

Handout zur Seminarsitzung „Optik-Unterrichtskonzeptionen“:

Darstellungsformen von Licht

- Lichtstrahlen
- Lichtbündel und Lichtkegel
- Blickwege
- Lichtwege

Unterrichtskonzeptionen 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 in 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 Phänomenen Erkenntnisse zu gewinnen

Optik mit Lichtwegen (Fermat-Prinzip)

- **Zentrale Erklärung:**

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

- **Vorgehensweise:**

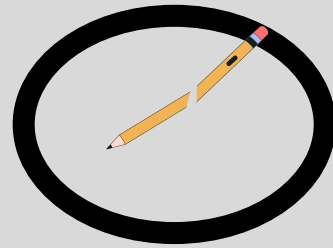
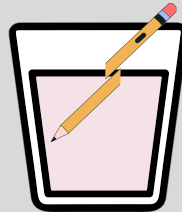
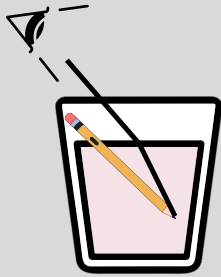
Zunächst wird die geradlinige Ausbreitung als "kürzester geometrischer Weg" eingeführt.

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



Lichtstrahlen

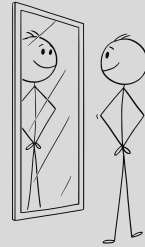
- geradlinig
- ohne Thematisierung des Modellcharakters und der Grenzen



Schatten

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

Reflexion



Ebener Spiegel

- Diffuse Reflexion
- Anwendung: Regelmäßige Reflexion

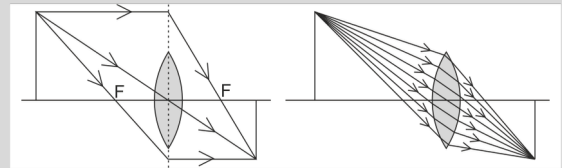
Lichtbrechung an Medien

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



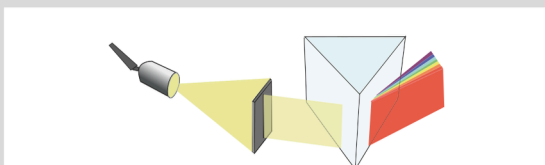
Strahlengeometrische Konstruktion

- Lichtstrahlen als Erklärung
- Reduktion der Lichtstrahlen



Farben

- Zerlegung von weißem Licht
- Zusammenführung zu weißem Licht
- Weißes Licht oft gelb dargestellt
- Ohne Wellencharakter
- angelegt in der geometrischen Optik
- Ohne Wellencharakter



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

Ziel

- Fachwissen
- Reihenfolge analog zu Fachbüchern
- Lichtstrahlenmodell

Sender-Strahlungs-Empfänger

Welches Ziel verfolgt die Konzeption?

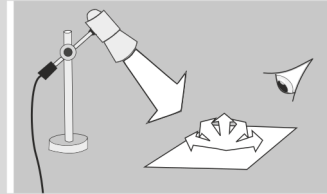
Subjektiv wahrgenommene Phänomene in objektive Systeme physikalischer Betrachtungsweisen überführen
Verfolgung von Lichtwegen vom Lichtsender bis in das Auge des Empfängers

Welche Themen stehen im Vordergrund?

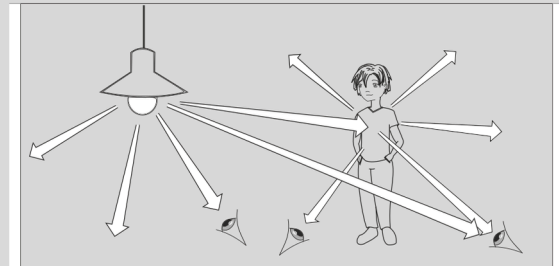
Sehvorgang
Streuung & Farben
Lochkamera
Leuchtfleck-zu-Blickfleck Abbildung
Strahlengeometrische Konstruktion erst als letzten Schritt

Rolle der Streuung von Licht

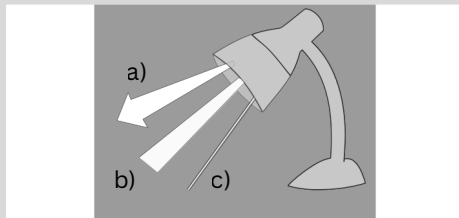
Streuung als gleichmäßige
Abstrahlung von Licht durch einen
Gegenstand in alle Richtungen
Unterscheidung von Reflexion:
Abstrahlung in eine bevorzugte
Richtung



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



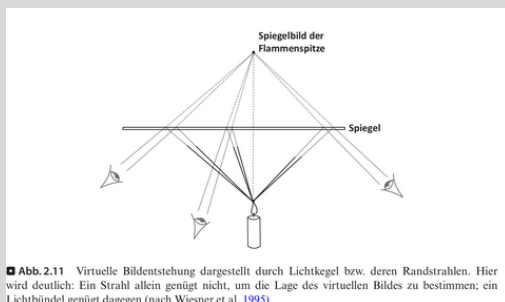
Wie wird Licht in der Konzeption bildlich dargestellt?



Schrittweise Abstraktion der Darstellung der Lichtausbreitung:

- a) Lichtbündel mit andeuteter 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

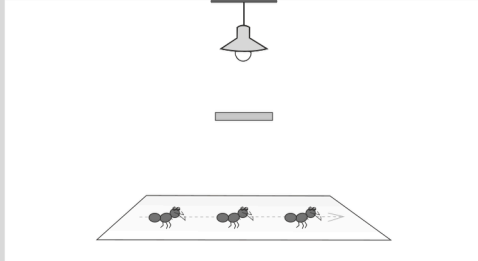
Wie könnte die Brechung dargestellt werden?



Phänomenologische Optik/ Lichtwege

Welches Ziel verfolgt die Konzeption?

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

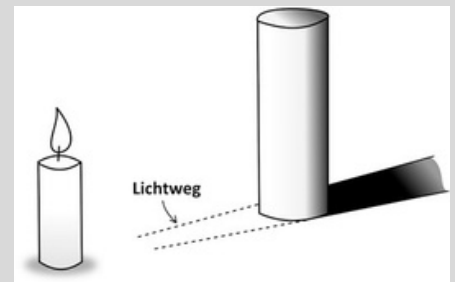


Welche Themen stehen im Vordergrund?

- 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
- Geradlinige 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
- Hebungskonstante statt Brechzahl

Konzeption	Vorteile	Nachteile
Traditioneller Unterricht	<p>Abbildungen sind schematisch</p> <p>Handhabung</p> <p>Klare Definition von Schatten</p> <p>Orientierung an Lehrbüchern</p>	<p>Modelcharakter wird nicht deutlich.</p> <p>Bedeutung des Modelles bleibt unklar</p> <p>Beobachter wird nicht thematisiert.</p> <p>Darstellungsform des Lichts</p> <p>Geringes konzeptuales Verständnis</p>
Sender-Strahlungs-Empfänger	<p>Beobachter wird thematisiert</p> <p>Rekonstruktion der Phänomene</p> <p>Zustandekommen der Phänomene</p> <p>Fehlvorstellungen werden vorgebeugt.</p>	<p>Perspektivwechsel</p>
Phänomenologische Optik	<p>Was Licht ist, wird nicht thematisiert.</p> <p>Modelllosigkeit</p> <p>Sehwelt / Tastwelt sind trennscharf.</p> <p>Intuitive Erklärungen (Brechung)</p>	<p>Perspektivwechsel</p> <p>Übergang zur späteren mathematischen Darstellung ist größer</p> <p>Zeitaufwand ist oft mit Lehrplan nicht vereinbar.</p>
Lichtwege (Fermat-Prinzip)	<p>Hohe Erklärkraft → nicht nur wie, sondern warum</p> <p>Gute Abtrennung von Modell und Realität</p> <p>Konsequente Erklärung bis hin zur Oberstufe (Quantenphysik)</p>	<p>Hohe Abstraktion</p> <p>Verständnisschwierigkeiten → Woher kennt das Licht den kürzesten Weg?</p>

Konzeption	Darstellung von Licht/ Lichtwegen	Schatten	Farben	Spiegelbild und Reflexion/Streuung	Brechung	Linzen und Bildentstehung	Fokussierung der Themen	Zielsetzung
Traditioneller Unterricht	Lichtstrahlen <ul style="list-style-type: none"> geradlinig ohne Thematisierung des Modellcharakters und der Grenzen 	<ul style="list-style-type: none"> Ohne Strahlengänge Betonung der Definitionen (Schlagschatten, Kernschatten, Übergangsschatten) Anwendung: Selbstschatten (Mondphasen) 	<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 Optisch dünn/dicht 	<ul style="list-style-type: none"> Linsergleichung Berechnung von Abbildungsgrößen Konstruktion von Linzenabbildungen Schattenarten Reflexionsgesetz 	<ul style="list-style-type: none"> Lichtbrechung an Medien Linzenabbildungen Schattenarten Reflexionsgesetz 	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Reihenfolge analog zu Fachbüchern Lichtstrahlenmodell Geometrische Konstruktionen
Sender-Strahlungs-Empfänger	<ul style="list-style-type: none"> Schrittweise Abstraktion der Darstellung der Lichtausbreitung: <ul style="list-style-type: none"> a) Lichtbündel mit angedeuteter Ausbreitungsrichtung b) Randstrahlen eines Lichtbündels c) Lichtstrahl 	<ul style="list-style-type: none"> Erklärung durch Lichtstrahlen 		<ul style="list-style-type: none"> 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 		<ul style="list-style-type: none"> Nicht die typische Konstruktion der verschiedenen Strahlen, da in dieser Darstellung der Beobachter fehlt Leuchtfleck zu Bildfleck Linzen für die Bündelung von Lichtkegeln 	<ul style="list-style-type: none"> Sehwegang Streuung Kugelaugenmodell und Lochkamera Leuchtfleck-zu-Bildfleck-Abbildung Strahlengeometrische Konstruktion erst als letzten Schritt 	<ul style="list-style-type: none"> Subjektiv wahrgenommene Phänomene in objektive Systeme physikalischer Betrachtungsweise überführen Verfölgung von Lichtwegen vom Lichtsender bis in das Auge des Empfängers
Phänomenologische Optik	<ul style="list-style-type: none"> Keine Lichtstrahlen, Lichtwege in Form von Schattenengenzen „Hell ist es, von wo aus ich Helles sehen kann“ keine Modellbildung, was Licht ist Lichtweg als Grenzen der Schatten Geradlinige Ausbreitung 	<ul style="list-style-type: none"> Raumbereich, welcher von der Lichtquelle gar nicht oder nur teilweise gesehen wird 		<ul style="list-style-type: none"> Spiegelbilder werden mit dem Konzept der Spiegelwelt eingeführt, nicht mit dem Reflexionsgesetz Spiegelbild als „Sehwelt“, nicht als „Tastwelt“ 	<ul style="list-style-type: none"> Optische Hebung als Brechung konzeptualisiert, ohne Nutzen von Lichtstrahlen Tastweg und Sehweg sind proportional zueinander Hebungskonstante statt Brechzahl 		<ul style="list-style-type: none"> Hebung Schatten und Spiegelwelt Beobachtbare Phänomene 	<ul style="list-style-type: none"> Lichtweg erfahrbar und beobachtbar einführen „vorrteilsfreie“ Beschreibung von sehbaren Phänomenen Prinzip Amese
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. 	<ul style="list-style-type: none"> breitet sich das Licht durch verschiedene Medien aus, muss seine Geschwindigkeit berücksichtig werden kürzeste Laufzeit 	<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