

Zugänge zur geometrischen Optik

1. Motivation

- Optik ist zentraler Bestandteil des KLP
 - Inhaltsfeld 4 „Licht“ & Inhaltsfeld 5 „optische Instrumente“
 - Inhaltliche Schwerpunkte: Ausbreitung von Licht, Sichtbarkeit und die Erscheinung von Gegenständen, Spiegelungen, Lichtbrechung, Licht und Farben
- Es gibt bei Schüler*innen viele Fehlvorstellungen im Bereich der Optik
 - z.B.: „Die Sammellinse dreht das Bild, deshalb steht es auf dem Kopf“
 - SuS nehmen an, dass die Mitte der Linse die Richtungsänderung verursacht
 - Richtig wäre die Konstruktion mithilfe der optischen Achse, des Mittelpunktstrahls und dem Parallelstrahl, welcher zum Brennpunktstrahl wird

2. Zugänge

2.1 Traditioneller Physikunterricht

- Ziel: Konstruktion von Bildern mit Algorithmen
- Es gibt nicht „den“ traditionellen Unterricht
- In Sek 1 beschränkt auf geometrische Optik
- Ausbreitung des Lichtes und der Lichtgeschwindigkeit
 - Im Vordergrund steht die Lichtausbreitung
 - Zentrale fachliche Grundidee: allseitige, geradlinige Ausbreitung → Darstellungsform Lichtstrahlen
 - Nicht thematisiert: systematische Betrachtung der zugrundeliegenden Vorgänge
- Strahlengeometrische Konstruktionen
 - Stellt den Schwerpunkt dar
 - Lichtstrahlen werden zur Betrachtung und Erklärung aller Teilthemen verwendet
 - Strahlenmodell ist eine Reduktion → Fokus auf ausgewählte Strahlen (Brennpunkt-, Mittelpunkt- und Parallelstrahl)
 - Selten wird die Rolle der Beobachter*innen thematisiert
- Spiegelung und Reflexion
 - Einführung des Reflexionsgesetzes und virtueller Bilder am ebenen Spiegel
 - Eine Herausforderung stellt die Verwendung von Alltagswendungen dar, da diese nicht richtig verstanden bzw. angewendet werden.
- Körperfarben und geometrische Optik
 - Farbphänomene sind nicht in allen Lehrplänen ein fester Bestandteil
 - Herausforderung: fehlende Grundlagen in der Wellenlehre

- Zerlegung von weißem Licht wird oft als Grundlage genommen
- Trennung zwischen weißem Licht und gelber Darstellung notwendig
- Additive und subtraktive Farbmischung

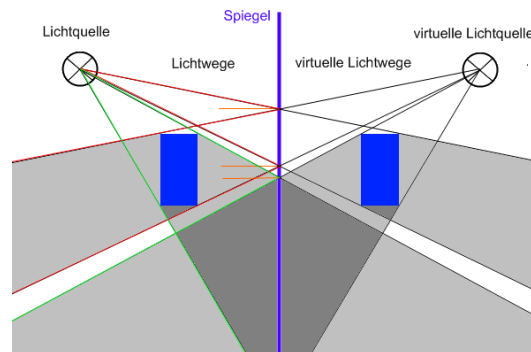
2.2 Sender-Strahlungs-Empfänger-Konzeption

- Ziel: „Optische Phänomene in das objektive System physikalischer Betrachtungsweisen einordnen und erklären“
- Die Grundidee
 - Einführung des Konzeptes → Verknüpfung aller weiteren Teilthemen mit diesem Bereich
- Ausbreitung des Lichts
 - Physikalisches Verständnis des Sehvorgangs
 - Lichteinfall = notwendige Voraussetzung für die visuelle Wahrnehmung
 - Kugelaugenmodell
 - Lochkamera
 - Strömungsverhalten wird kontinuierlich thematisiert
 - Lichtquellen werden als Primäre (Selbstsender) und sekundäre (Zwischensender) Lichtquellen unterschieden
- Beschreibung der Interaktion von Licht und Materie durch Streuung
 - Fokus: Sehvorgang bei Zwischensendern
 - Streuung: Licht tritt auf Gegenstandsoberfläche und wird in alle möglichen Richtungen abgestrahlt
 - Reflexion ist ein Spezialfall der Streuung
 - Vorteil am Begriff „Streuung“: teilweise Wiederabstrahlung von Licht wird direkt mit eingeführt
- Farberscheinungen
 - Fokus: Spektrale Zusammensetzung von Licht
 - Abfolge der Themen:
 - Farbige Licht kann zu neuen Lichtfarben gemischt werden
 - Zerlegung von weißem Licht
 - Nachweisexperiment für weißes Licht
- Lichtausbreitung durch Lichtbündel
 - Verschiedene Darstellungsformen von Lichtstrahlen
 - Beobachtbarer Lichtkegel ((kegelförmig auseinanderlaufende Pfeile)
 - Lichtbündel (Darstellung durch Randstrahlen)
 - Modell des Lichtstrahls
- Leuchtfleck-zu-Bildfleck-Abbildungsschema
 - Gegenstand = Vielzahl diskreter Leuchtflecke
 - Lichtbündel werden abgestrahlt
 - Abbildungsvorgang: jeder Leuchtfleck hat einen eindeutig zuordbaren Bildfleck
 - Erweiterung über die Lochkamera (mithilfe der Sammellinse)

- Virtuelle Bilder
 - Abbildungen mit Ebenen Spiegeln
 - Spiegelbilder von asymmetrischen Gegenständen
 - Erkenntnis: Auge kann den vorherigen Verlauf des Lichtweges nicht konstruieren

2.3 Verzicht auf Modelle/ phänomenologische Optik

- Ziel: „Erkenntnisse durch unmittelbare Beobachtung von optischen Phänomenen entwickeln“
- Grundlegende Idee und Herangehensweise
 - 3-teilige Konzeption (Anfangsoptikunterricht mit phänomenologischem Zugang, Fermatprinzip, Zeigerformalismus)
 - Keine frühe Modellbildung
- Licht und Schatten
 - Einstieg über Dunkelheit und Ruhe
 - Bewusstsein dafür, dass Umwelt über visuelle Reize wahrgenommen werden
 - Gefühl des Verlust der räumlichen Wahrnehmung
 - Prinzip Ameise
- Die Spiegelwelt (Fotos einfügen)



- Die optische Hebung
 - Aus traditionellem Unterricht als Brechung bekannt
 - Ohne Hilfe von Lichtstrahlen wird sie als optische Hebung konzeptualisiert
- Linsen
 - Grobe Thematisierung
 - Schusterkugel

2.4 Optik mit Lichtwegen

- Ziel: „Beobachtete Lichtwege mit dem Fermatprinzip erklären“
- Grundidee
 - Für Jahrgangsstufe 7-10 konzipiert
 - Baut auf phänomenologischer Optik auf

- Die Erklärung, was Licht ist, bleibt aus → es wird nur vom Lichtweg gesprochen
- Fokus: Fermatprinzip
- Geradlinige Ausbreitung
 - Konzeption baut auf Erfahrungen mit Schattengrenzen aus dem Anfangsunterricht auf
 - Zentrale Idee: Ausbreitung des Lichts soll als geradlinig beschrieben werden
 - Das Licht breitet sich längs des kürzesten Weges zwischen zwei Punkten aus
- Reflexion
 - Einführung des Fermatprinzips
 - Aufbauend: Abbildungsprozess am Ebenen Spiegel
- Brechung
 - Von „optischer Hebung“ zur „Brechung“
 - Herausarbeitung der Grenzfläche zwischen Luft und Wasser
 - Der Sehweg wird über einen materialspezifischen Faktor im Vergleich zum Tastweg verkürzt
 - Problem im Bezug auf das eingeführte Fermatprinzip: Sehweg \neq kürzester Weg
 - Erweiterung des Fermatprinzips: Breitet sich das Licht durch verschiedene Medien aus, muss seine Geschwindigkeit berücksichtigt werden. Das Licht breitet sich längs des Weges mit der kürzesten Laufzeit aus
 - Zwei Lichtwege haben dann die gleiche „optische Weglänge“, wenn das Licht auf diesem Lichtweg gleich lang braucht
- Optische Abbildung
 - Weglängen der optischen Lichtwege werden vom Objekt durch abbildenden optischen Bauteil bis zum Beobachter hin betrachtet
 - Viele Lichtwege weisen die gleiche optische Wellenlänge auf

3. Vergleich der Zugänge

	Traditioneller Physikunterricht	Sender-Strahlungs-Empfänger-Konzeption	Verzicht auf Modelle	Optik mit Lichtwegen
Behandlung des Spiegels	Anhand des Reflexionsgesetzes	Genaue Betrachtung der Eigenschaften des Spiegelbildes	Prinzip Ameise und Merkmale der Spiegelwelt	Anhand des Fermatprinzips
Reflexionsgesetz	Zentrale Stellung beim Spiegel für die Erklärung virtueller Bilder	Bildort wird durch Reflexion von Lichtbündeln konstruiert; Reflexionsgesetz erst im Anschluss	Zentral sind Aussagen über die Spiegelwelt	Lichtweg zwischen Kerze und Beobachter als kürzestmöglicher Lichtweg über den Spiegel
Behandlung der Brechung	Lichtstrahlen werden gebrochen	Lichtstrahlen werden gebrochen	Optische Hebung von Gegenständen	Der Lichtweg mit kürzester optischer Weglänge ist geknickt
Bildentstehung an Linse	Bildkonstruktionen mit ausgezeichneten Strahlen	Leuchtfleck-zu-Bildfleck-Abbildungsschema	Betrachtung der Schusterkugel	Fermatprinzip: alle Wege zwischen Gegenstandspunkt und Bildpunkt haben gleiche optische Weglänge

	Traditioneller Physikunterricht	Sender-Strahlungs-Empfänger-Konzeption	Verzicht auf Modelle	Optik mit Lichtwegen
Vorwissen	Lichtquellen	Licht aus Alltagserfahrung	Alltagsbeobachtungen Subjektive und individuelle Erfahrungen	Konzept: Blickweg/ Blickrichtung Schattengrenzen
Zweiter Themenunterpunkt	Allseitige und geradlinige Ausbreitung von Licht	Ausbreitung von Licht	Räumliche Wahrnehmung	Fermatprinzip
Fokus	Lichtstrahlen und dessen Ausbreitung und Interaktion mit Medien	Sender-Strahlungs-Empfänger-Konzept	Das Sehen der Dinge; „Prinzip Ameise“	Fermatprinzip (phänomenologische Optik)
Mögliche Anschlusspunkte	Aufarbeitung fehlender Grundlagen der Wellenlehre Farbphänomene	/	Abbildungen Konkav-Linsen 3. Spiegelgesetz	/
Zentrale Verstehenselemente	Lichtquellen, Ausbreitung, Schatten, Lichtstrahlen, Reflexion, virtuelle Bilder, Lichtbrechung, Konstruktionsstrahlen	Konzept, Ausbreitung, Interaktion, Leuchtfleck-zu-Bildfleck-Abbildungsschema, Streuung	Dunkelheit, Räumliche Wahrnehmung, Kontraste, Optische Hebung, Subjektive Wahrnehmungen	Geradlinige Ausbreitung, Fermatprinzip, Tast- und Spiegelwelt, Optische Weglänge, Optische Hebung
Zentrale Repräsentationsformen	Gesetze, Bild, Modelle, Sprache, „Formel“, Darstellungen	Modelle, Bild, Sprache, Darstellungen, Konzepte	Experimente, Beobachtungen, subjektive Wahrnehmungen	Konzepte, Bild, Darstellungen, Mathematische Darstellung
Nicht behandelte Elemente	Systematische Betrachtung zugrundeliegender Vorgänge	(optische Hebung)	Keine Modelle & hypothetischen bzw. prinzipiell nicht beobachtbaren Größen zur Begründung optischer Sachverhalte	Systematische Betrachtung zugrundeliegender Vorgänge

4. Diskussion

- Traditioneller Unterricht
 - SuS weisen Defizite in den folgenden Bereichen auf: Aufgaben zum Sehvorgang, Strahlung, Punkt-zu-Punkt-Abbildungsschema, Dispersion am Prisma, geometrische Konstruktionsaufgaben
- Sender-Strahlungs-Empfänger-Konzeption
 - Studien vergleichen Leistungen von SuS
 - Schlechteste Versuchsklasse (Unterricht nach Sender-Strahlungs-Empfänger-Konzeption unterrichtet) ist besser als die beste Kontrollklasse
 - SuS aus Versuchsklasse werten in den Teilbereichen Streuung und Sehvorgang sowie in den Konstruktionsaufgaben überlegen
 - Ähnliche Ergebnisse in Deutschland und Österreich
- Verzicht auf Modelle
 - Keine empirischen Ergebnisse vorhanden
- Optik mit Lichtwegen
 - Richtige empirische Ergebnisse zum konzeptuellen Verständnis durch Instruktionen mit dem Konzept liegen noch nicht vor