

Fachdidaktik Physik: 2.1.2. Optik

Hans-Otto Carmesin

Gymnasium Athenaeum Stade, Studienseminar Stade

Hans-Otto.Carmesin@t-online.de

16. März 2021

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Lernziele	3
2.1 Curriculum	3
2.2 Fachlicher Hintergrund	3
2.3 Lernstruktur	5
2.4 Stundenabfolge	6
3 Ausgewählte Kurzentwürfe	7
4 Aufgaben	14
5 Zusammenfassung	14

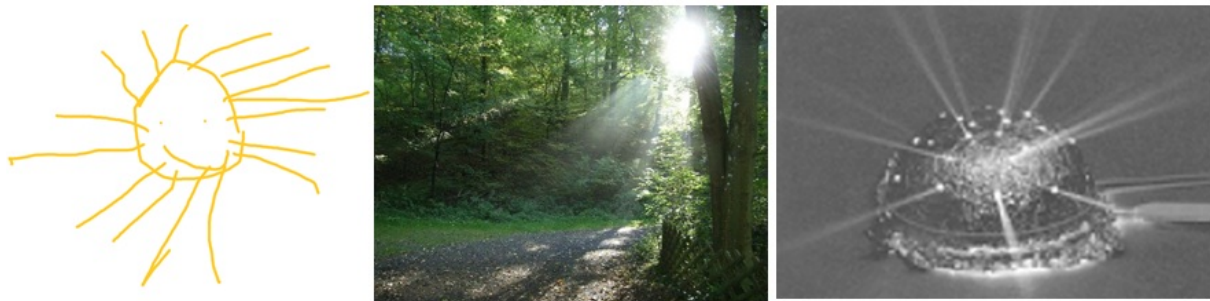


Abbildung 1: Die Ausbreitung von Licht ist ein faszinierendes Thema für Kleinkinder (links), für Fotografen (Mitte) und für Experimentatoren (rechts).

1 Einleitung

Das Sehen ist der wichtigste Sinn des Menschen. In dieser UE lernen die Schülerinnen und Schüler viel über das Sehen, das Auge und Sehhilfen (s. Frenzel (2017); Gehmann (2015); Beime u. a. (2012); Brüning u. a. (2010)). Das Licht umgibt uns und regt die Fantasie an (s. Abbildung 1) Die SuS entdecken hier viele neuartige Eigenschaften des Lichts (s. Frenzel (2017); Gehmann (2015); Beime u. a. (2012); Brüning u. a. (2010)). Bilder können auf sehr vielfältige und oft überraschende Weise entstehen, so vermuteten viele SuS beim Anblick einer Flamme im Wasser (s. u. die Stunde zum Spiegelbild), dass ich eine Magnesiumflamme verwenden würde. Das volle Potenzial unseres Auges kommt erst beim Farbsehen zur Geltung. So regen Farben zu vielfältigen interessanten und weiterführenden Experimenten und Fragen an (s. Abb. 2, Bengelsdorff u. a. (2015)).



Abbildung 2: Die Pointilisten können mit wenigen Farben differenzierte Farbeindrücke erzeugen. Wie ist das möglich? Ausgehend von dieser Frage können die SuS das Prinzip der additiven Farbmischung und das Zusammenspiel der Zapfen in der Retina erkunden. Dieses Bild hat Georges Seurats 1884 bis 1886 gemalt, es wird *Ein Sonntagnachmittag auf der Insel La Grande Jatte* genannt.

2 Lernziele

2.1 Curriculum

Inhaltsbezogene Kompetenzen: SuS ...	Prozessbezogene Kompetenzen: SuS ...
... wenden die Sender-Empfänger-Vorstellung des Sehens in einfachen Situationen an. ... nutzen die Kenntnis über Lichtbündel und die geradlinige Ausbreitung des Lichtes zur Beschreibung von Sehen und Gesehenwerden.	... wenden diese Kenntnisse zur Unterscheidung von Finsternissen und Mondphasen an. ... unterscheiden zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung des Sehvorgangs. ... schätzen die Bedeutung der Beleuchtung für die Verkehrssicherheit ein.
... beschreiben und erläutern damit Schattenphänomene, Finsternisse und Mondphasen beschreiben Reflexion, Streuung und Brechung von Lichtbündeln an ebenen Grenzflächen.	... führen einfache Experimente nach Anleitung durch. ... beschreiben Zusammenhänge mit Hilfe von geometrischen Darstellungen. ... beschreiben ihre Ergebnisse sachgerecht und verwenden dabei ggf. Je-desto-Beziehungen.
... beschreiben die Eigenschaften der Bilder an ebenen Spiegeln, Lochblenden und Sammellinsen (Bezüge zu Mathematik). ... unterscheiden Sammel- und Zerstreuungslinsen. ... wenden diese Kenntnisse im Kontext Fotoapparat und Auge an (Bezüge zu Biologie).	... führen dazu einfache Experimente nach Anleitung durch. ... deuten die Unterschiede zwischen den beobachteten Bildern bei Lochblenden und Sammellinsen mit Hilfe der fokussierenden Wirkung von Linsen. ... beschreiben ihre Ergebnisse sachgerecht und verwenden dabei ggf. Je-desto-Beziehungen.
... beschreiben weißes Licht als Gemisch von farbigem Licht (Bezüge zu Biologie, Kunst).	... führen dazu einfache Experimente nach Anleitung durch. ... beschreiben das Phänomen der Spektralzerlegung.

Tabelle 1: Curriculum zur Unterrichtseinheit Optik [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#); [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#). das Curriculum legt vier Unterrichtssequenzen nahe: Lichtausbreitung, Lichtausbreitung an Grenzflächen, Bilder sowie Farben.

2.2 Fachlicher Hintergrund

Geradlinige Ausbreitung von Licht: Weil die Wellenlänge des Lichts mit ungefähr 500 nm sehr klein ist, kann die Ausbreitung von Licht in vielen Situationen durch Lichtstrahlen beschrieben werden. Das entsprechende Teilgebiet der Optik heißt Strahlenoptik oder auch geometrische Optik (s. [Gobrecht \(1978\)](#), [Demtröder \(2008\)](#) oder [Meschede u. a. \(2006\)](#)).

Phänomenorientierte Optik: Um die Lernbarrieren zu verringern, kann man bei der Strahlenoptik die Lichtausbreitung bevorzugt durch Lichtbündel darstellen. Das ist eine Me-

thode der phänomenorientierten Optik (s. Frenzel (2017); Gehmann (2015); Beime u. a. (2012); Brüning u. a. (2010) und Grebe-Ellis (2011)). Denn die phänomenorientierte Optik ist bemüht, möglichst auf Modelle zu verzichten (s. Grebe-Ellis (2011)). Ich weise jedoch darauf hin, dass man den Lichtstrahl keineswegs als Modell einführen muss, sondern als lebensweltliche Zeichenmethode nutzen kann, die den SuS bereits aus dem Kindesalter bekannt ist (s. Abbildung 1). Auch weise ich daraufhin, dass die Gewinnung physikalischer Erkenntnisse immer auf Voraussetzungen fußt, seien es Voraussetzungen durch die Sinnesorgane (s. Schmidt u. Thews (1995)), Voraussetzungen durch die Wahrnehmung (s. Birbaumer u. Schmidt (1991)), Voraussetzungen durch genutzte Begriffe (s. Wittgenstein (1990)) oder Voraussetzungen durch verwendete Theorien (s. Popper (1974)).

Sehen: Das sehen ist ein subjektiver Vorgang und wird daher zunächst vom Subjekt aus gedacht. Beispielsweise richtet sich der Blick vom Subjekt zum Objekt. Entsprechend bewegt das Subjekt seine Augen zum Objekt hin.

Sender-Empfänger-Modell: Bei diesem Modell wird das Sehen vom Licht her gedacht. Das Licht kommt von einer Lichtquelle, dem Sender, und trifft in das Auge, den Empfänger.

Schatten: Wenn Licht von einer Lichtquelle auf einen undurchsichtigen Gegenstand trifft, dann entsteht dahinter ein von dieser Lichtquelle unbeleuchteter Raum, der Schattenraum.

Finsternisse: Bei der Sonnenfinsternis befindet sich die Erde im Schattenraum des Mondes. Bei der Mondfinsternis befindet sich der Mond im Schattenraum der Erde.

Mondphasen: Der Mond erscheint von der Erde aus völlig, teilweise oder gar nicht beleuchtet. Diese Mondansichten variieren periodisch, werden Mondphasen genannt und durch die Bewegung des Mondes um die Erde erklärt.

Reflexion, Streuung und Brechung: Wenn Licht auf einen Gegenstand trifft, dann wird es teils reflektiert, teils absorbiert und teils durchgelassen. Wenn die Oberfläche des Gegenstands rau ist, dann wird das reflektierte Licht diffus zurück geworfen und man spricht von Streuung. Wenn die Oberfläche des Gegenstands glatt ist, dann wird das Licht teils in eine bestimmte Richtung reflektiert und teils in eine bestimmte Richtung durchgelassen. Dabei gilt das Brechungsgesetz.

Spiegelbild: Wenn man einen Gegenstand mit Hilfe eines Spiegels betrachtet, dann sieht man hinter dem Spiegel ein Spiegelbild des Gegenstands. Das Spiegelbild ist virtuell. Die Entstehung des Spiegelbilds kann mithilfe des Reflexionsgesetzes und des Sender-Empfänger-Modells des Sehvorgangs erklärt werden.

Abbildung durch eine Lochblende: Wenn vor einer Lochblende ein beleuchteter Gegenstand und hinter dieser ein abgedunkelter Schirm steht, dann entsteht auf dem Schirm ein reales Bild des Gegenstands. Die Entstehung dieses Bildes kann durch die geradlinige Ausbreitung des Lichts erklärt werden.

Sammellinse: Eine Sammellinse ist ein linsenförmiger Glaskörper, der parallel auftreffende Lichtstrahlen nahezu in einem Punkt bündelt.

Abbildung durch eine Sammellinse: Wenn vor einer Sammellinse ein beleuchteter Gegenstand und hinter dieser ein abgeschatteter Schirm steht, dann entsteht auf dem Schirm ein reales Bild des Gegenstands. Die Entstehung dieses Bildes kann durch die geradlinige Ausbreitung des Lichts und die Brechung des Lichts an der Linse erklärt werden.

Zerstreuungslinse: Eine Zerstreuungslinse ist ein konkaver Glaskörper, der parallel auftreffende Lichtstrahlen hinter der Linse so auseinander laufen lässt, als kämen sie nahezu von

einem Punkt, der vor der Linse liegt.

Bildentstehung im Auge und im Fotoapparat: Die Bildentstehung im Auge und im Fotoapparat kann durch die Sammellinse erklärt werden.

Spektralfarben: Weißes Licht ist ein Gemisch aus farbigem Licht. Weißes Licht kann mithilfe eines Prismas in seine Farben, die so genannten Spektralfarben, zerlegt werden.

2.3 Lernstruktur

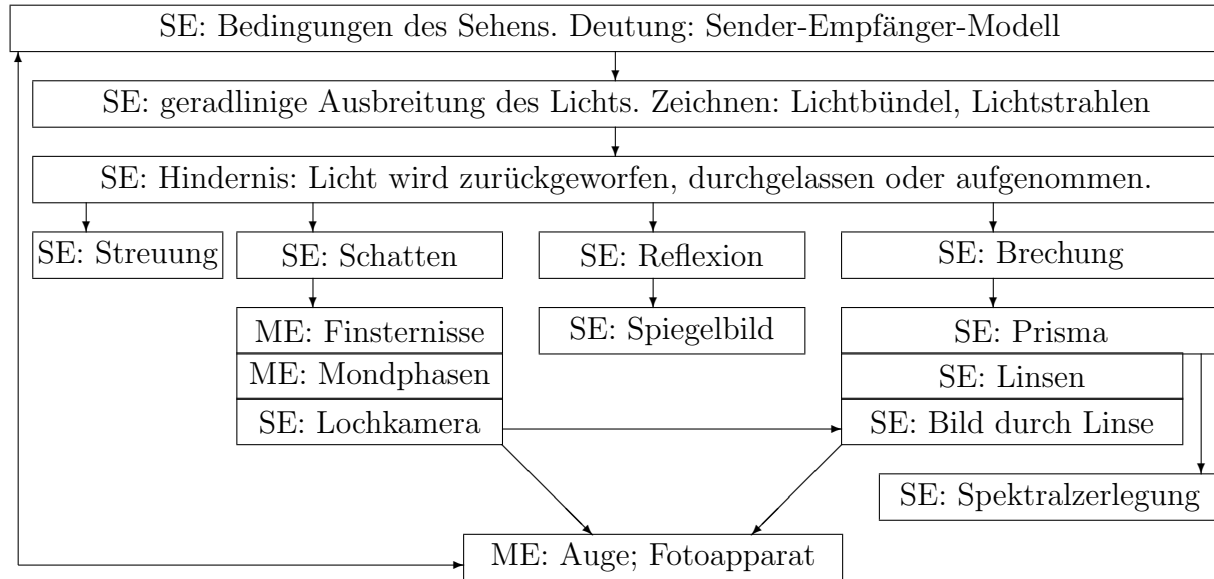


Abbildung 3: Lernstruktur zur Optik. SE: Schülerexperiment. ME: Modellexperiment. Die Lernstruktur ist insgesamt sehr komplex. Die Lernstruktur weist eine stringente Progression auf, vom Sender-Empfänger-Modell des Sehens bis zum Verständnis des Sehens durch das Auge als Sehorgan.

2.4 Stundenabfolge

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Analyse des Sehens im Straßenverkehr 1	Die SuS sollen das Sehen mit dem Sender-Empfänger-Modell deuten können.
2	Analyse des Sehens im Straßenverkehr 2	Die SuS sollen die geradlinige Lichtausbreitung begründen können.
3	Analyse des Sehens im Straßenverkehr 3	Die SuS sollen den Schattenraum zeichnen können.
4	Erklärung der Mondphasen	Die SuS sollen die Mondphasen erklären können.
5	Erklärung der Sonnenfinsternis	Die SuS sollen die Sonnenfinsternis erklären können.
6	Erklärung der Mondfinsternis	Die SuS sollen die Mondfinsternis erklären können.
7	Analyse eines Solarturmkraftwerks	Die SuS sollen das Reflexionsgesetz begründen können.
8	Analyse eines Speerfischers	Die SuS sollen die Brechung begründen können.
9	Erklären einer Unterwasserflamme	Die SuS sollen das Spiegelbild zeichnen können.
10	Erklären des Bildes hinter einem Loch	Die SuS sollen das Bild bei einer Lochblende zeichnen können.
11	Bau einer Lochbildkamera	Die SuS sollen eine Lochbildkamera bauen können.
12	Entdecken des Bildes hinter einer Sammellinse	Die SuS sollen mit einer Linse ein Bild erzeugen können.
13	Fotografieren	Die SuS sollen einen Fotoapparat begründet anwenden können.
14	Erklären der Bildentstehung im Auge	Die SuS sollen Modellversuche zum Auge durchführen können.
15	Korrigieren von Sehfehlern	Die SuS sollen Sehfehler im Modellversuche korrigieren können.
16	Analysieren des weißen Lichts	Die SuS sollen eine Spektralzerlegung durchführen können.
17	Analysieren von Farbbildern	Die SuS sollen die biologische und künstlerische Wirkung von Fachbildern analysieren können.

Tabelle 2: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtseinheit Optik.

3 Ausgewählte Kurzentwürfe

Für zentrale Stunden der Sequenz mache ich konkrete Vorschläge in Form von Kurzentwürfen.

Eine hervorragende Hausarbeit über Unterricht zu Mondphasen befindet sich in unserer Seminar Bibliothek (s. [Hünsch \(2007\)](#)).

Man kann die Sammellinse alternativ aufbauend einführen (s. [Carmesin \(2006\)](#)): Dabei lernen die SuS zunächst die Brechung am Prisma kennen. Auf dieser Basis kombinieren sie viele Prismen zur Bündelung von Licht und entdecken so die Fresnellinse. Schließlich wandeln sie die Fresnellinse so ab, dass eine glatte Oberfläche entsteht und entwickeln so die Sammellinse.

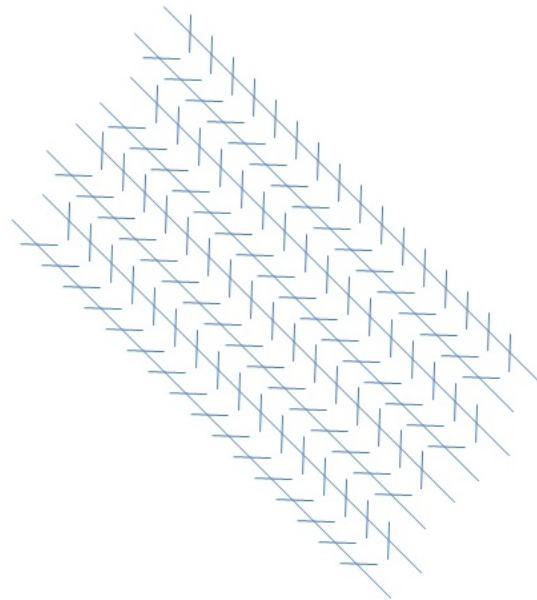


Abbildung 4: Warum sehen wir nicht, dass die langen Linien zueinander parallel sind? Ausgehend von dieser Frage entdecken die Schülerinnen und Schüler, dass das Sehen geometrische Tatsachen durch Illusionen verfälschen kann. Sie können hier die Bildentstehung im Auge als Ursache ausschließen. Also entsteht diese Illusion durch die weitere Verarbeitung in der Netzhaut oder im Gehirn.

Kurzentwurf für eine Physikstunde

Thema der Unterrichtssequenz: Lichtausbreitung

Analyse des Sehens im Straßenverkehr

Didaktik: SLZ: Die SuS sollen das Sehen mit dem Sender-Empfänger-Modell deuten können.

Leitfrage: s. TA

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Straßenverkehr	Beschreiben
LV: Sehen	Beschreiben
TLZ: Gefahr durch parkendes Auto	Erläutern
TLZ: Modellversuch	Planen, Durchführen
TLZ: Sender-Empfänger-Modell	Anwenden

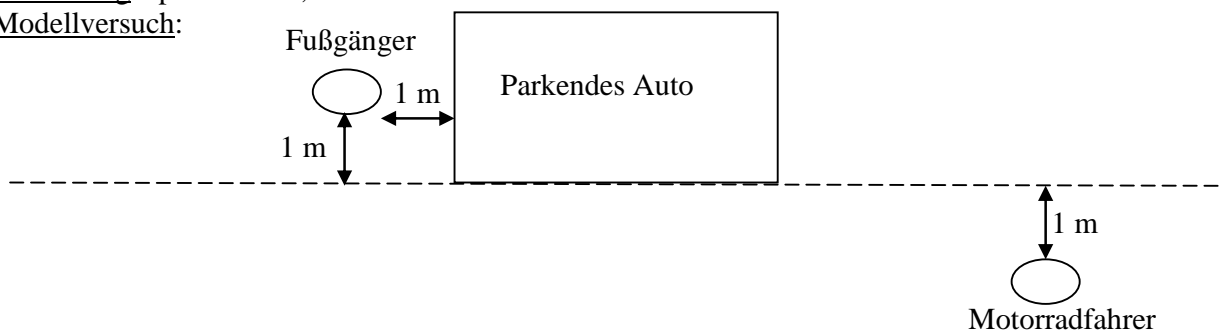
Methodik: Dominantes Lehrverfahren: Interaktiv erarbeitend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
4	<u>Einstieg:</u> Foto	Beschreiben	LSG
8	<u>Stundenfrage:</u> „	Entwickeln der Leitfrage	LSG
20	<u>Erarbeitung 1:</u> Vermutung, Planen	TA	SSG
30	<u>Erarbeitung 2:</u> SE	Durchführen	GA
35	<u>Sicherung:</u> s.u.	SV Ergebnis, Rückkopplung	SV
45	<u>Festigung, Ausstieg:</u> 5 m Abstand	Modellversuch, SV	GA

Aus welcher Entfernung ist der Fußgänger sichtbar?

Vermutung: spät sichtbar, nah sichtbar

Modellversuch:



Ergebnis: Der Motorradfahrer kann den Fußgänger erst in 1 m Entfernung sehen.

Deutung: Das Licht kann nicht vom Fußgänger in das Auge des Motorradfahrers gelangen, weil das parkende Auto im Weg steht.

Verbesserung: Der Fußgänger sollte weiter nach vorne gehen, damit das Licht vom Fußgänger in das Auge des Motorradfahrers gelangen kann.

Ergebnis: Wir sehen einen Körper, wenn das Licht von diesem Körper in unser Auge gelangt.

Information: Nach Paragraph zwölf der Straßenverkehrsordnung muss ein parkendes Auto mindestens 5 m vom Zebrastreifen entfernt sein.

Ergebnis: Wäre das parkende Auto 5 m vom Zebrastreifen entfernt, so würde der Motorradfahrer den Fußgänger aus 5 m Entfernung sehen. Das würde die Sicherheit steigern.



Einstiegsfolie

Kurzentwurf für eine Physikstunde

Thema der Unterrichtssequenz: Lichtausbreitung an Grenzflächen

Analyse eines Solarturmkraftwerks

Didaktik: SLZ: Die SuS sollen das Reflexionsgesetz begründen können.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Geradlinige Lichtausbreitung	Anwenden
LV: Einheitliche Richtung der Sonnenstrahlen	Anwenden
TLZ: Funktionsweise des Solarturmkraftwerks	Erläutern
TLZ: Reflexionsgesetz	Vermuten
TLZ: Reflexionsversuch	Planen, Durchführen

Methodik: Dominantes Lehrverfahren: Problemlösend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Einstieg:</u> Foto	Beschreiben	LSG
8	<u>Problemstellung:</u> „	Entwickeln der Leitfrage	LSG
20	<u>Analyse:</u> Vermutung, Planen	TA	SSG
37	<u>Lösung:</u> SE	Durchführen	GA
40	<u>Sicherung:</u> s.u.	SV Ergebnis, Rückkopplung, OHP	SV
45	<u>Festigung:</u> AB	HA	GA



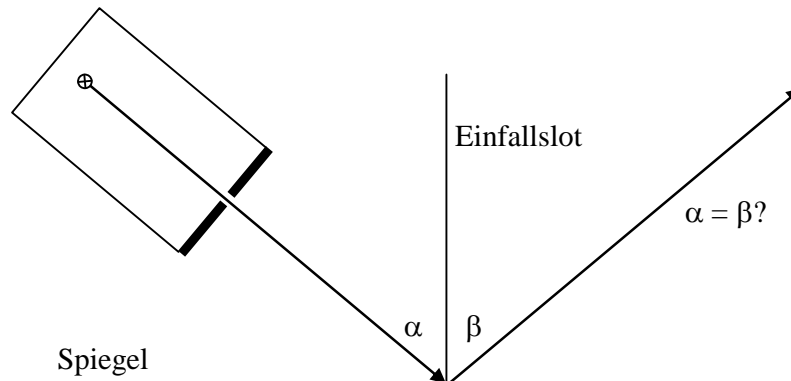
Einstiegsfolie

Trifft der Sonnenstrahl den Solarempfänger?

Vermutungen:

Nein, denn der Strahl wird senkrecht zum Spiegel reflektiert. **falsch**
 Ja, denn der auftreffende und der reflektierte Strahl schließen den gleichen Winkel mit dem Spiegel ein. **richtig**

Modellversuch:



Bezeichnungen: Der Einfallswinkel schließt den einfallenden Strahl und das Einfallslot ein. Der Reflexionswinkel schließt den reflektierten Strahl und das Einfallslot ein.

Ergebnis: Der Reflexionswinkel ist gleich dem Einfallswinkel.

Information: Der Einfallswinkel, das Einfallslot und der Reflexionswinkel liegen in einer gemeinsamen Ebene.

Kurzentwurf für eine Physikstunde

Thema der Unterrichtssequenz: Lichtausbreitung an Grenzflächen

Analyse eines Speerfischers

Didaktik: SLZ: Die SuS sollen die Brechung begründen können.

Leitfrage: s. TA

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: geradlinige Lichtausbreitung	Erläutern
TLZ: Zu flaches Peilen	Erläutern
TLZ: Lichtstrahlen knicken an Wasseroberflächen	Vermuten
TLZ: Kontrollversuch	Planen, Durchführen
TLZ: Brechung	Begründen

Methodik: Dominantes Lehrverfahren: Entdeckenlassend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
7	<u>Einstieg:</u> Folie, Peilstabversuch	Beschreiben, Durchführen	LSG
12	<u>Problemstellung:</u>	Leitfrage	LSG
20	<u>Analyse:</u> Vermutung, Versuchsplan	TA, Bezeichnung	MuG
35	<u>Lösung:</u> SE	Durchführen	GA
40	<u>Sicherung:</u> s.u.	SV Ergebnis, Reflexion, Rückkopplung	SV
45	<u>Festigung:</u> AB	HA	EA

Warum kann Lisa den Peilstab nicht zur Münze ausrichten?

Beobachtung: Durch die Wasseroberfläche kann Lisa nicht richtig peilen.

Vermutungen: Die Wasseroberfläche knickt das von der Münze kommende Licht nach unten.

Kontrollversuch: Wir schicken einen Lichtstrahl aus dem Wasser.

Bezeichnung:

Das Abknicken der Lichtausbreitung an der Wasseroberfläche heißt Brechung.

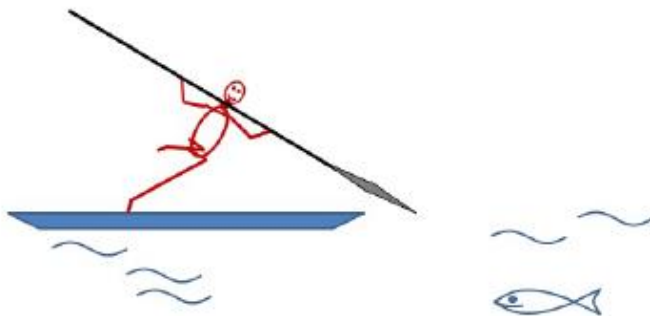
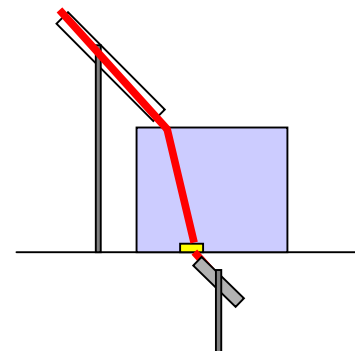
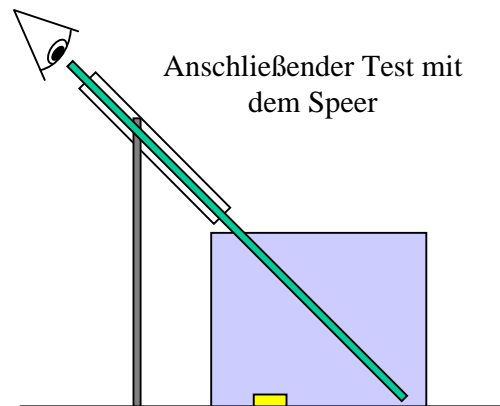
Ergebnisse:

Tritt ein Lichtstrahl von Wasser in Luft, so wird er vom Einfallslot weg gebrochen.

Tritt ein Lichtstrahl von Luft in Wasser, so wird er zum Einfallslot hin gebrochen.

Ausnahme: Trifft ein Lichtstrahl senkrecht auf eine Wasseroberfläche, wird er nicht gebrochen.

Der Lichtweg ist umkehrbar.



Einstiegsfolie

Kurzentwurf für eine Physikstunde

Thema der Unterrichtssequenz: Bilder Erklären einer Unterwasserflamme

Didaktik: SLZ: Die SuS sollen das Spiegelbild zeichnen können.

Leitfrage: s. TA

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: geradlinige Lichtausbreitung	Anwenden
LV: Sender-Empfänger-Modell	Anwenden
LV: Reflexionsgesetz	Anwenden
TLZ: Flamme im Wasser	Beschreiben
TLZ: Lage der Flamme	Vermuten, Schätzen
TLZ: Kontrollversuch	Planen, Durchführen
TLZ: Brechung	Begründen

Methodik: Dominantes Lehrverfahren: Entdeckenlassend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Einstieg:</u> DE, Flamme im Wasser	Beschreiben	LSG
7	<u>Problemstellung:</u>	Leitfrage	LSG
12	<u>Analyse:</u> Lage der Flamme	Vermuten, Schätzen, OHP	MuG
35	<u>Lösung:</u> Zeichnen	AB	GA
40	<u>Sicherung:</u> s.u.	SV OHP Ergebnis, Überprüfen am DE	SV
45	<u>Festigung:</u> AB	HA	EA

Wo ist die Kerzenflamme?

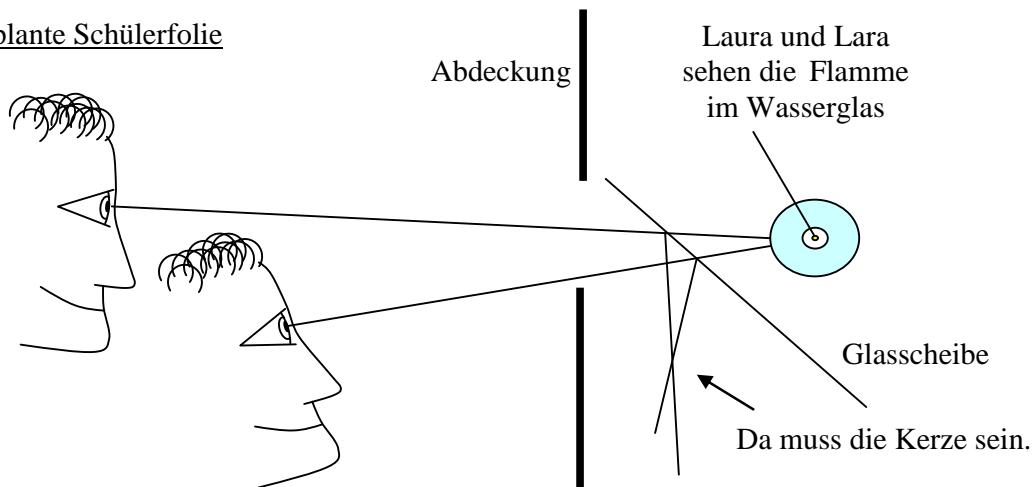
Beobachtung: Die Flamme leuchtet im Wasser.

Vermutungen: Im Wasser, es ist eine Unterwasserkerze **falsch**
 Hinter der Abdeckung **richtig**

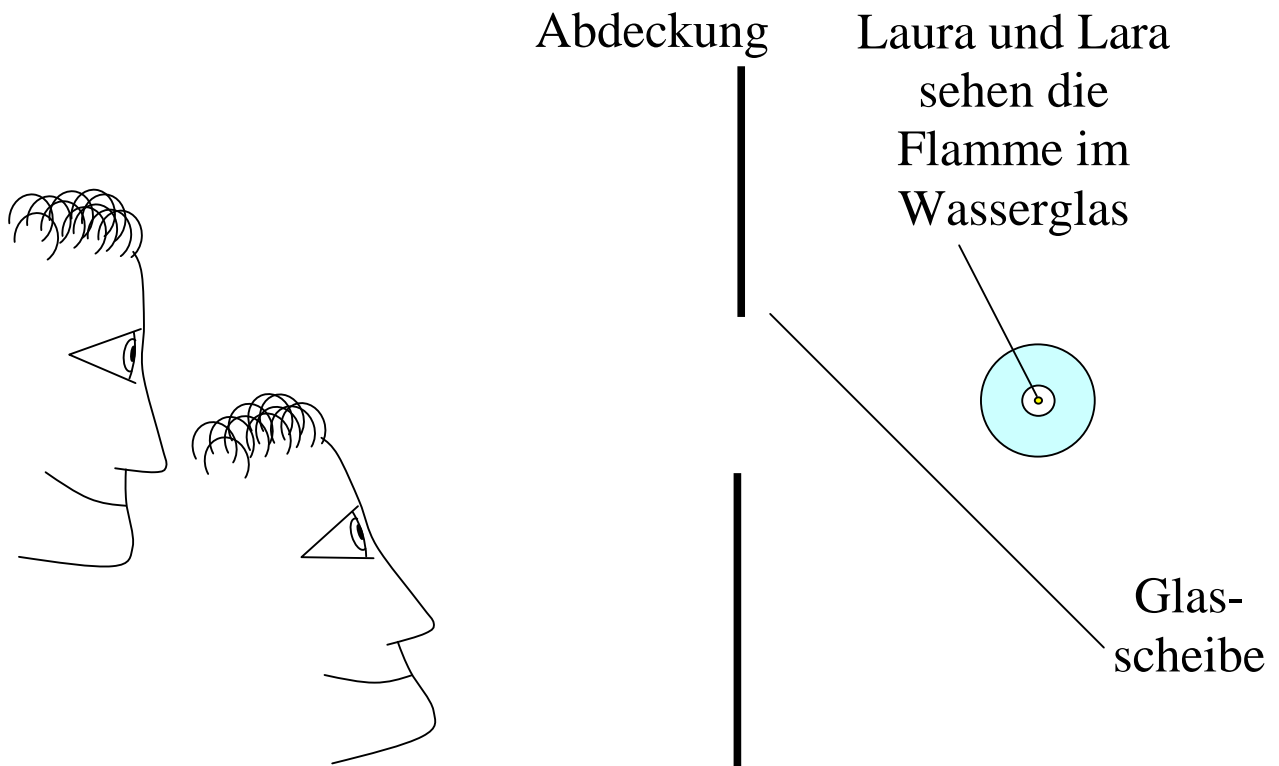
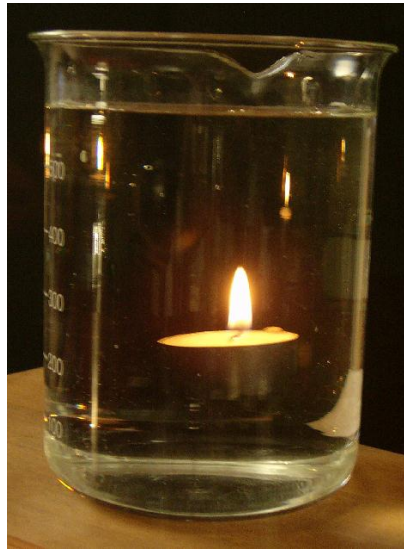
Ideen zum Zeichnen: Reflexionsgesetz, rückwärts zeichnen, Sender-Empfänger-Modell

Ergebnis: Im Wasser ist das Spiegelbild der Kerze.

Geplante Schülerfolie



Wo ist die Kerzenflamme?



Kurzentwurf für eine Physikstunde

Thema der Unterrichtssequenz: Lichtausbreitung

Analyse des weißen Lichts

Didaktik: SLZ: Die SuS sollen eine Spektralzerlegung durchführen können.

Leitfrage: s. TA

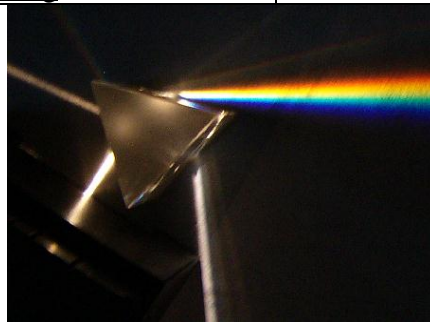
Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Prisma, Brechung	Beschreiben
LV: Farben, Regenbogen	Beschreiben
TLZ: Aufweitung	Beschreiben
TLZ: Lichtband	Beschreiben
TLZ: Spektralzerlegung	Durchführen

Methodik: Dominantes Lehrverfahren: Aufgebend erarbeitend

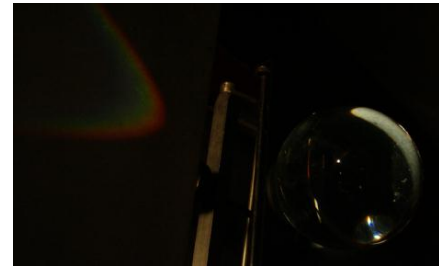
Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
4	<u>Einstieg:</u> Foto	Beschreiben	LSG
8	<u>Stundenfrage:</u> „	Entwickeln der Leitfrage	LSG
20	<u>Erarbeitung 1:</u> Vermutung	TA	SSG
30	<u>Erarbeitung 2:</u> SE	Durchführen, AB	GA
35	<u>Sicherung:</u> s.u.	SV Ergebnis, Rückkopplung	SV
45	<u>Festigung, Ausstieg:</u> DE	Modellversuch mit Glaskugel	LSG



Einstiegsfolie



Schülerexperiment



Demonstrationsversuch:
Spektralzerlegung mit Glaskugel

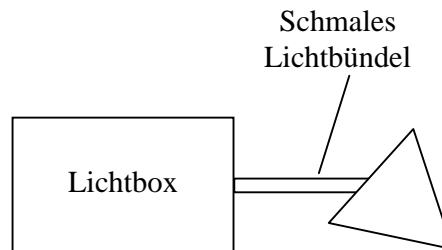
Woher kommen die Farben beim Regenbogen?

Vermutungen:

- Der Regen enthält die Farben.
- Das Sonnenlicht enthält die Farben.

falsch
richtig

Modellversuch:



Ergebnis: Das weiße Licht enthält die Regenbogenfarben.

Mit einem Prisma kann man das weiße Licht in die Regenbogenfarben zerlegen.

Deutung: Die Regentropfen zerlegen das Sonnenlicht ähnlich, wie das Prisma das weiße Licht der Lampe zerlegt hat.

4 Aufgaben

1. Analysieren Sie die vorgeschlagene Stunde zum *Spiegelbild* bezüglich der Anforderungsbereiche.
2. Analysieren Sie mögliche Lernschwierigkeiten zu der Stunde zum *Peilstabversuch* und schlagen Sie Lernhilfen vor.
3. Analysieren Sie mögliche Kompetenzerlebnisse, die die SuS bei der Stunde zur *Spektralzerlegung* erfahren können.
4. Skizzieren Sie eine Konzeptkarte, welche die SuS am Ende der UE entwerfen können sollten.
5. Analysieren Sie, welche Modelle in der UE behandelt werden.
6. Analysieren Sie, welche Anwendungen, Naturerscheinungen und lebensweltlichen Bezüge in der UE behandelt werden.
7. Analysieren Sie, welche Versuche für Heimversuche geeignet sind.
8. Analysieren Sie, inwieweit die UE auf weiterführende UEs vorbereitet.
9. Analysieren Sie, welche prozessbezogenen Kompetenzen sich die Schülerinnen und Schüler in dieser Unterrichtseinheit aneignen können.

5 Zusammenfassung

An dieser Unterrichtseinheit sind die Schülerinnen und Schüler erfahrungsgemäß immer sehr interessiert, weil sie merken, dass es um ihren wichtigsten Sinn, das Sehen geht. Auch können die SuS viele physikalische Erkenntnisse aus anschaulichem oder sogar ästhetischem Lernmaterial gewinnen, das vermittelt einen zusätzlichen Anreiz.

Viele SuS vermuten zunächst, sie könnten in der Optik sowieso alles schon mit ihren Augen sehen. Sie sind dann positiv überrascht, wenn sie merken, dass es noch sehr viele spannende Dinge zu entdecken gibt. Neben dem Sehen freuen sich die SuS über viele weitere lebensweltliche Bezüge wie Lichtleiter in der Informationstechnik, Solarenergie bei der energetischen Revolution¹ oder Lichteinfall in der Architektur.

Ich wünsche Ihnen, dass Sie Ihren Schülerinnen und Schülern mit dieser Unterrichtseinheit neue Einblicke in den bereits sehr weit entwickelten Sehsinn und die damit verbundenen physikalischen Zusammenhänge eröffnen.

¹Der aktuelle und der vorherige Bundespräsident sehen uns im Zeitalter einer energetischen Revolution, s. Köhler (2008) und DPA (2011).

Literatur

- [Beime u. a. 2012] BEIME, Christa ; HOPPE, Petra ; HUMMES, Klaus-Peter ; VÖPEL, Karl-Heinz ; VOSS, Christine ; ZEMANN, Winfried: *Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule, Schuljahrgänge 5 - 10, Naturwissenschaften, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2012
- [Bengelsdorff u. a. 2015] BENGELSDORFF, Sven ; CARMESIN, Hans-Otto ; KAHLE, Jens ; KONRAD, Ulf ; TRUMME, Torsten ; WENSCHKEWITZ, Gerhard ; WITTE, Lutz: *Universum Physik Chemie 5/6*. Bd. 1. Berlin : Cornelsen, 2015
- [Birbaumer u. Schmidt 1991] BIRBAUMER, Niels ; SCHMIDT, Robert: *Biologische Psychologie*. 2. Berlin : Springer, 1991
- [Brüning u. a. 2010] BRÜNING, Thomas ; DÖTZER, Susanne ; ELSASSER, Wolfgang ; HEIKE, Christina ; JÜTTNER, Horst ; MICHALSKI, Regina ; MOORKAMP, Michael ; SUTTMAYER, Beate: *Rahmenrichtlinien für das Fach Naturwissenschaft in der Klasse 12 der Fachoberschule, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2010
- [Carmesin 2006] CARMESIN, Hans-Otto: Entdeckungen im Physikunterricht durch Beobachtungen des Himmels. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; OBERLÄNDER, Arne (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik, ISBN 3-86541-066-9*. Berlin : DPG, 2006
- [Demtröder 2008] DEMTRÖDER, Wolfgang: *Experimentalphysik 2*. Bd. 2. Berlin : Springer, 2008
- [DPA 2011] DPA: Bosch feiert 125-jähriges Firmenjubiläum. In: *Handelsblatt, 19. Mai* (2011)
- [Frenzel 2017] FRENZEL, Michael u. a.: *Kerncurriculum für das Gymnasium - gymnasiale Oberstufe, die Gesamtschule - gymnasiale Oberstufe, das Fachgymnasium, das Abendgymnasium, das Kolleg, Physik, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2017
- [Gehmann 2015] GEHMANN, Kurt u. a.: *Kerncurriculum für das Gymnasium, Schuljahrgänge 5 - 10, Naturwissenschaften, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2015
- [Gobrecht 1978] GOBRECHT, Heinrich: *Bergmann-Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik Band III Optik*. 7. Berlin : Walter de Gruyter, 1978
- [Grebe-Ellis 2011] GREBE-ELLIS, Johannes: Von der Optik im Tastraum zu einer Optik des Sehens. (2011). http://didaktik.physik.hu-berlin.de/forschung/optik/download/veroeffentlichungen/Optik_Grebe-Ellis.pdf
- [Hünsch 2007] HÜNSCH, Matthias: *Schülerbeobachtungen der Mondphasen: Ein Unterrichtsversuch zur Vermittlung prozessbezogener Kompetenzen in der Klassenstufe 7 des Gymnasiums*. Stade : Studienseminar Stade Hausarbeit, 2007

-
- [Köhler 2008] KÖHLER, Horst: Köhler fordert Revolution bei Energietechnik. In: *Welt* (2008), 27. Oktober
- [Meschede u. a. 2006] MESCHEDÉ, Dieter ; GERTHSEN, Christian ; KNESER, Hans O.: *Gerthsen Physik*. 20. Berlin : Springer, 2006
- [Popper 1974] POPPER, Karl: *Objektive Erkenntnis*. 2. Hamburg : Hoffmann und Campe, 1974
- [Schmidt u. Thews 1995] SCHMIDT, Robert ; THEWS, Gerhard: *Physiologie des Menschen*. 26. Berlin : Springer, 1995
- [Wittgenstein 1990] WITTMENSTEIN, Ludwig: *Über Gewißheit*. 7. Frankfurt : Suhrkamp Verlag, 1990