

Handout zur Seminarsitzung „Optik-Unterrichtkonzeptionen“:

Darstellungsformen von Licht

- Lichtstrahlen
- Lichtbündel und Lichtkegel
- Blickwege
- Lichtwege

Unterrichtkonzeptionen in der Optik

Traditioneller Unterricht:

- **Zentrale Merkmale:**
Fokus auf die geometrische Optik. Licht wird frühzeitig als **Lichtstrahl** eingeführt.
- **Vorgehensweise:**
Behandlung von Schattenräumen, Reflexionsgesetz, Brechung und Bildkonstruktion an Linsen mittels „ausgezeichneter Strahlen“ (Parallel-, Brennpunkt-, Mittelpunktstrahl).
- **Kritik:**
Vernachlässigt oft den Modellcharakter des Lichtstrahls (Schüler halten den Strahl für ein reales Objekt). Die menschliche Wahrnehmung (das Auge als Empfänger) wird oft erst spät oder gar nicht systematisch integriert.

Sender-Strahlungs-Empfänger:

- **Zentrale Merkmale:**
Jedes optische Phänomen wird durch das Verfolgen des Lichtwegs vom **Sender** (Lichtquelle) über die **Strahlung** (Ausbreitung) zum **Empfänger** (Auge) erklärt.
- **Vorgehensweise:**
 - Unterscheidung zwischen **Selbstsendern** (Lichtquellen) und **Zwischensendern** (beleuchtete Körper).
 - Einführung des Begriffs „**Streuung**“ (statt „diffuser Reflexion“) als Grundkonzept für die Sichtbarkeit aller Dinge.
 - Verwendung von **Lichtbündeln** statt einzelner Strahlen in der Einführungsphase.
 - **Ziel:** Überwindung von Sehstrahl-Vorstellungen und Verständnis des Sehens als passiver Empfangsvorgang.

Phänomenologische Optik:

- **Zentrale Merkmale:**

Erkenntnisse werden durch unmittelbare, vorurteilsfreie Beobachtung gewonnen.
Keine Modellvorstellungen im der Einführungsphase.

- **Vorgehensweise:**

Prinzip Ameise: Schüler versetzen sich gedanklich an den Ort der Bildentstehung (z.B. auf den Schirm), um das Phänomen aus dieser Perspektive zu beschreiben.

Unterscheidung zwischen Tastwelt (physische Realität) und Sehwelt (das, was wir wahrnehmen, z.B. Spiegelbilder oder optische Hebung).

Einstieg oft durch die Erfahrung totaler Dunkelheit, um die Notwendigkeit von Licht für die visuelle Orientierung zu verdeutlichen.

- **Ziel:** Aus Beobachtungen von optischen Phänomene Erkenntnisse zu gewinnen

Optik mit Lichtwegen (Fermat-Prinzip)

- **Zentrale Erklärung:**

Das Fermat'sche Prinzip (Licht wählt den Weg der kürzesten Laufzeit).

- **Vorgehensweise:**

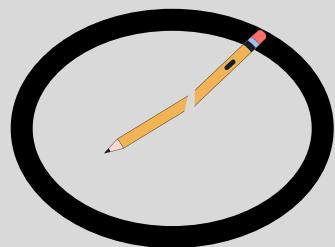
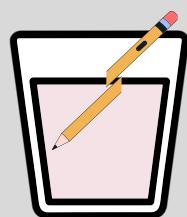
Zunächst wird die geradlinige Ausbreitung als "kürzester geometrischer Weg" eingeführt.

Später (bei Brechung/Linsen) wird dies zum "zeitlich kürzesten Weg" erweitert.

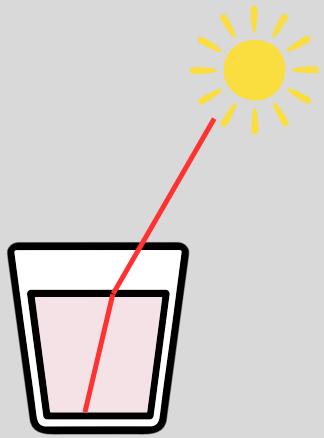
- **Ziel:**

Eine konsistente fachliche Basis bieten, die bis in die Oberstufe (Zeigeroptik/Quantenphysik) anschlussfähig ist, ohne die Schüler mit widersprüchlichen Modellen zu verwirren.

Repräsentationsformen von Licht/Lichtwegen

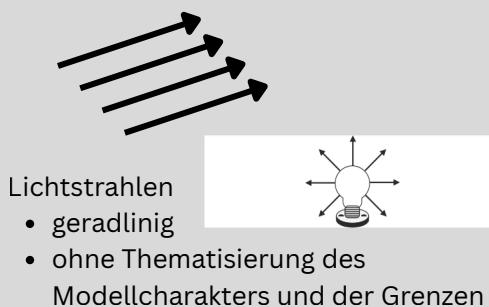


Blick von oben, der Kreis ist die Wasseroberfläche



Traditioneller Unterricht

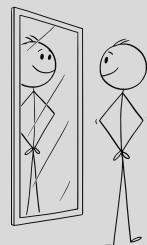
Bildliche Darstellung



Schatten

- Ohne Strahlengänge
- Betonung der Definitionen (Schlagschatten, Kernschatten, Übergangsschatten)
- Anwendung: Selbstschatten (Mondphasen)

Reflexion



- Ebener Spiegel
- Diffuse Reflexion
 - Anwendung: Regelmäßige Reflexion

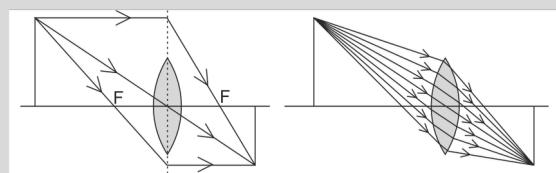
Lichtbrechung an Medien

- Totalreflexion
- Bildentstehung an Linsen
 - Linsengleichung
 - Berechnung von Abbildungsgrößen



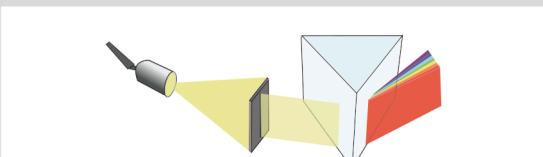
Strahlengeometrische Konstruktion

- Lichtstrahlen als Erklärung
- Reduktion der Lichtstrahlen



Farben

- Zerlegung von weißem Licht
- Zusammenführung zu weißem Licht
- Weißes Licht oft gelb dargestellt
- Ohne Wellencharakter



- Zwei Arten der Farbmischung (additiv, subtraktiv)
- Vermittlung von Farbmischregeln

- angelegt in der geometrischen Optik
- Ohne Wellencharakter



Ziel

- Fachwissen
- Reihenfolge analog zu Fachbüchern
- Lichtstrahlenmodell

Sender-Strahlungs-Empfänger

Welches Ziel verfolgt die Konzeption?

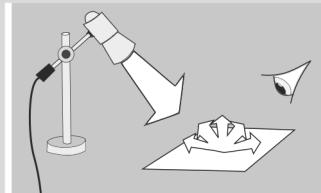
Subjektiv wahrgenommene Phänomene in objektive Systeme physikalischer Betrachtungsweisen überführen
Verfolgung von Lichtwegen vom Lichtsender bis in das Auge des Empfängers

Welche Themen stehen im Vordergrund?

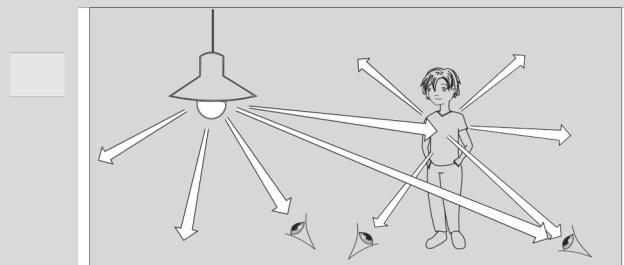
Sehvorgang
Streuung & Farben
Lochkamera
Leuchtfleck-zu-Blickfleck Abbildung
Strahlengeometrische Konstruktion erst als letzten Schritt

Rolle der Streuung von Licht

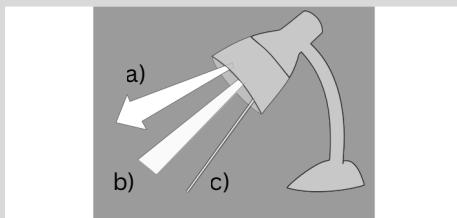
Streuung als gleichmäßige
Abstrahlung von Licht durch einen
Gegenstand in alle Richtungen
Unterscheidung von Reflexion:
Abstrahlung in eine bevorzugte
Richtung



Keine relevante Unterscheidung von
primären oder sekundären
Lichtquellen
Nachweis über die Lochkamera



Wie wird Licht in der Konzeption bildlich dargestellt?



Schrittweise Abstraktion der Darstellung der Lichtausbreitung:
a) Lichtbündel mit angegebeter Ausbreitungsrichtung
b) Randstrahlen eines Lichtbündels
c) Lichtstrahl

Spiegelbildbetrachtung und Reflexionsgesetz

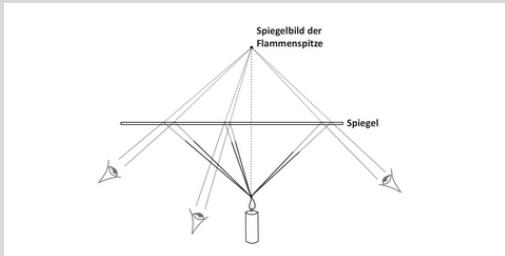


Abb. 2.11 Virtuelle Bildentstehung dargestellt durch Lichtkegel bzw. deren Randstrahlen. Hier wird deutlich: Ein Strahl allein genügt nicht, um die Lage des virtuellen Bildes zu bestimmen; ein Lichtbündel genügt dagegen (nach Wiesner et al. 1995)

Linsen und Bildkonstruktion

Nicht die typische Konstruktion der verschiedenen Strahlen,
da in dieser Darstellung der Beobachter fehlt

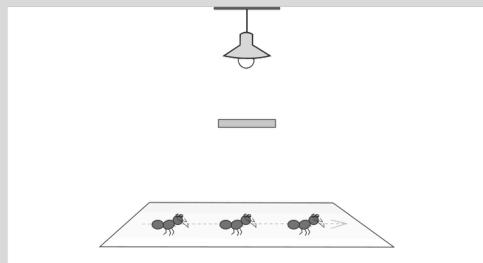
Wie könnte die Brechung dargestellt werden?



Phänomenologische Optik/ Lichtwege

Welches Ziel verfolgt die Konzeption?

- Lichtweg erfahrbar und beobachtbar einführen
- „vorurteilsfreie“ Beschreibung von sehbaren Phänomenen
- Prinzip Ameise
-

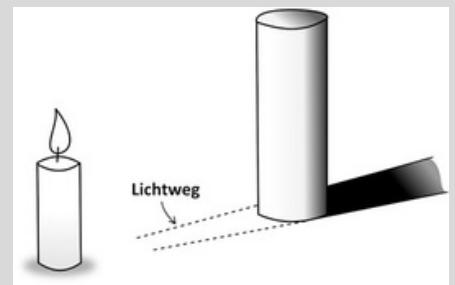


Welche Themen stehen im Vordergrund?

- Fermatprinzip
- Spiegelgesetze

Wie wird Licht in der Konzeption bildlich dargestellt?

- Keine Lichtstrahlen, sondern Lichtwege
- Lichtwege in Form von Schattengrenzen
- „Hell ist es, von wo aus ich helles sehen kann“
- keine Modellbildung, was Licht ist
- Lichtweg als Grenzen der Schatten
- Geraadlinige Ausbreitung



Wie werden Schatten beschrieben?

- Raumbereich, welcher von der Lichtquelle gar nicht oder nur teilweise gesehen wird

Spiegelbildbetrachtung und Reflexionsgesetz*

- Spiegelbilder werden mit dem Konzept der Spiegelwelt eingeführt, nicht mit dem Reflexionsgesetz
- Spiegelbild als „Sehwelt“, nicht als „Tastwelt“

Wie wird die Brechung erklärt?

- Optische Hebung als Brechung konzeptualisiert, ohne Nutzen von Lichtstrahlen
- Tastweg und Sehweg sind proportional zueinander
- Hebungsconstante statt Brechzahl

Konzeption

Vorteile

Nachteile

Traditioneller Unterricht

Abbildungen sind schematisch
Handhabung
Kare Definition von Schatten
Orientierung an Lehrbüchern

Phänomenologische Optik

Was Licht ist, wird nicht thematisiert.
Modelllosigkeit
Sehwelt / Tastwelt sind trennscharf.
Intuitive Erklärungen (Brechung)

Lichtwege (Fermat-Prinzip)

Hohe Erklärkraft → nicht nur wie, sondern warum
Gute Abtrennung von Modell und Realität
konsequente Erklärung bis hin zur Oberstufe
(Quantenphysik)

Modellcharakter wird nicht deutlich.
Bedeutung des Modells bleibt unklar
Beobachter wird nicht thematisiert.
Darstellungsform des Lichts
Geringes konzeptuelles Verständnis

Perspektivwechsel
Übergang zur späteren mathematischen Darstellung ist
größer

Zeitaufwand ist oft mit Lehrplan nicht vereinbar.

Hohe Abstraktion

Verständnisschwierigkeiten → Woher kennt das Licht den
kürzesten Weg?

Konzeption	Darstellung von Licht/ Lichtwegen	Schatten	Farben	Spiegelbild und Reflexion/Streuung	Brechung	Linsen und Bildentstehung	Fokussierung der Themen	Zielsetzung
Traditioneller Unterricht	<p>Lichtstrahlen</p> <ul style="list-style-type: none"> geradlinig ohne Thematisierung des Modellcharakters und der Grenzen 	<p>Schriftweise Abstraktion der Darstellung der Lichtausbreitung:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Lichtbündel mit angedeuteter Ausbreitungsrichtung b) Randstrahlen eines Lichtbündels c) Lichtstrahl 	<p>Erklärung durch Lichtstrahlen</p>	<ul style="list-style-type: none"> Zerlegung von weißem Licht Zusammenführung zu weißem Licht Weißes Licht oft gelb dargestellt Ohne Wellencharakter angelegt in der geometrischen Optik Ohne Wellencharakter 	<ul style="list-style-type: none"> Diffuse Reflexion Anwendung: Regelmäßige Reflexion 	<ul style="list-style-type: none"> Totalreflexion Konstruktion von gebrochenen Lichtstrahlen 	<ul style="list-style-type: none"> Linseneigleichung Lichtbrechung an Medien Berechnung von Abbildungsgrößen Linsenabbildungen Schattenarten 	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Reihenfolge analog zu Fachbüchern Lichtstrahlemodell Geometrische Konstruktionen
Phänomenologische Optik	<p>Keine Lichtstrahlen, Lichtwege in Form von Schattengrenzen „Helle sehen kann“ keine Modellbildung, was leicht ist</p> <ul style="list-style-type: none"> Lichtweg als Grenzen der Schatten Geradlinige Ausbreitung 	<p>Raumbereich, welcher von der Lichtquelle garnicht oder nur teilweise gesehen wird</p> <ul style="list-style-type: none"> Prinzip Anreise Hell- und Dunkelmuster 	<ul style="list-style-type: none"> Spiegelbilder werden mit dem Konzept der Spiegelwelt eingeführt, nicht mit dem Reflexionsgesetz Spiegelbild als „Scheinwelt“, nicht als „Tastwelt“ 	<ul style="list-style-type: none"> Spiegelung als Brechung konzeptualisiert, ohne Nutzen von Lichtstrahlen Testweg und Schwieg sind proportional zueinander Hebungskonstante statt Beobachtzahl 	<ul style="list-style-type: none"> Optische Hebung als Brechung konzeptualisiert, ohne Nutzen von Lichtstrahlen Hebung Schatten und Spiegelwelt Beobachtbare Phänomene 	<ul style="list-style-type: none"> Schwiegung Stereogrammmodell und Lochkamera Leuchtfleck-zu-Bildfleck-Abbildung Strahlgeometrische Konstruktion erst als letzten Schritt 	<ul style="list-style-type: none"> Subjektiv wahrgenommene Phänomene in objektive Systeme Verfolgung von Lichtwegen vom Lichtsender bis in das Auge des Empfängers 	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Reihenfolge analog zu Fachbüchern Lichtstrahlemodell Geometrische Konstruktionen
Lichtwege (Fermat-Prinzip)	<ul style="list-style-type: none"> Keine Lichtstrahlen, sondern Lichtwege 	<ul style="list-style-type: none"> Schattengrenzen als beweis der geradlinigen Ausbreitung 	<ul style="list-style-type: none"> Lichtweg ist kürzeste Verbindung zwischen Beobachter und Objekt über den Spiegel → gleich lang wie Blickweg, kurzeste Laufzeit 	<ul style="list-style-type: none"> breitet sich das Licht durch verschiedene Medien aus, muss seine Geschwindigkeit berücksichtigt werden 	<ul style="list-style-type: none"> Alle Wege zwischen Gegenstandspunkt und Bildpunkt haben gleiche optische Weglängen 	<ul style="list-style-type: none"> Reflexion Brechung Fermatprinzip 	<ul style="list-style-type: none"> Lichtwege mithilfe des Fermatschen Prinzips erklären 	