

## Unterrichtskonzept zur Optik mit self-made Flüssigkeitslinsen

### Hürden und Probleme im einführenden Optikunterricht

Das Sehen ist eng an individuelle Erfahrungen gebunden und Sprechweisen zum Sehvorgang sind tief im alltäglichen Sprachgebrauch verankert: etwa, wenn wir davon sprechen, „einen Blick“ auf etwas zu „werfen“ (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2018, S. 91). Schülervorstellungen im Bereich der Optik, die darauf zurückzuführen sind, sind gut beforscht (vgl. Wiesner, 1986). Diese Schülervorstellungen haben wir deswegen genauso als Anlass und Ausgangspunkt für die Entwicklung eines neuen Unterrichtskonzepts zur Optik im Anfangsunterricht Physik genommen, wie die umfassend untersuchten Schülervorstellungen zur Linsenabbildung oder die häufige Überbetonung quasimechanischer Lichtmodelle im Optikunterricht:

- *Dominanz quasimechanischer Lichtmodelle:* Lernende deuten optische Erscheinungen primär aus ihrer Erfahrung des Tastens heraus, auch, da im gängigen Optikunterricht mechanische Analogien dominieren (Grebe-Ellis, 2006). Insbesondere wird der Modellcharakter von *Lichtstrahlen* nicht offensichtlich (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020).
- *Schülervorstellungen zum Sehvorgang:* Lernende denken, das Auge sende beim Sehen *aktiv* etwas aus, das die Umgebung abtastet. Licht sei lediglich zur Beleuchtung eines betrachteten Objekts notwendig, müsse jedoch nicht zwingend weiter ins Auge gelangen. (Wiesner, 1986).
- *Schülervorstellungen zur Linsenabbildung:* Lernende bemerken, dass im reellen Bild der Sammellinse *oben* und *unten* vertauscht wird; der Wechsel der rechten und linken Bildhälfte bleibt häufig jedoch unklar (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2018). Lernende stellen sich vor, dass Bilder als Ganzes durch die Sammellinse wandern. Dementsprechend wird oft gedacht, dass eine Blende das Bild am Schirm verkleinern oder beschneiden müsse (Wiesner, 1994).

### Anforderungen an ein neues Unterrichtskonzept

Um die oben beschriebenen Hürden im Optikunterricht in einem neuen Unterrichtskonzept zu adressieren, haben wir drei Design-Kriterien für das neue Curriculum formuliert. Alle Design-Kriterien werden im Folgenden dargelegt.

- *Design-Kriterium 1: Optische Erscheinungen sollen weitgehend ohne Zuhilfenahme quasimechanischer Lichtmodelle beschrieben werden.* Hierfür beziehen wir uns auf die *Optik der Bilder* (Maier, 1986). Dabei handelt es sich um ein Konzept der phänomenologischen Optik. Für die *Optik der Bilder* sind kurze Versuche charakteristisch, die die *Eingebundenheit* des Beobachters betonen: Wechselt dieser seinen Ort, ändern sich die Bedingungen des optischen Phänomens. So beobachtet man etwa für einen flacheren Blick auf eine Wasseroberfläche eine stärkere Hebung des Grundes. Optische und haptische Wahrnehmung sollen klar voneinander unterschieden und erst anschließend wieder zueinander in Beziehung gesetzt werden (Grebe-Ellis, 2006). Dies gilt insbesondere dann, wenn der tatsächliche Ort eines Objektes und der Ort seines Bildes voneinander abweichen.

- *Design-Kriterium 2: Konsequente Thematisierung des Sehvorgangs.* Gemäß dem Sender-Empfänger-Streukonzept wird der Sehvorgang zum Ausgangsthema des Optikunterrichts erhoben. Dieses wird im weiteren Unterricht konsequent angewendet und mithilfe einer piktografischen Darstellung (s. Abb. 1) expliziert: Ein *selbstleuchtender Sender* gibt Licht in alle Raumrichtungen ab. Ein Teil gelangt zum *mithellenden Sender*, an dem das Licht nach allen Seiten gestreut wird, also auch in Richtung des *Empfängers* Auge (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020).

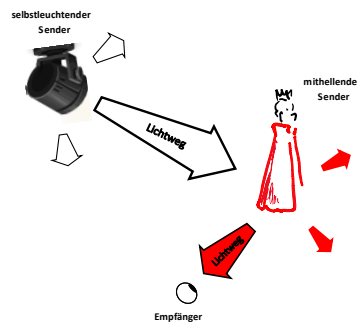
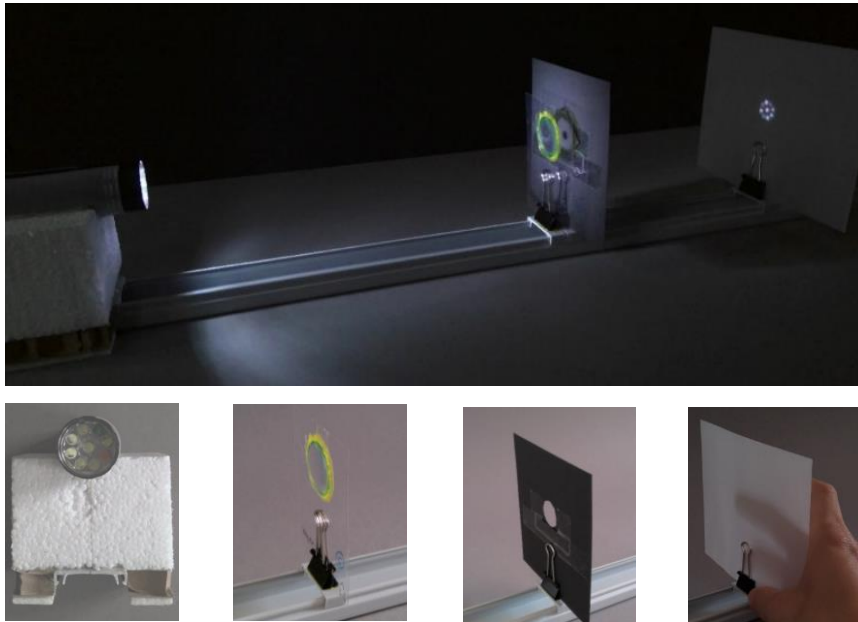


Abb. 1: Graphische Darstellung zum Sender-Empfänger-Streukonzept.

- *Design-Kriterium 3: Schülervorstellungen zur Linsenabbildung soll präventiv begegnet werden.* Im Zentrum des Konzepts steht der Einsatz von Flüssigkeitslinsen in verschiedenen Schülerexperimenten. Die Linsen und ein Inventar optischer Komponenten (s. Abb. 2) werden mit Anleitung von den Lernenden selbst hergestellt: Auf einem Kabelkanal als Schiene können die einzelnen Reiter frei bewegt werden (vgl. Dvořák, 2011). Für die Reiter werden aus der Decke des Kanals schmale Segmente geschnitten und eine Foldback-Klammer aufgeklebt. Die plankonvexe Flüssigkeitslinse wird von den Lernenden aus Plastikfolie und der gekrümmten Fläche einer PET-Flasche gefertigt und mit einer beliebigen Flüssigkeit befüllt (vgl. Gore, 2012).

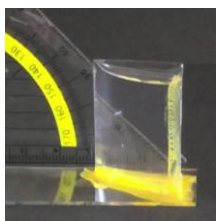
### **Erlanger Unterrichtskonzept zur Optik mit self-made Flüssigkeitslinsen**

Das neue Unterrichtskonzept kann in fünf Doppelstunden unterrichtet werden und ist für den Anfangsunterricht Physik entwickelt worden. Die Schülerinnen und Schüler unterscheiden in den ersten Unterrichtsstunden zunächst reine *Sehdinge* (z.B. Spiegelbilder) von reinen *Tastdingen* (z.B. Ertasten eines rauen Schals) und trennen somit gedanklich beide Wahrnehmungsformen voneinander. Im Anschluss wird das Sender-Empfänger-Streukonzept eingeführt und durch zahlreiche Selbstversuche im Sinn der *Optik der Bilder* angereichert. „Lauschendes Wahrnehmen“ (von Mackensen, 1992), also das umgebungsoffene *Empfangen* von Bildern, betont die Passivität der dem Sehsinn zugrundeliegenden reellen Abbildung des Linsensystems Auge und soll dazu beitragen, dass die Schülervorstellung des *aktiven Auges* umgangen wird. Das Sehen bedarf dabei einer geraden Sichtverbindung zum betrachteten Objekt. Diese Geradlinigkeit der Lichtwege wird in den folgenden Unterrichtsstunden eingeschränkt: Lichtwege erfahren an der Grenzfläche zwischen zwei durchsichtigen Medien eine Richtungsänderung. In Bildern gedacht, entspricht dies einer Verschiebung des Bildortes gegenüber dem tatsächlichen Ort und wird als Hebung bezeichnet. In der Folge wird mithilfe eines Wasserprismas, das immerzu ein gehobenes, also verschobenes Bild der Umgebung zeigt (s. Abb. 4), in einer Versuchsreihe Schritt für Schritt zum vergrößerten Bild der

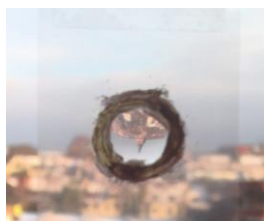


*Abb. 2: Das optische Inventar, das die Lernenden im Rahmen des Unterrichtskonzepts selbst herstellen: 9-LED-Lampe auf Reiter, Flüssigkeitslinse, Blende, transparenter Schirm. Auf diese Weise kann sowohl im Unterricht im Schülerexperiment als auch zu Hause experimentiert werden.*

Flüssigkeitslinse übergeleitet (vgl. von Mackensen, 1992, S. 122ff.). Die Lernenden untersuchen dann zunächst jene Bilder, die ihre selbstgebastelten Flüssigkeitslinsen beim Durchblick zeigen (s. Abb. 5) und erkunden im Anschluss die reelle Abbildung eigenständig mithilfe des self-made Inventars (s. Abb. 2). Abschließend wird der Sehvorgang vom Beginn der Sequenz aufgegriffen: Mithilfe einer Wasserlinse, die in ihrer Krümmung stufenlos variiert werden kann (s. Abb. 6), erhält man ein Modell des Auges (vgl. Uchida, 2019). Die Lernenden vergleichen abschließend die Akkommodation ihrer eigenen Augen mit der im Modell und identifizieren die Linsenabbildung als das Prinzip, das dem Sehen zugrunde liegt.



*Abb. 4: Wasserprisma*



*Abb. 5: Wasserlinse.*



*Abb. 6: Self-made Linse mit variablem Krümmungsradius.*

### **Ausblick**

Eine Akzeptanzbefragung mit einzelnen Lernenden im Rahmen einer Laborstudie ist in Planung. Dabei werden die Kernideen des Konzepts mit einzelnen Schülerinnen und Schülern behandelt, um das Unterrichtskonzept auf Grundlage der Ergebnisse zu optimieren. Langfristig ist eine umfassende Evaluation des Konzepts im Feld geplant.

## **Literatur**

- Dvořák, L. (2011). A do-it-yourself optical bench. *The Physics Teacher*, 49, 452.
- Gore, G. R. (2012). Another way to experiment with images formed by lenses. *The Physics Teacher*, 50, 314.
- Grebe-Ellis, J. (2006). Phänomenologische Optik: eine „Optik der Bilder“. Teil 2: Polarisation sehen. *chimica didactica*, 32(97), 137-182.
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur geometrischen Optik. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Eds.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Berlin: Springer Spektrum. 89-114
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research*, 16, 1-24.
- Mackensen, M. v. (1992). *Klang, Helligkeit, Wärme*. Pädagogische Forschungsstelle Kassel.
- Maier, G. (1986). *Optik der Bilder*. Verlag der Kooperative Dürna.
- Uchida, S. (2019). A Variable Focal Length Lens Made from a Food Preservation Lid. *The Physics Teacher*, 57, 173-175.
- Wiesner, H. (1986). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten im Bereich der Optik. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 34(13), 25-29.
- Wiesner, H. (1994). Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 5(22), 7-15.