

O6 Einfache optische Abbildungen

Hinweis: Dieser Versuch ist Teil des Projekts WARP-P. Sie arbeiten im Praktikum mit dieser Versuchsanleitung und einer Lernumgebung auf einem Tablet. Den Link dazu finden Sie weiter unten am Anfang des ersten Versuchsteils, zusätzlich liegt er zum Scannen als QR-Code am Praktikumsplatz aus.

Geben Sie nach Beitritt zur Lernumgebung als Namen Ihre Gruppennummer (z.B. *Gruppe 1*) an. Bearbeiten Sie immer zuerst die Lernumgebung und erst nach Anweisung die Experimente, die in dieser Anleitung beschrieben sind!

Physikdidaktische Literatur

- 1) Wiesner, H., Engelhardt, P., & Herdt, D. (1993). Die Bildentstehung bei der Lochkamera. In G. Born & H. Harreis (Hrsg.), *Unterricht Physik: Band 1: Optik I. Lichtquellen, Reflexion* (S. 26–29). Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- 2) Winkelmann, J. (2019). Idealisierungen und Modelle im Physikunterricht. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.

Physikalisches Thema

- Optische Abbildungen durch kleine Öffnungen, Funktionsprinzip einer Lochkamera
- Optische Abbildungen durch Sammellinsen, Abbildungsfehler

Physikdidaktisches Thema

Lichtstrahlmodell der geometrischen Optik:

- Erläutern Sie das in der geometrischen Optik verwendete Modell der strahlenoptischen Beschreibung des Lichts und beantworten folgende Fragestellungen:
 1. Welche Beobachtungen in der Natur oder im Experiment sind für das Modellelement *Lichtstrahl* grundlegend?
 2. Welche *Idealisierungen* werden dabei vorgenommen? (Welche Aspekte des Phänomens Licht kommen nicht zur Darstellung?)
 3. Welche *Gültigkeitsgrenzen* bei der strahlenoptischen Konstruktion optischer Abbildungen gibt es?

Sammellinsen:

Fassen Sie die unten vorgeschlagenen Lernziele zur Sammellinse zu Unterrichtseinheiten zusammen:

- Welche Lernziele würden Sie besonders herausheben?
- Welche Ergänzungen bzw. Abänderungen legen sich Ihnen nahe?

Die Lernenden ...

... erkennen, dass die Sammellinse das von einem Leuchtpunkt ausgehende divergente Lichtbündel

- konvergent macht, falls gilt $g > f$,
- parallel macht, falls gilt $g = f$, und
- schwächer divergent macht, falls gilt $g < f$.

... wissen, dass eine Sammellinse ein Bild eines Gegenstandes erzeugen kann, das als reelles oder als virtuelles Bild vorliegen kann.

... wissen für die (reelle) Abbildung durch Sammellinsen, dass bei gegebener Brennweite einer bestimmten Gegenstandsweite (und Gegenstandsgröße) eine ganz bestimmte Bildweite (und Bildgröße) zugeordnet ist.

... kennen die folgenden qualitativen Zusammenhänge zwischen den Abbildungsgrößen bei einer reellen Abbildung (f und G konstant): Eine größere Gegenstandsweite entspricht einer kleineren Bildweite und einer kleineren Bildgröße.

... wissen, dass die bei der Lupe zu beobachtenden Bilder aufrecht, seitenrichtig und vergrößert auf der Gegenstandsseite entstehen und nicht auf einem Schirm aufgefangen werden können, d.h. *virtuell* sind.

Anleitung für AR-Experimente:

- Nach dem Scannen eines entsprechenden QR-Codes wird das 3D-Modell in der App „GeoGebra 3D Rechner“ auf dem mobilen Gerät (Tablet oder Smartphone) geöffnet.
- Tippen Sie dort unten rechts auf die AR-Taste, um die Kameraansicht zu aktivieren. Das Gerät wird dann durch Schwenken und Bewegen versuchen, eine Oberfläche (z.B. einen Tisch oder eine Unterlage) zu erkennen. Lassen Sie sich hierbei reichlich Zeit – je länger Sie das Gerät schwenken und die Perspektive verändern, desto genauer wird die Erkennung sein.



Abb. 1: App-Symbol "GeoGebra 3D Rechner"

Achten Sie dabei vor allem darauf, dass die erkannte Ebene wirklich auf der Oberfläche liegt und nicht in der Luft schwebt!

- Platzieren Sie das 3D-Modell auf der erkannten Oberfläche und richten Sie es an der Halbkreisscheibe im realen Experiment aus. Dazu können Sie es mit zwei Fingern größer oder kleiner ziehen, verschieben oder drehen.
- Wenn die Linien zu dick sind, können Sie über den Zahnrad-Button oben rechts in den Grafikeinstellungen die *Stärke* der Linien verändern. Zudem lässt sich dort auch das Modell im AR-Modus zurücksetzen, um die Oberfläche neu zu erkennen.
- Bei auftretenden Schwierigkeiten oder wenn das Modell nicht mehr richtig reagiert, starten Sie die App über die Kamera durch Scannen des QR-Codes neu.

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Lernumgebung:

- <https://www.geogebra.org/classroom/n8pmg6vj>

Teil 1: Abbildungseigenschaften der Lochkamera

Zur Vorbereitung: Informieren Sie sich anhand des Artikels zur Bildentstehung bei der Lochkamera.

Hinweis zum Protokoll: Beschreiben Sie, was beim Bau zu beachten ist, um eine demonstrationstaugliche Lochkamera zu erhalten (Abbildung 1).

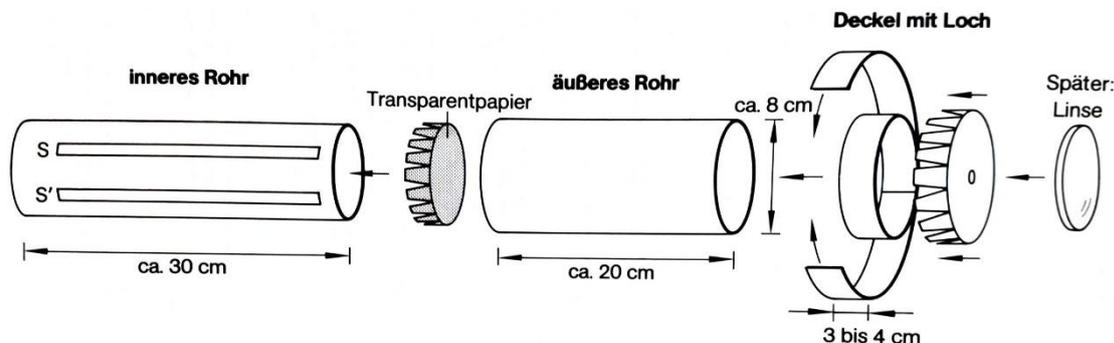


Abb. 2: Anweisung zum Bau einer Lochkamera nach Wiesner

Material:

- Reuterlampe, Perleins, Irisblende, transparenter Schirm, Lineal, schwarze Pappe, Schere, Halterung für selbstgemachte Blenden

Aufbau und Durchführung:

- Verwenden Sie die mit der Reuterlampe durchleuchtete Perleins als zu betrachtenden Gegenstand.
- Bilden Sie den Gegenstand mithilfe der Irisblende auf den transparenten Schirm ab. Blicken Sie dabei in Richtung der Lichtquelle.

Versuchsteil 1a:

Wählen Sie eine Größe der Irisblende aus und behalten Sie diese in der Versuchsreihe bei. Messen Sie für die veränderten Gegenstands- und Bildweiten jeweils die Bildgröße auf dem Schirm:

- Halten Sie die Bildweite konstant. Verändern Sie die Gegenstandsweite. Wie verändert sich das Bild? Achten Sie auf Orientierung, Schärfe und die Größe des Bildes. Halten Sie die Ergebnisse Ihrer vergleichenden Beobachtung mit Smartphone-Fotos und in Worten fest. Formulieren Sie, wo Sie es für angebracht halten „Je-desto-Sätze“: Je größer die Gegenstandsweite, desto ...
- Halten Sie die Gegenstandsweite konstant. Verändern Sie die Bildweite. Achten Sie wiederum auf Orientierung, Schärfe und die Größe des Bildes. Halten Sie analog zu 1) die Ergebnisse Ihrer vergleichenden Beobachtung in Bild und Worten fest.

Hinweis zum Protokoll: Vergleichen Sie Ihre Messwerte mit theoretischen Erwartungen aufgrund strahlenoptischer Modellierungen der Lochkameraabbildung und kommentieren Sie das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten von Abweichungen.

Versuchsteil 1b:

- Verwenden Sie bei fester Gegenstandsweite und fester Bildweite Lochblenden mit runden Blendenlöchern verschiedener Größe. Wie verändert sich das Bild des Gegenstandes auf dem Schirm der Lochkamera in Abhängigkeit vom Durchmesser des Blendenlochs? Achten Sie auf Orientierung, Größe und Schärfe des Bildes!

Versuchsteil 1c:

- Fertigen Sie Blendenöffnungen unterschiedlicher Form (quadratisch, dreieckig, ...) aber in etwa gleicher Querschnittsfläche an. Tauschen Sie für feste Gegenstandsweite und Bildweite die Blenden mit unterschiedlicher Lochform gegeneinander aus. Ermitteln Sie am Experiment, inwiefern die Blendenform einen Einfluss auf die Abbildung (Orientierung, Größe, Schärfe des Bildes) hat!
- Verkleinern Sie bei nicht runder Form des Blendenlochs die Bildweite. Beobachten Sie die Form des Bildes auf dem Schirm. Wie erklären Sie sich den Wechsel in der Form damit den Wechsel in der Abbildungsfunktion der Blende. Inwiefern decken sich Ihre Ergebnisse mit Ihren theoretischen Erwartungen?

Teil 2: Optische Abbildungen mit Sammellinsen

Zur Vorbereitung: Informieren Sie sich über Abbildungsfehler bei Linsenabbildungen. Was versteht man unter sphärischer oder chromatischer Aberration?

Material:

- Optische Bank mit Sammellinse und Schirm, Leuchtbuchstabe L

Versuchsaufbau und -durchführung:

- Im Experiment 2 wird auf der optischen Bank experimentiert, um einen leuchtenden Buchstaben L mit einer Sammellinse auf den Schirm abzubilden.
- Scannen Sie den nebenstehenden QR-Code, um das 3D-Modell der Sammellinse in der GeoGebra-App zu öffnen.
- Stellen Sie zunächst die Werte aus dem Aufbau für die Brennweite f und die Gegenstandsweite g im Modell ein.



Abb. 3: QR-Code zu AR-Experiment 2

- Platzieren Sie dieses auf der erkannten Oberfläche und richten Sie es an der optischen Bank im realen Experiment aus. Sie können dabei die gestrichelten schwarzen Linien im Modell für die Positionierung der modellierten Linse nutzen.
- Passen Sie mit dem Schieberegler h die Mitte der modellierten Linse (hellblauer Punkt) an die Mitte der echten Linse an.
- Stellen Sie mit den Schieberegler g_1 und g_2 die Gegenstandsgröße des Buchstaben L ein.
- Bewegen Sie den Schirm auf der optischen Bank hin und her und prüfen Sie, ob das scharfe Bild ungefähr dort entsteht, wo sich das modellierte Bild befindet.
- Vergleichen Sie die Bildgröße B mit der Größe der optischen Abbildung des Buchstaben L.

Hinweis zum Protokoll: Reflektieren Sie über die Verwendung des digitalen Mediums AR und vergleichen Sie die Durchführung des AR-Experiments mit der Bedienung des 3D-Modells in der Lernumgebung.

Teil 3: Tafeloptik

Material:

- Magnethafttafel, optische Elemente aus Maphys Tafeloptik: zwei gleiche plankonvexe Linsen, in verschiedene Glieder unterteiltes Sammellinsenmodell, Laser Ray Box, Vierstrahl-Leuchte, Folienstifte

Versuchsaufbau und -durchführung:

Seien Sie vorsichtig beim Anbringen und Abnehmen der Tafeloptikelemente. Die Linsenmodelle sind mit den Magnethaltern nicht fest verbunden. Daher muss man beim Auf- und besonders beim Abbau alle Teile gut festhalten!

- Zeichnen Sie an der Tafel eine optische Achse ein. Setzen Sie die beiden plankonvexen Linsen in der Mitte der Tafel zu einer Sammellinse zusammen. Dokumentieren Sie Ihre „optischen Tafelbilder“ durch Aufnahmen mit ihrem Smartphone!
 - 1) Bestimmen Sie mithilfe der Laser Ray Box die Brennweite der Linse und tragen Sie die Brennpunkte bzw. Brennebenen auf beiden Seiten der Linse ein. Können Sie den Abbildungsfehler der sphärischen Aberration feststellen?
 - 2) Wählen Sie einen Punkt in der Nähe der optischen Achse einen Punkt als Gegenstandspunkt bei einer Gegenstandsweite von etwa der doppelten Brennweite der Linse und markieren Sie ihn mit dem Folienstift.
 - 3) Stellen Sie das vom Gegenstandspunkt ausgehende Lichtbündel, das auf die Linse trifft, durch zwei „Begrenzungsstrahlen“ dar: Befestigen Sie dazu die Vierstrahl-Leuchte und richten Sie die ausgehenden „Lichtstrahlen“ so aus, dass sie sich im Gegenstandspunkt kreuzen und auf die Linse treffen. Skizzieren Sie den Verlauf der „Lichtstrahlen“ und den Bildpunkt auf der Magnethafttafel.
 - 4) Stellen Sie anschließend mit der Vierstrahl-Leuchte den Verlauf der sogenannten Konstruktionsstrahlen entlang der geometrischen Achse (Parallelstrahl, Brennpunktstrahl, Mittelpunktstrahl) dar.
 - a. Können Sie den Abbildungsfehler der chromatischen Aberration feststellen?
 - b. Messen Sie Bildgröße, Bildweite sowie Gegenstandsgröße und -weite. Stimmen Ihre Messergebnisse mit den Erwartungen aufgrund des Abbildungsgesetzes für dünne Linsen überein?

Hinweis zum Protokoll: Beschreiben Sie, inwiefern sich Maphys Tafeloptik Ihrer Ansicht nach für die quantitative Demonstration des Abbildungsgesetzes eignet. Gehen Sie auf Abbildungsfehler, Idealisierungen, sowie Unterschiede zwischen der Konstruktion auf dem Papier (Modell) und der realen optischen Abbildung ein.