahl* verwenden kannst, *musst du die Ebene durch die Linsenmitte einfach gerade nach oben und unten verlängern*.

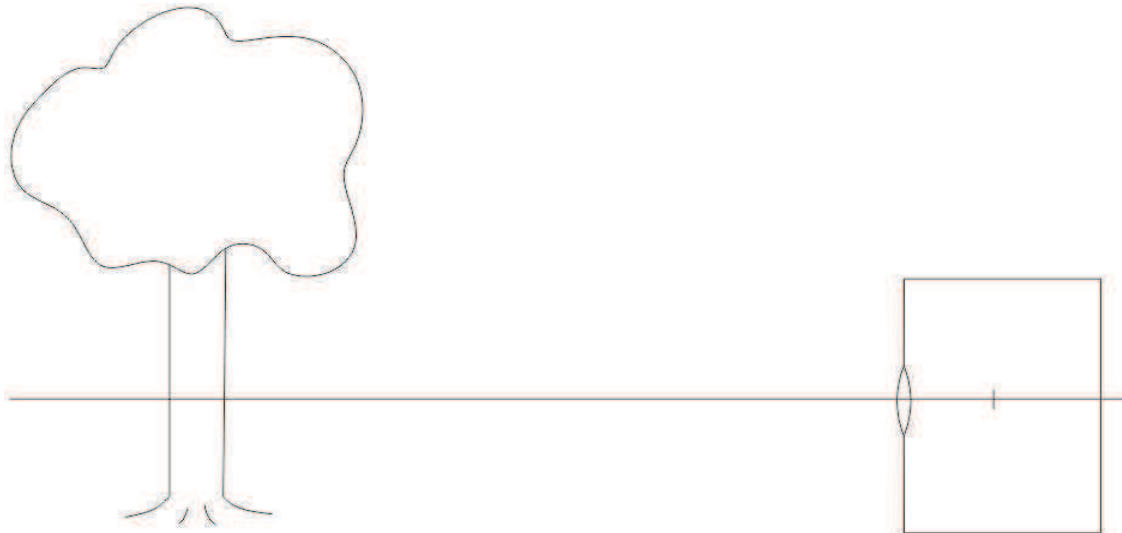


Abb. 1: Der Baum wird mit dem Fotoapparat fotografiert

- d) Zwei Kerzen sollen gleichzeitig abgebildet werden. (siehe Abbildung 2)
Kannst du den Schirm so aufstellen, dass von beiden Kerzen scharfe Bilder aufgefangen werden?
(Begründe durch Konstruktion!)

Bei Fotoapparaten möchte man oft Gegenstände in unterschiedlicher Entfernung scharf auf dem Sensor abbilden. Näherungsweise ist das möglich. Diese Fähigkeit einer Kamera nennt man Schärfentiefe.

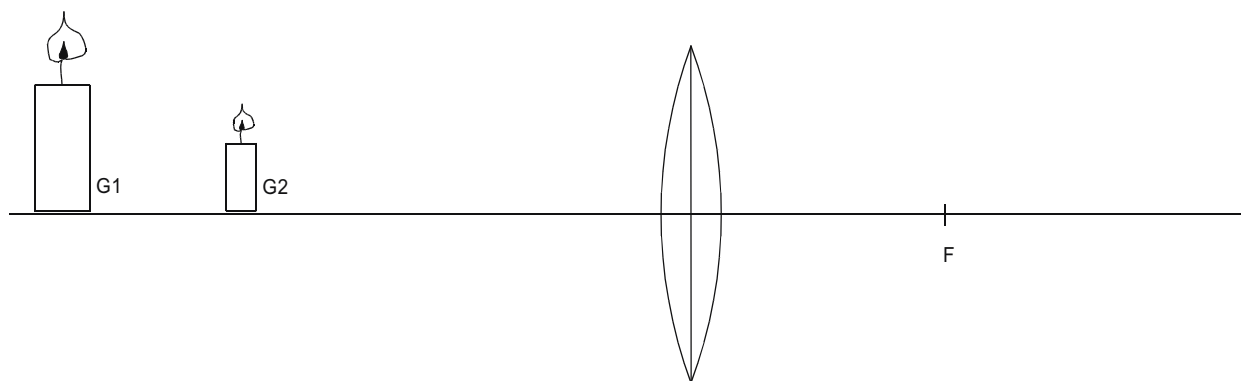


Abb. 2: Beide Kerzen werden durch die Linse abgebildet

- e) Wo unterscheidet sich der Abbildungsvorgang mit der Lochkamera und mit dem einer Linse?

Welche Gemeinsamkeit gibt es?

Selbstständigkeitserklärung

„Ich erkläre, dass ich die Diplomarbeit eigenständig angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.“

Unterschrift

Wien, im Juni 2012

Curriculum vitae – Joachim Rottensteiner

Persönliche Angaben

Wohnhaft: 1140 Wien

Geboren am: 3.Jänner 1982, Wien

Studium

WS 2001 Bauingenieurwesen TU Wien

Seit SS 2002 Universität Wien Lehramt für Physik und Mathematik

Präsenzdienst

09/2000 - 04/2001 Österreichisches Bundesheer

Schule und Ausbildung

09/1992 - 06/2000 BRG6 Marchettigasse

Berufliche Tätigkeiten

Diverse Tätigkeiten zur Studiumsfinanzierung.

Wien, Juni 2012