



Daniel Gysin und Dorothee Brovelli

NT: Physik

Optische Phänomene – untersuchen, analysieren, modellieren



zvg



stock.adobe.com

Beamer gehören heute in vielen Schulzimmern zur Ausstattung und auch privat wird der Beamer als Ersatz für den Fernsehbildschirm von vielen Personen genutzt.

Im Lehrplan 21 spielen technische Geräte und ihre Funktionen eine bedeutende Rolle. Grund genug also, sich beim Thema Optik näher mit den in Beamern eingesetzten optischen Linsen zu beschäftigen und einen einfachen, aber funktionsfähigen Beamer für das eigene Smartphone zu bauen.

Der im folgenden Aufgabenset gewählte Kontext eines im (Schul-)Alltag oft eingesetzten technischen Geräts bietet eine ideale Lerngelegenheit, Abbildungen mit optischen Linsen zu untersuchen und zu verstehen.

Die daraus erlernten physikalischen Gesetzmässigkeiten können wiederum auf ähnliche technische Geräte wie die «Virtual Reality»-Brille oder auf die Linse im menschlichen Auge bezogen werden.

Situierung der Lehrplankompetenzen

Mehrjahresplanung NT im 3. Zyklus

Die vorliegende Unterrichtsreihe zum Thema «Optische Phänomene – untersuchen, analysieren, modellieren» ist in der unten dargestellten Mehrjahresplanung (Abb. 1) für den 3. Zyklus im Fachbereich Natur und Technik in der Mitte des zweiten Schuljahres angesiedelt. Für das in den anschliessenden Abschnitten beschriebene Aufgabenset sind mindestens zehn Lektionen vorgesehen, während deren die Lernenden an folgenden Kompetenzen aus dem Lehrplan 21 arbeiten:

- » Die Schülerinnen und Schüler können Hören und Sehen analysieren. (NT.6.2)
- » Die Schülerinnen und Schüler können optische Phänomene untersuchen. (NT.6.3)

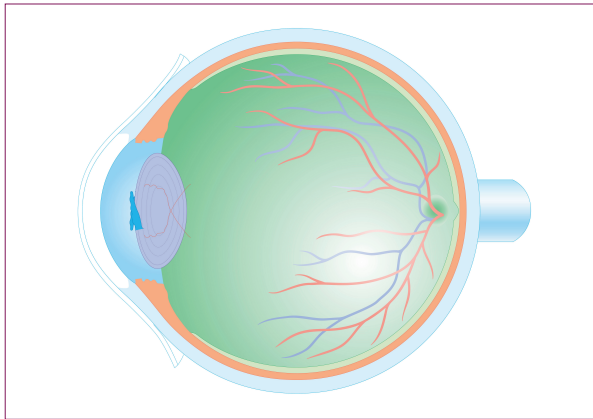
Um einen kontinuierlichen Kompetenzaufbau hinsichtlich der entsprechenden Kompetenz aus dem 2. Zyklus (NMG.4.3: Die Schülerinnen und Schüler können optische Phänomene erkennen und untersuchen) garantieren zu können, wird in diesem Beitrag ausschliesslich auf die Aspekte des «Sehens» eingegangen (vgl. Kompetenz NT.6.2). Als Verbindung zwischen den beiden Zyklen dient die letzte Teilkompetenz des 2. Zyklus (NMG.4.3g), deren Inhalte und Handlungsaspekte ebenfalls in die Überlegungen zu den Aufgabenstellungen des Aufgabensets mit einfließen.

Inhalte	Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen	Kompetenzen
1. Sekundarklasse		
Aquatische Ökologie	untersuchen, beurteilen	NT9.1/9.2
Stoffeigenschaften	vergleichen, ordnen, modellieren	NT2.11/2.12/1.1
Stoffnutzung	vergleichen, laborieren	NT2.2
Energienutzung	beschreiben, reflektieren	NT4.1/4.2
Elektrische Phänomene	untersuchen, anwenden	NT5.2
Körper und Kraft	erklären, übertragen	NT7.1/5.1
<i>Inhaltliche Erweiterungen</i>	<i>Handlungsaspekte vertiefen</i>	<i>individuell</i>
2. Sekundarklasse		
Stoffumwandlungen	erforschen, erklären	NT3.11/3.2
Zellen, Organe und Krankheiten	erforschen, erklären	NT8.2/1.1/7.4
Sinne, Optik und Akustik	untersuchen, analysieren, modellieren	NT6.1/6.2/6.3a, 6.3c, 6.3d
Optische Geräte	untersuchen, anwenden	NT1.2/6.3b, 6.3e
Bewegung und Kräfte	erforschen, erklären	NT5.1/1.1
Globale Ökologie	analysieren, beurteilen	NT3.3/9.2
<i>Inhaltliche Erweiterungen</i>	<i>Handlungsaspekte vertiefen</i>	<i>individuell</i>
3. Sekundarklasse		
Körper und Geschlecht	analysieren, achten	NT7.2/3.12/7.3
Evolution und Genetik	strukturieren, modellieren, analysieren	NT8.1/8.3/1.1
Technik und Elektronik	bedienen, untersuchen	NT1.2/5.3
Energieumwandlungen	analysieren, reflektieren	NT4.1/4.2
Ressourcennutzung	beurteilen, handeln	NT1.3/3.3
Terrestrische Ökologie	erforschen, beurteilen	NT9.2/9.3/3.12
<i>Inhaltliche Erweiterungen</i>	<i>Handlungsaspekte vertiefen</i>	<i>individuell</i>

Abb. 1: Mehrjahresplanung NT im 3. Zyklus

Unterrichtspläne

NT – Physik – Optische Phänomene



In Bezug auf die Handlungsaspekte liegt der Schwerpunkt hier auf dem **Untersuchen, Analysieren und Modellieren**. So untersuchen die Lernenden zum Beispiel kontextgebunden verschiedene optische Linsen, analysieren deren Abbildungseigenschaften und modellieren daraus physikalische Gesetzmässigkeiten, um wiederum Voraussagen in neuen Situationen machen zu können.

Kompetenzerwerb über die Zyklen hinweg**Bezug zum 1. und 2. Zyklus****(Kompetenzen aus dem Lehrplan)**

Die vorliegende Unterrichtseinheit baut insbesondere auf der Kompetenz NMG.4.3 aus dem 1. bzw. 2. Zyklus auf. Zusammengefasst finden sich dort die folgenden Inhalte respektive Handlungsaspekte

- » Lichtquellen unterscheiden und benennen,
- » Phänomene zu Licht und Schatten untersuchen, vergleichen und beschreiben,
- » äussere Merkmale des Auges benennen und Vorgänge und Funktionen beim Auge beschreiben,
- » Handlupe, Binokular und Feldstecher gezielt einsetzen und verwenden,
- » Aufbau des Auges beschreiben und ein einfaches Augenmodell herstellen,
- » optische Phänomene untersuchen und beschreiben,
- » optische Phänomene mithilfe des Modells des Lichtstrahls bzw. Lichtbündels darstellen.

Etwas enger gefasst geht es in den oben aufgelisteten Teilkompetenzen somit um das Untersuchen von Phänomenen rund um das Thema Licht, um das Beschreiben des Aufbaus und der Funktionen des Auges sowie das Verwenden von einfachen optischen Geräten wie der Handlupe. Im 3. Zyklus werden diese drei Aspekte in den Kompetenzen des Fachbereichs Natur und Technik wieder

aufgegriffen. Zusammengefasst geht es darin um folgende zentrale Fachkonzepte:

- » **Optische Phänomene:** Abbildungen bei Linsen, Spiegelbilder, optische Hebung und Totalreflexion
- » **Auge und Sehen:** Funktionsweise des Auges, Fehlsichtigkeiten und Korrekturen
- » **Optische Geräte:** Aufbau, Entstehung der Abbildung (z. B. beim Mikroskop)

Diese fachlichen Inhalte knüpfen direkt an die in den ersten beiden Zyklen erarbeiteten Themen an. So wird zum Beispiel im 2. Zyklus das optische Phänomen der Lichtbrechung beim Übergang Wasser–Luft untersucht und beschrieben, im 3. Zyklus wird das gleiche Phänomen verallgemeinert auf beliebige Übergänge und es wird auf die Bedingungen für die Totalreflexion geschlossen. Dieser zyklusübergreifende Aufbau der Kompetenzentwicklung ist auch für die später beschriebenen Aufgabenstellungen von Bedeutung: Basierend auf den im Fachbereich NMG bearbeiteten Inhalten und Handlungsaspekten sowie den aus der fachdidaktischen Forschung bekannten Präkonzepten knüpfen die Konfrontationsaufgaben bewusst am Vorwissen der Schülerinnen und Schüler an.

Auch die Handlungsaspekte werden im 3. Zyklus vertieft und erweitert. Während im 1. und 2. Zyklus die Handlungsaspekte **Beschreiben** und **Benennen** häufig in den Teilkompetenzen aufgeführt sind, werden im 3. Zyklus vermehrt das **Experimentelle Bestimmen** und das **Erklären** in den Vordergrund gerückt. Optische Phänomene, um ein Beispiel zu nennen, sollen nun nicht mehr nur untersucht, verglichen und beschrieben (vgl. Kompetenz NMG.4.3f), sondern auch mithilfe des Strahlengangmodells erklärt werden. In den zu dieser Unterrichtsreihe gehörenden Aufgaben spielen vor allem drei Handlungsaspekte eine zentrale Rolle. Sie entstammen den Lehrplan-Handlungsaspekten **Sich die Welt erschliessen** und **Sich in der Welt orientieren** und entsprechen somit den in den Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften beschriebenen Handlungsaspekten der nationalen Bildungsstandards¹:

- » **Untersuchen:** Untersuchungen planen, durchführen und auswerten, insbesondere um fragengeleitet Zusammenhänge zu finden; prüfen
- » **Analysieren:** Verifizieren, falsifizieren, interpretieren, bestätigen, schlussfolgern, begründen, deuten
- » **Modellieren:** In Modellen denken, Analogien bilden; Gesetzmässigkeiten ableiten; generalisieren

¹ EDK Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (2011): Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften. Bern: EDK.

Verlaufsplanung der Unterrichtssequenz

Umstrukturieren der Lehrplankompetenzen für den Unterricht

In Form eines **Kompetenzerwerbsschemas** (Abb. 2) – einem Koordinatensystem mit den drei im Fokus stehenden Handlungsaspekten auf der einen Achse und den zentralen fachlichen Konzepten auf der anderen Achse – wird

eine mögliche Kompetenzentwicklung für den Unterricht präsentiert. Die Strukturierung im Kompetenzerwerbsschema ist von der Mehrjahresplanung und der gewünschten Gewichtung der Themen abhängig und kann somit von der hier dargestellten Variante abweichen. Das Kompetenzerwerbsschema muss an die personelle und strukturelle Situation wie das Klassengefüge oder die zuvor begangenen Lernwege angepasst werden.

	Untersuchen	Analysieren	Modellieren
Optische Phänomene (3. Zyklus)	NT.6.3c: Die Schülerinnen und Schüler können die Bedingungen für Totalreflexion experimentell bestimmen und ein Versuchsprotokoll anfertigen.		NT.6.3d: Die Schülerinnen und Schüler können das Phänomen der optischen Hebung mithilfe des Strahlengangmodells erklären.
Auge und Sehen (3. Zyklus)	NT.6.2c: Die Schülerinnen und Schüler können die Funktionsweise des menschlichen Auges beschreiben. NT.6.2d: Die Schülerinnen und Schüler können Fehlsichtigkeiten und deren Korrekturen beschreiben.		
Optische Geräte (3. Zyklus)	NT.6.3b: Die Schülerinnen und Schüler können den Aufbau von optischen Geräten darstellen und die wichtigsten Bestandteile benennen.		NT.6.3e: Die Schülerinnen und Schüler können die Entstehung der Abbildung in/mit optischen Geräten mithilfe des Strahlengangmodells erklären.
Optische Phänomene (3. Zyklus)	NT.6.3a: Die Schülerinnen und Schüler können die Eigenschaften von Konvex- und Konkavlinen experimentell bestimmen und entsprechende Versuchsprotokolle anfertigen.		NT.6.3b: Die Schülerinnen und Schüler können die Entstehung von Spiegelbildern und Abbildungen mit Linsen mithilfe des Modells des Lichtstrahls resp. Lichtbündels erklären.
Optische Phänomene (Übergang 2./3. Zyklus)			NMG.4.3g: Die Schülerinnen und Schüler können optische Phänomene mithilfe des Modells des Lichtstrahls bzw. Lichtbündels darstellen.

Abb. 2: Kompetenzerwerbsschema für das Aufgabenset «Optische Phänomene»

In diesem Kompetenzerwerbsschema enthalten ist auch die letzte Teilkompetenz des 2. Zyklus, welche zyklusübergreifend auch erst im 3. Zyklus aufgegriffen werden kann. Die weiter unten aufgeführten Beispiele aus dem Aufgabenset setzen an dieser Stelle an und entwickeln danach die Kompetenz NT.6.3, mit besonderem Fokus auf den optischen Phänomenen und den optischen Geräten. Ziel der Unterrichtsreihe ist, ausgehend von Alltagssituationen und physikalischen Phänomenen Gesetzmässigkeiten wie das Abbildungsgesetz bei Konvexlinsen qualitativ und wo sinnvoll auch quantitativ zu erarbeiten. Dieses Vorgehen entspricht dem Entwickeln der Teilkompetenzen NT.6.3a und NT.6.3b.

Die mit den Schülerinnen und Schülern erarbeiteten Gesetzmässigkeiten und Fachkonzepte sowie die damit verbundenen Handlungsaspekte können danach auf die

Anwendung von optischen Geräten transferiert werden. Erst dadurch sind ein Verstehen des Aufbaus eines optischen Geräts und das Erklären einer Abbildung mittels des Strahlengangmodells möglich, was wiederum den Teilkompetenzen NT.6.3b und NT.6.3e entspricht. Beispiele aus dem Aufgabenset zeigen diese Transfer- und Synthesemöglichkeiten exemplarisch auf, unter anderem auch mit Bezug zu biologischen Inhalten zum Fachkonzept «Auge und Sehen». Die dazugehörigen Teilkompetenzen NT.6.2c und NT.6.2d legen eine fächerübergreifende Verknüpfung zwischen physikalischen und biologischen Inhalten nahe. Die Kompetenzentwicklung bei den Schülerinnen und Schülern verläuft nicht zwingend so linear, wie dies das dargestellte Kompetenzerwerbsschema impliziert. Das Schema stellt daher mehr eine Orientierungshilfe als einen vordefinierten Lernweg dar.

Klären der Kompetenzfacetten

Präkonzepte und erarbeitete Kompetenzen

im 1. und 2. Zyklus

Die Schülerinnen und Schüler bringen Präkonzepte zu physikalischen Phänomenen, Begriffen und Gesetzen sowie zu den im Lehrplan beschriebenen Handlungsaspekten in den Unterricht mit. Für die vorliegende Unterrichtseinheit sind insbesondere die Präkonzepte zu den im Kompetenzerwerbsschema aufgeführten Teilkompetenzen zu den fachlichen Konzepten **Optische Phänomene, Optische Geräte** sowie **Auge und Sehen** relevant. Die unten aufgeführten Präkonzepte sind aus der fachdidaktischen Forschung² zu Schülervorstellungen in der Optik bekannt. In Klammer sind jeweils die Teilkompetenzen aus dem Lehrplan 21 aufgeführt, auf welche das Präkonzept einen Einfluss haben könnte:

Präkonzepte zu den Abbildungseigenschaften einer Sammellinse

- » Den Schülerinnen und Schülern ist nur die Brennglaswirkung einer Sammellinse bekannt, nicht aber die Möglichkeit, Gegenstände mit einer solchen auch auf einen Schirm oder auf eine Leinwand abzubilden. (NT. 6.3a/b)
- » Sind die abbildenden Eigenschaften einer Linse doch bekannt, so tritt bei den Schülerinnen und Schülern oft die holistische Vorstellung auf. Nach dieser soll das Bild des Gegenstands «als Ganzes vom Gegenstand aus durch die Linse auf den Schirm transportiert» werden (Müller et al., 2011). (NT.6.3a/b/e)
- » Als direkte Folge der holistischen Vorstellung können die Schülerinnen und Schüler fälschlicherweise annehmen, dass das Bild bei einer Linsenabbildung zu einem Teil abgeschnitten bzw. nicht mehr sichtbar ist oder verkleinert wird, wenn eine Blende eingesetzt wird. (NT.6.3a/b/e)
- » Das Konzept eines von einem Gegenstandspunkt ausgehenden Strahlen- oder Lichtkegels, der durch die Linse (Sammellinse) wieder in einem (Bild-)Punkt zusammengeführt wird, ist den Lernenden oft nicht bekannt. Das heisst, die Schlüsselidee der Punkt-zu-Punkt-Abbildung bei einer Linse ist noch nicht vorhanden. (NT.6.3a/b/e)
- » Es wird fälschlicherweise angenommen, dass ein scharfes Bild immer im Abstand der Brennweite zur Linse entsteht, wie dies in Lehrbüchern häufig für die Brechung von Parallelstrahlen an einer Konvexlinse dargestellt ist. (NT.6.3e)

Präkonzepte, welche über alle drei Zyklen relevant sind:

- » **Sehstrahlvorstellung:** Das Auge tastet mit einem Sehstrahl die Umgebung ab und sieht damit die Gegenstände. (NMG.4.3g, NT.6.2c)
- » **Licht macht hell:** Licht macht generell die Umgebung hell und darum sind Gegenstände sichtbar. Das Licht muss somit für die Wahrnehmung nicht bis ins Auge gelangen. (NMG.4.3g, NT.6.2c)
- » **Licht bleibt liegen:** Das auf einen Gegenstand auftreffende Licht bleibt auf dem Gegenstand liegen (Ausnahme: Spiegel), es macht den Gegenstand damit hell und sichtbar. (NMG.4.3g, NT.6.3b/c/d)
- » **Brechung von Licht:** Die optische Hebung wird durch Spiegelung, durch eine Vergrößerung durch das Wasser oder durch erhöhte Helligkeit bzw. einen besseren Kontrast erklärt und nicht durch die Brechung der Lichtstrahlen an der Wasseroberfläche. Beim Einzeichnen des Verlaufs der Lichtstrahlen wird die Blickrichtung des Auges mit der Richtung der Lichtstrahlen verwechselt. (NT.6.3d)

Weitere Schülervorstellungen, unter anderem zum Spiegelbild oder zu Farben, finden sich in der angegebenen fachdidaktischen Literatur.

In Bezug auf die Mindeststandards wurden vor dem 3. Zyklus bereits die folgenden Fachthemen aufgegriffen: unterschiedliche Lichtquellen, Phänomene zu Licht und Schatten, äussere Merkmale des Auges und Funktionen des Auges sowie Handhabung von Handlupe, Binokular und Feldstecher. Im 1. und 2. Zyklus wurde zudem an den Handlungsaspekten betrachten, beschreiben, untersuchen, vergleichen, benennen und umsetzen (einsetzen, verwenden) gearbeitet.

Nach Lehrplan haben somit alle Lernenden schon Untersuchungen zu optischen Phänomenen vorgenommen (zumindest zum Phänomen Licht und Schatten), wodurch sich dieser Handlungsaspekt im 3. Zyklus weiterentwickeln lässt. Die Teilkompetenzen NMG.4.3e, NMG.4.3f und NMG.4.3g (vgl. Lehrplan 21, Fachbereich NMG) können im Unterricht im 3. Zyklus nicht zwingend vorausgesetzt werden, da sie über die Mindeststandards hinausgehen. Durch Differenzierung in den Aufgabenstellungen und Hilfestellungen seitens der Lehrperson ist es aber auch Lernenden möglich, welche im 2. Zyklus diese Teilkompetenzen nicht entwickeln konnten, Anschluss im Unterricht zu finden.

² Z. B. in Wiesner et al. (2015): Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag; oder Müller, R., Wodzinski, R., Hopf, M. (2011): Schülervorstellungen in der Physik. Aulis Verlag.



Fachliche Konzepte sowie Denk- und Handlungsweisen für den 3. Zyklus

Fachliche Konzepte im 3. Zyklus:

- » Verlauf der Lichtstrahlen bei optischen Phänomenen
- » Brennpunkt und Brennweite von Linsen
- » Abbildungsgleichung und Strahlenverlauf bei der Abbildung an (Konvex-)Linsen
- » Entstehung von Spiegelbildern
- » Aufbau von optischen Geräten (z. B. Fernrohr)
- » Strahlengang bei optischen Geräten
- » Strahlengang bei der optischen Hebung
- » Totalreflexion und Anwendungen der Totalreflexion
- » Funktionsweise des menschlichen Auges (Farbsehen, Akkomodieren, Stereosehen)
- » Fehlsichtigkeiten und deren Korrekturen (mit Brillen)

Auffallend ist, dass der Verlauf von Lichtstrahlen im 3. Zyklus als Erklärungsmodell für optische Phänomene herangezogen wird. So werden beispielsweise optische Geräte im 3. Zyklus nicht nur eingesetzt, sondern auch in Bezug auf deren Aufbau und den Strahlengang des Lichts durch die Bestandteile des Geräts analysiert. Weiter spielt nicht mehr nur der Aufbau des Auges, sondern dessen Funktionsweise, verknüpft mit physikalischen Aspekten der Lichtstrahlen, eine Rolle.

Handlungsaspekte, an denen im 3. Zyklus zum Thema Optische Phänomene gearbeitet wird:

- » Untersuchen
- » Experimentieren
- » Beschreiben und Benennen
- » Erklären

Im Aufgabenset wird vor allem auf das Untersuchen, das Analysieren und das Modellieren eingegangen. Auf den ersten Blick scheint dies den im Lehrplan beschriebenen Handlungsaspekten nicht vollumfänglich zu entspre-

chen. Das Modellieren von physikalischen Gesetzmässigkeiten als Abschluss des Experimentierens oder auch als Voraussetzung für das Erklären ähnlicher Phänomene ist notwendig. Auch das Analysieren von Situationen und Merkmalen scheint sich mit den im Lehrplan verwendeten Begriffen wie dem Beschreiben und Benennen zu überschneiden. Schlussendlich enthält auch das Untersuchen Elemente des Beschreibens.

Im Unterschied zum 1. und 2. Zyklus sollen die Schülerinnen und Schüler beim **Untersuchen** nicht nur Fragen und Vermutungen aufwerfen, sondern auch Hypothesen formulieren und Variablen bestimmen sowie später zu ihren Hypothesen auch Stellung beziehen. Gezielt sollen auch Mängel in der Planung, Durchführung und Auswertung einer Untersuchung angesprochen und verbessert werden. Letzteres wird in den vorangegangenen Zyklen noch nicht verlangt.

Weiter wird in den **Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften**³ für den 3. Zyklus das **Analysieren** als «Elemente, Merkmale, Erscheinungen und Situationen analysieren, gliedern, abgrenzen, strukturieren, in Beziehung setzen, vernetzen (systemisches Denken)» beschrieben. Das **Modellieren** wiederum als «Bezüge zwischen Phänomenen und Alltagserfahrungen sowie zwischen Phänomenen und modellartigen Darstellungen herstellen und selber herleiten (z. B. in Zeichnungen, Schemen, Grafiken, Modellskizzen und Modellen); Bezüge zwischen Analogien bzw. Modellen und der Wirklichkeit in eigenen Worten beschreiben». Sowohl das Analysieren, das Modellieren wie auch das Untersuchen werden exemplarisch in der nachfolgenden Unterrichtsreihe an Aufgaben aufgezeigt.

³ EDK Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (2011): Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften. Bern: EDK.

Klären der Passung (didaktische Elemente)

Unter fachdidaktischen Elementen sind Unterstützungsmöglichkeiten für Lernende zu verstehen, damit diese ihre eigenen Kompetenzen optimal entwickeln und sie in Richtung der Fachkompetenzen der Naturwissenschaften erweitern können. Neben ausgewählten Methoden werden auch bewusst eingesetzte Hilfestellungen und didaktisch durchdachte Vorgehensweisen zu den fachdidaktischen Elementen gezählt.

Ein Beispiel für das Ableiten eines fachdidaktischen Elements aus den analysierten Kompetenzfacetten und den aufgeführten Präkonzepten ist die Verwendung eines Cartoons in Anlehnung an die aus der fachdidaktischen Literatur bekannten Concept Cartoons⁴. Präkonzepte werden dabei mittels Aussagen zu einer alltäglichen Situation in einen Cartoon eingebettet und im Unterricht zur Diskussion gestellt. Die daraus von den Lernenden abgeleiteten Fragen sind danach in einem Versuch im Rahmen einer Erarbeitungsaufgabe (vgl. entsprechende Aufgabe) zu erkunden und die Resultate den bisherigen Erklärungsmustern gegenüberzustellen. So lassen sich diese Schülervorstellungen in Form eines fachdidaktischen Elements in den Unterricht integrieren.

Die weiteren nachfolgend aufgelisteten **fachdidaktischen Elemente** sind ebenfalls aus den zuvor beschriebenen Kompetenzfacetten abgeleitet und finden sich in den Aufgabenstellungen wieder:

- » **Cartoon analysieren:** Bisherige Erklärungsmuster (Präkonzepte) zur Abbildung mit Linsen an einem Alltagsbeispiel hinterfragen und diskutieren, daraus Fragen ableiten.
- » **Fragengeleitet einen Versuch durchführen:** Abbildungseigenschaften von Linsen sowie die Bedingungen für ein scharfes Bild und den Effekt einer Blende bei einer Abbildung mit einer Sammellinse untersuchen.
- » **Einen gegebenen Versuch beurteilen:** Als Übung einen beschriebenen Versuch zum Thema Abbildungen mit Linsen analysieren und nach bestimmten Kriterien beurteilen. Das heisst auch, Mängel in der Planung, Durchführung und Auswertung bei diesem Versuch erkennen und Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigen.
- » **Eigene Vermutungen anstellen und diese untersuchen:** Zu den aus dem Cartoon abgeleiteten Fragen

begründet eigene Vermutungen anstellen, diese in einem Versuch überprüfen und daraus Schlussfolgerungen ziehen.

- » **Mit dem Lichtstrahlmodell arbeiten:** Bildpunkte modellhaft mit charakteristischen Lichtstrahlen konstruieren und Aussagen über die Vergrößerung bei der Abbildung von Linsen vornehmen.
- » **Physikalische Gesetzmässigkeiten modellieren:** Mithilfe der Erkenntnisse aus den Untersuchungen physikalische Gesetzmässigkeiten in Form von Skizzen, Aussagen und Formeln modellieren. Anhand dieser Gesetze Voraussagen machen, beispielsweise in Bezug auf die Bildschärfe bei einer Abbildung.
- » **Erkenntnisse aus einem Versuch mit früheren Aussagen vergleichen:** Stellung nehmen zu den bisherigen Erklärungsmustern zu optischen Phänomenen aus dem Cartoon und sie mit den Erkenntnissen aus einem Versuch vergleichen.
- » **Transferieren auf ähnliche Situationen:** Erkenntnisse zu den Versuchen zu Abbildungen mit Linsen auf analoge oder ähnliche Situationen transferieren wie die Bildentstehung im menschlichen Auge oder die Entstehung eines virtuellen Bildes bei einer «Virtual Reality»-Brille.
- » **Mit einer Computersimulation üben:** Computersimulationen zur Abbildung mit Linsen einsetzen, um verschiedene Situationen nachzuvollziehen oder Aussagen zu überprüfen und dabei bewusst Variablen variieren (z. B. den Brennpunkt der Linse oder die Gegenstandsweite).

Verlaufsplanung

In der nachfolgenden Tabelle (Abb. 3) werden die beschriebenen Kompetenzfacetten mit den fachdidaktischen Elementen in Verbindung gebracht und in eine Lektionsplanung eingebettet. Dazu sind ergänzende Anmerkungen für Lehrpersonen aufgeführt. Die Verlaufsplanung ist auf drei Wochenlektionen ausgerichtet, wobei mit einer einzelnen und einer Doppellektion pro Woche gerechnet wird. Die beschriebenen Aufgaben orientieren sich am Kompetenzerwerbsschema und knüpfen direkt an der Kompetenz NMG.4.3g aus dem 2. Zyklus an. Auf die am Ende der Verlaufsplanung beschriebenen Ausblicke wird weiter unten genauer eingegangen.

⁴ Für weitere Informationen zu den hier erwähnten Concept Cartoons:

– Keogh, B. & Naylor, S. (1999): Concept cartoons, teaching and learning in science. INT. J. SCI. EDUC., 21(4), 431–446.

– Ekici, F., Ekici, E. & Aydin, F. (2007): Utility of Concept Cartoons in diagnosing and overcoming misconceptions related to photosynthesis. International Journal of Environmental & Science Education, 2(4), 111–124.

Lektion	Aufgaben (mit Kompetenzfacetten und Anmerkungen)	Lektion	Aufgaben (mit Kompetenzfacetten und Anmerkungen)
1	Aufgabe 1: Das Beamer-Projekt (Cartoon analysieren), NT.6.3a/b <i>Anmerkung:</i> Je nach Zeit kann bereits mit Aufgabe 2 begonnen werden (siehe nächste Zeile).	8 und 9	Input* zum Thema «Virtuelles Bild» <i>Anmerkung:</i> Die Lehrperson zeigt die Entstehung eines virtuellen Bildes bei der Handlupe auf. Aufgabe 7: Die «Virtual Reality»-Brille (transferieren auf ähnliche Situationen), NT.6.3a/b/e Aufgabe F: Begriffe erklären, NT.6.3a/b/e <i>Anmerkung:</i> Hierbei handelt es sich um eine formative Beurteilungsaufgabe.
2 und 3	Aufgabe 2: Wie kommt das Bild an die Wand? (fragengeleitet einen Versuch durchführen), NT.6.3a/b Input*: Konstruktion eines Bildpunktes bei der Abbildung an einer Sammellinse <i>Anmerkung:</i> Die Lehrperson geht auf Fragen zu Aufgabe 2 ein und zeigt die Konstruktion von charakteristischen Strahlen anhand einer Skizze vor. Aufgabe 3: Wie wird das Bild scharf? (fragengeleitet einen Versuch durchführen sowie eigene Vermutungen anstellen und diese untersuchen), NT.6.3a/b	10	Aufgabe S: Rechnen mit der Abbildungsgleichung, NT.6.3e <i>Anmerkung:</i> Hierbei handelt es sich um eine summative Beurteilungsaufgabe. Diese kann mit weiteren ähnlichen Aufgaben zu einer summativen Lernkontrolle ergänzt werden.
4	Abschluss und Auswertung von Aufgabe 3 <i>Anmerkung:</i> Die Lehrperson kann an dieser Stelle die Inhalte aus dem Input (siehe oben) repetieren. Aufgabe 4: Übung zur Abbildungsgleichung (physikalische Gesetzmässigkeiten modellieren und mit einer Computersimulation üben), NT.6.3a/b/e	Zusatz (3 bis 5 Lekt.)	Ausblicke 1 bis 5, NT.6.2c/d, NT.6.3b Unter anderen Ausblick 5: Verstellbare Brillen (transferieren auf ähnliche Situationen) <i>Anmerkung:</i> An dieser Stelle kann die Linse im menschlichen Auge und deren Funktion analysiert und mit der Abbildung beim Beamer verglichen werden. Fehlsichtigkeiten werden thematisiert und verschiedene «Brillengläser» und deren Effekte mithilfe einer verstellbaren Linse untersucht.
5 und 6	Zusätzliche Übung* zum Beurteilen eines Experiments (einen gegebenen Versuch beurteilen, vgl. «fachdidaktische Elemente»), NT.6.3a/b/e Aufgabe 5: Die Brennweite und die maximale Bildgrösse (mit dem Lichtstrahlmodell arbeiten), NT.6.3a/b/e	Zusatz (1 bis 2 Lekt.)	«Hands-on»-Experimente* zum Thema Totalreflexion und Brechung des Lichts, NT.6.3c/d <i>Anmerkung:</i> Mit «Hands-on»-Experimenten (auch «Freihandexperimente» genannt), wie sie in vielen Lehrmitteln zu finden sind, können Strahlengänge bei der optischen Hebung und die Totalreflexion untersucht werden. Dabei sollen die Lernenden auf ihr Wissen aus dieser Unterrichtsreihe zurückgreifen und die Beobachtungen damit erklären.
7	Aufgabe 6: Tipps für Emma und Tom (Erkenntnisse aus einem Versuch mit früheren Aussagen vergleichen), NT.6.3a/b/e <i>Anmerkung:</i> Die Aufgabe 6 bezieht sich inhaltlich auf die Aufgabe 1 und bezieht die Erkenntnisse aus den Erarbeitungs- und Übungsaufgaben mit ein.		

Abb. 3: Verlaufsplanung zum Aufgabenset «Optische Phänomene – untersuchen, analysieren, modellieren»

* Diese Aufgaben, Übungen oder Inputs werden im nachfolgenden Abschnitt aus Platzgründen nicht weiter ausgeführt. Ideen und Anmerkungen zur Umsetzung finden sich weiter oben in den Beschreibungen der «fachdidaktischen Elemente».

Unterrichtsgestaltung über ein Set kompetenzfördernder Lernaufgaben

Die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler ist Ausgangspunkt für die zu Beginn der Unterrichtsreihe eingesetzte Konfrontationsaufgabe, in der die Lernenden mit einer Problemstellung konfrontiert werden. Eine fiktive Projektarbeit zweier Schüler wird in der Klasse diskutiert. Dabei werden bereits physikalische Konzepte zur Abbildung mit Linsen aufgegriffen, eingebettet in den Kontext eines selbst gebauten Beamer für das Smartphone. Zu diesem Zeitpunkt sind bei den Lernenden die benötigten fachlichen Konzepte und Handlungsaspekte noch nicht genügend vorhanden, um die Problemstellung vollkommen zu durchschauen. Es geht primär um das divergierende Denken, sprich um das Zulassen von Assoziationen und Gedanken in verschiedenste Richtungen. Anschließend werden mit den Erarbeitungsaufgaben die Handlungsweisen und fachlichen Konzepte schrittweise aufgebaut, in Vertiefungs- und Übungsaufgaben flexibilisiert und schlussendlich in einer Synthesaufgabe wieder auf die ursprüngliche Einstiegsaufgabe respektive auf die Problemstellung bezogen. Transferaufgaben ermöglichen die Anwendung des Gelernten auf ähnliche Situationen, wobei zum Beispiel die Abbildungseigenschaften einer Sammellinse bei einer «Virtual Reality»-Brille untersucht werden.

Konfrontationsaufgabe

Bei der Konfrontationsaufgabe (Aufgabe 1) wird darauf geachtet, dass die Aussagen im Cartoon einerseits die Diskussion über die Präkonzepte der Lernenden anregen und andererseits die Erschließung von neuen oder weiterentwickelten Konzepten initiieren. Die Aussagen im Cartoon respektive Verbesserungsvorschläge für den selbst gebauten Beamer sollen neugierig machen und zu Beginn bewusst auch herausfordernd und vielleicht sogar irritierend sein. Sie sind so ausgewählt, dass damit die aus der Forschung bekannten Präkonzepte zur Abbildung mit Sammellinsen (vgl. oben) und intuitive Erklärungsversuche hervorgehoben und diskutiert werden können. Das divergierende Denken ist dabei zentral.

Aufgabe 1

Das Beamer-Projekt

Fachliche Konzepte

- Abbildungsgleichung und Strahlenverlauf bei der Abbildung an Linsen

Handlungsaspekte

- Analysieren

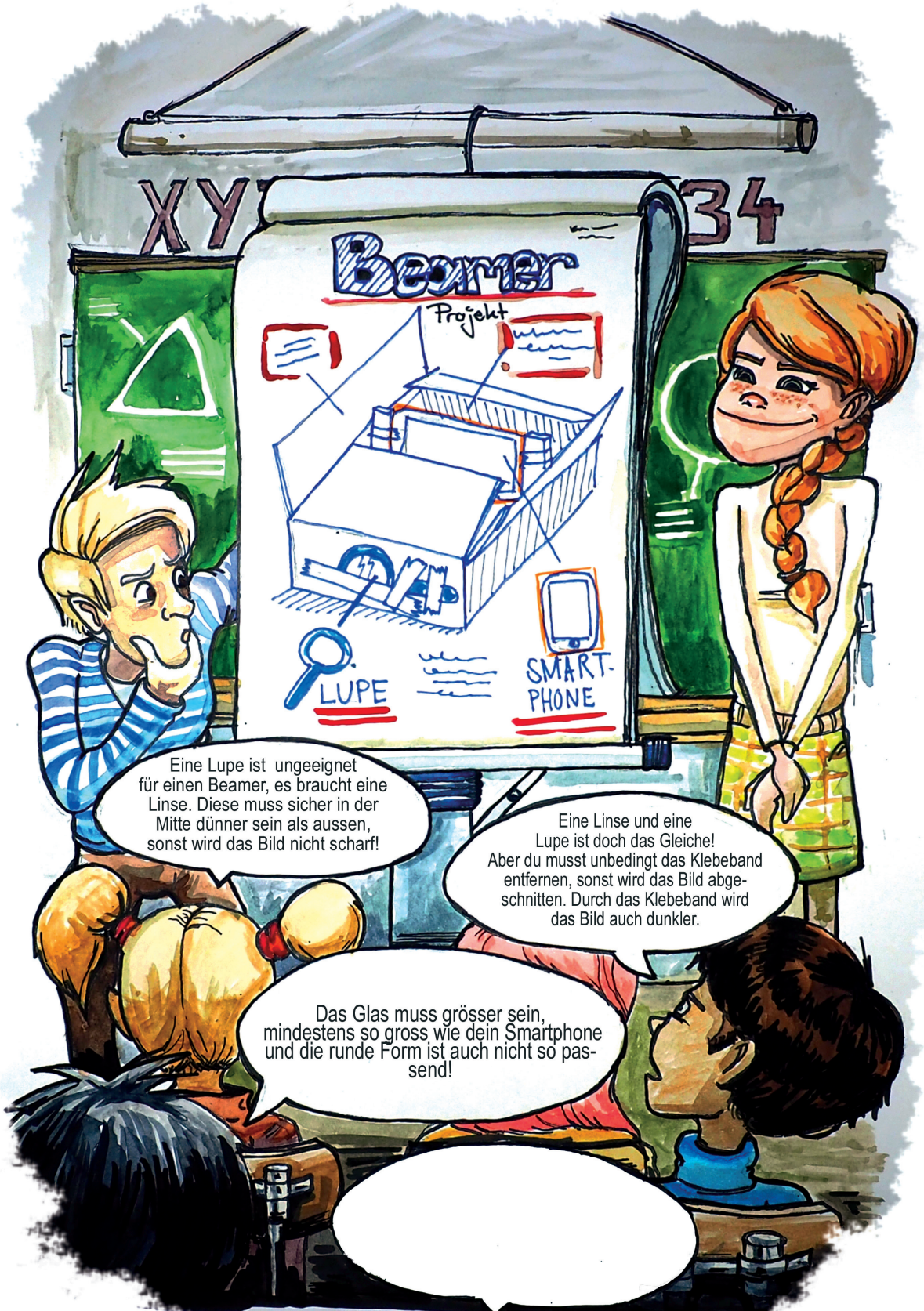
Voraussetzungen

Kompetenz **NMG.4.3d** (2. Zyklus): Handlupe in verschiedenen Situationen gezielt einsetzen können.

Aufgaben

Emma und Tom möchten für ihre Projektarbeit einen Beamer für ihr Smartphone selber bauen. Sie stellen ihr Projekt der Klasse vor und hoffen auf hilfreiche Tipps ihrer Kolleginnen und Kollegen.

1. Lies die Tipps der Mitschülerinnen und Mitschüler von Emma und Tom durch. Was hältst du von diesen Tipps? Schreibe deine Einschätzung zu den drei Tipps auf.
2. Diskutiere in deiner Gruppe die Tipps aus dem Cartoon. Seid ihr euch einig oder gibt es unterschiedliche Meinungen?
3. Habt ihr weitere Tipps für Emma? Schreibe einen eigenen Tipp für Emma und Tom in die leere Sprechblase.
Dein Tipp darf auch nur eine Vermutung sein.
4. Was müsst ihr noch herausfinden, damit ihr mit Sicherheit sagen könnt, welche Tipps gut und welche falsch sind?
Schreibt euch diese Fragen auf. Dies sind eure Forschungsfragen.



Kommentar zur Konfrontationsaufgabe

Merkmale gemäss Kategoriensystem	
Kompetenzfacetten und Lebensnähe	Der für den Cartoon gewählte Kontext der Projektpräsentation über einen selbst gebauten Beamer ist zwar konstruiert, weist aber dennoch einen hohen Grad an Authentizität und Lebensweltbezug auf. Einerseits sind Projektarbeiten in der Sekundarschule üblich, andererseits sind technische Geräte wie Beamer oder Smartphone nicht mehr aus dem Alltag der Lernenden wegzudenken. Zur Klärung der Aussagen im Cartoon müssen die Teilaspekte der Kompetenzen NT6.3a/b mithilfe der später folgenden Erarbeitungsaufgaben experimentell überprüft und dann wiederum auf die Aussagen im Cartoon bezogen werden.
Präkonzepte, Wissensart und kognitive Leistung	Dadurch, dass die Lernenden über die Aussagen im Cartoon nachdenken und diskutieren, knüpft die Aufgabenstellung implizit an ihren Präkonzepten an. Alle Ideen und Meinungen über diese zum Teil auch irritierenden «Tipps» haben bei der Diskussion eine Bedeutung und werden festgehalten, bevor daraus Fragen abgeleitet werden. Somit ist divergierendes Denken ausdrücklich erwünscht.
Strukturierung und Repräsentationsformen	Die Aufgabe ist insofern komplexitätsreduziert, als dass die zu analysierenden Aussagen sprachlich einfach formuliert sind und in Form eines Cartoons präsentiert werden. Dazu wird eine Skizze des Beamermodells gezeigt, wodurch es auch ohne grosse Vorkenntnisse allen Lernenden möglich sein sollte, Zugang zum Thema zu finden. Die mögliche Identifikation mit einer Figur und ihrer Aussage soll bewusst die Diskussion fördern.
Offenheit der Aufgabe, Lernunterstützung und Vielfalt der Lernwege	Welche Aspekte der Aussagen in welcher Reihenfolge von der Schülergruppe diskutiert werden, ist durch die teilweise offen formulierte Aufgabe nicht vordefiniert. Die Lernenden können angelehnt an die Aussagen im Cartoon auch eigene Tipps und schlussendlich Fragen aufwerfen, die sie daraufhin in einer Erarbeitungsaufgabe untersuchen können. Somit ergibt sich eine Differenzierung mit mehreren möglichen Lösungswegen.

Erarbeitungsaufgaben

In den Erarbeitungsaufgaben werden die offenen Fragen, Gedanken und Ideen aus der Diskussion über die Aussagen im Cartoon (vgl. Konfrontationsaufgabe) schrittweise untersucht. Mithilfe von Versuchen sollen Entdeckungen gemacht werden, um Präkonzepte nach und nach entweder zu bestätigen oder mit fachlich adäquateren Erklärungsmustern zu ersetzen. Im vorliegenden Aufgabenset werden nach der Konfrontationsaufgabe zwei Erarbeitungsaufgaben eingesetzt, um der Abbildung mit einer Sammellinse auf die Spur zu kommen. Es geht darum, zu analysieren und zu untersuchen, welche Linsenformen für eine Abbildung im selbst gebauten Smartphone-Beamer überhaupt in Frage kommen und welchen Einfluss eine Blende (hier in Form eines Klebebands über einem

Teil einer Linse) auf die Entstehung eines Bildes hat. Auch die Schärfe eines Bildes wird untersucht und diskutiert.

Nach Aufgabe 2 ist vorgesehen, dass die Lehrperson auf Fragen und Unklarheiten aus Aufgabe 2 eingeht und den dort durchgeführten Versuch mit der Klasse nachbereitet und diskutiert. Anschliessend zeigt die Lehrperson die Konstruktion eines Bildpunktes bei einer Abbildung an einer Sammellinse anhand einer Skizze mit mehreren charakteristischen Lichtstrahlen vor und erklärt die einzelnen Schritte dazu (z. B. «aus einem Parallelstrahl wird ein Brennpunktstrahl»). Ziel ist, das bereits aus dem 2. Zyklus bekannte Modell des Lichtstrahls (vgl. Teilkompetenz NMG.4.3g) in diesem Input auf die aktuelle Thematik der Linsenabbildung zu beziehen. In dieser Unterrichts-

planung wird nicht genauer auf die Lehrpersoneninputs eingegangen, da das Augenmerk auf dem eigentlichen Aufgabenset liegt und die Lehrperson ihre Inputs den jeweiligen Gegebenheiten anpassen sollte.

Am Ende der Aufgabe 3 sollen die Lernenden vom Smartphone ausgehende Lichtstrahlen, die durch eine Sammellinse verlaufen, zeichnen und aus ihrer Skizze schliessen, warum das entstehende Bild auf dem Kopf steht.

Aufgabe 2

Wie kommt das Bild an die Wand?

Fachliche Konzepte

- Verlauf der Lichtstrahlen bei optischen Phänomenen
- Brennpunkt und Brennweite von Linsen

Handlungsaspekte

- Untersuchen

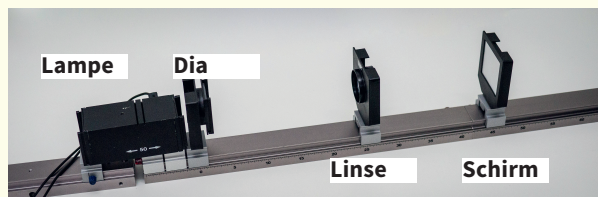
Voraussetzungen (nicht zwingend)

Kompetenz **NMG.4.3f** (2. Zyklus): Optische Phänomene untersuchen und beschreiben können (z. B. Abbildungen in der Lochkamera).

Aufgabe a

Emma und Tom planen, für ihren Beamer eine Lupe einzusetzen. Überprüfe mit dem folgenden Versuch, ob eine Lupe für den Beamer infrage kommt. Um nicht den ganzen Beamer gleich zu Beginn aufbauen zu müssen, können mithilfe einer **optischen Bank** verschiedene Lupen und auch Linsen getestet werden. Hier siehst du einen Versuchsaufbau:

Auf dem Foto siehst du eine Möglichkeit, wie du eine Linse testen kannst. Anstatt eines Smartphones wurden hier eine Lampe und ein Dia (mit einem «L») verwendet.



1. Baue diese Situation nach und achte darauf, dass die Abstände zwischen der Linse und dem Dia und zwischen der Linse und dem Schirm stimmen (verschiebe die Linse und den Schirm so lange, bis du ein Bild auf dem Schirm siehst).
2. Halte nun die Lupe anstelle der Linse hin und überprüfe, ob auch damit ein Bild auf dem Schirm entstehen kann. Was stellst du fest?
3. Überprüfe nun verschieden geformte Linsen: Welche Linsen ergeben ein Bild auf dem Schirm, welche nicht?

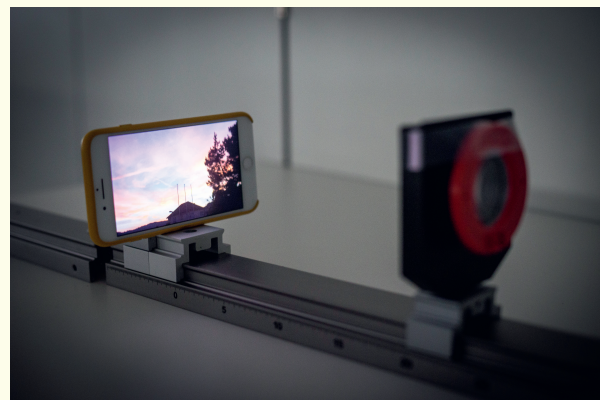


4. Vergleiche die Form dieser Linsen und beschreibe, bei welchen Formen du ein Bild auf einem Schirm erkennen kannst.
5. Sind die Bilder scharf oder unscharf? Woran könnte dies liegen?
6. Was ist dir beim Experiment sonst noch aufgefallen? Schreibe Fragen auf, wenn dir noch etwas unklar ist.

Alternative

Anstelle der Lampe und des Dias kannst du auch dein Smartphone verwenden. Stelle den Bildschirm dazu auf die höchste Helligkeitsstufe.

Aufgabe b



Emma und Tom haben den unteren Teil der Linse mit einem Klebeband abgedeckt. Baue nun nochmals die erste Situation aus Aufgabe a nach. Führe einen selbst geplanten Versuch durch, um herauszufinden, was passiert, wenn man verschiedene grosse Bereiche einer Linse mit einem Klebeband (oder etwas Ähnlichem) abdeckt. Schreibe deine Erkenntnisse auf.

Unterrichtsplanungen

NT – Physik – Optische Phänomene

Aufgabe 3

Wie wird das Bild scharf?**Fachliche Konzepte**

- Verlauf der Lichtstrahlen bei optischen Phänomenen
- Brennpunkt und Brennweite von Linsen

Handlungsaspekte

- Untersuchen

Voraussetzungen

Kompetenz **NMG.4.3g** (2. Zyklus): Optische Phänomene mithilfe des Modells des Lichtstrahls bzw. Lichtbündels darstellen.

Aufgabe 2 gelöst und Input der Lehrperson zur Konstruktion eines Bildpunkts erfolgt.

Aufgabe

Nicht immer ist ein Bild auf der Leinwand scharf. Was braucht es, damit ein Bild an der Wand oder auf einem Schirm scharf ist?

Baue ein Beamer-Modell aus einer Kartonschachtel⁶, setze eine geeignete Linse ein und untersuche, wie du ein scharfes Bild an der Wand bekommst.

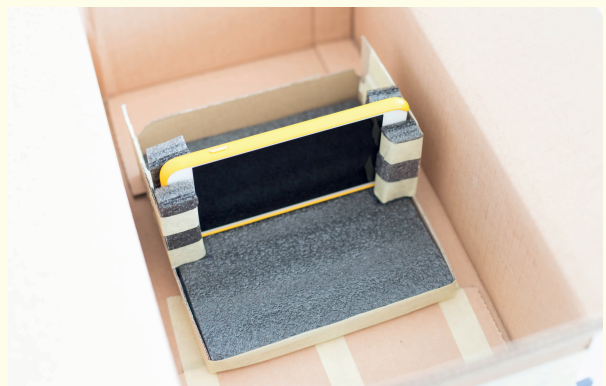
Folgende Tipps können Dir weiterhelfen:

- Emma und Tom haben das Smartphone auf einer Halterung angebracht. Diese kann im Beamer verschoben werden, um die Bildschärfe einzustellen.

- Stelle an deinem Smartphone die Bildschirmhelligkeit auf die maximale Stufe. Lasse es ein Bild oder ein Video anzeigen und blockiere die automatische Drehfunktion des Bildschirms. So kannst du dein Smartphone richtig herum ausrichten.

Gehe nach dem Bau des Smartphone-Beamers wie folgt vor:

1. Dunkle den Raum ab. Platziere dann den Beamer und dein Smartphone im Beamer so, dass ein scharfes Bild an einer weissen Wand entsteht. Miss den Abstand von der Linse zur Wand und von der Linse zum Smartphone. Notiere dir die Werte.
2. Untersuche, ob du noch weitere Positionen des Beamers und des Smartphones findest, die ebenfalls zu einem scharfen Bild führen. Falls du welche findest, miss wiederum die Abstände und notiere dir die Werte.
3. Erstelle eine Skizze aus der Seitenansicht: Zeichne mindestens zwei charakteristische Lichtstrahlen, die von einem Pixel auf dem Smartphone ausgehen und durch die Linse verlaufen, bis sie auf der Wand auftreffen.
4. Erkläre mit Hilfe dieser Lichtstrahlen, warum das Bild an der Wand auf dem Kopf steht.

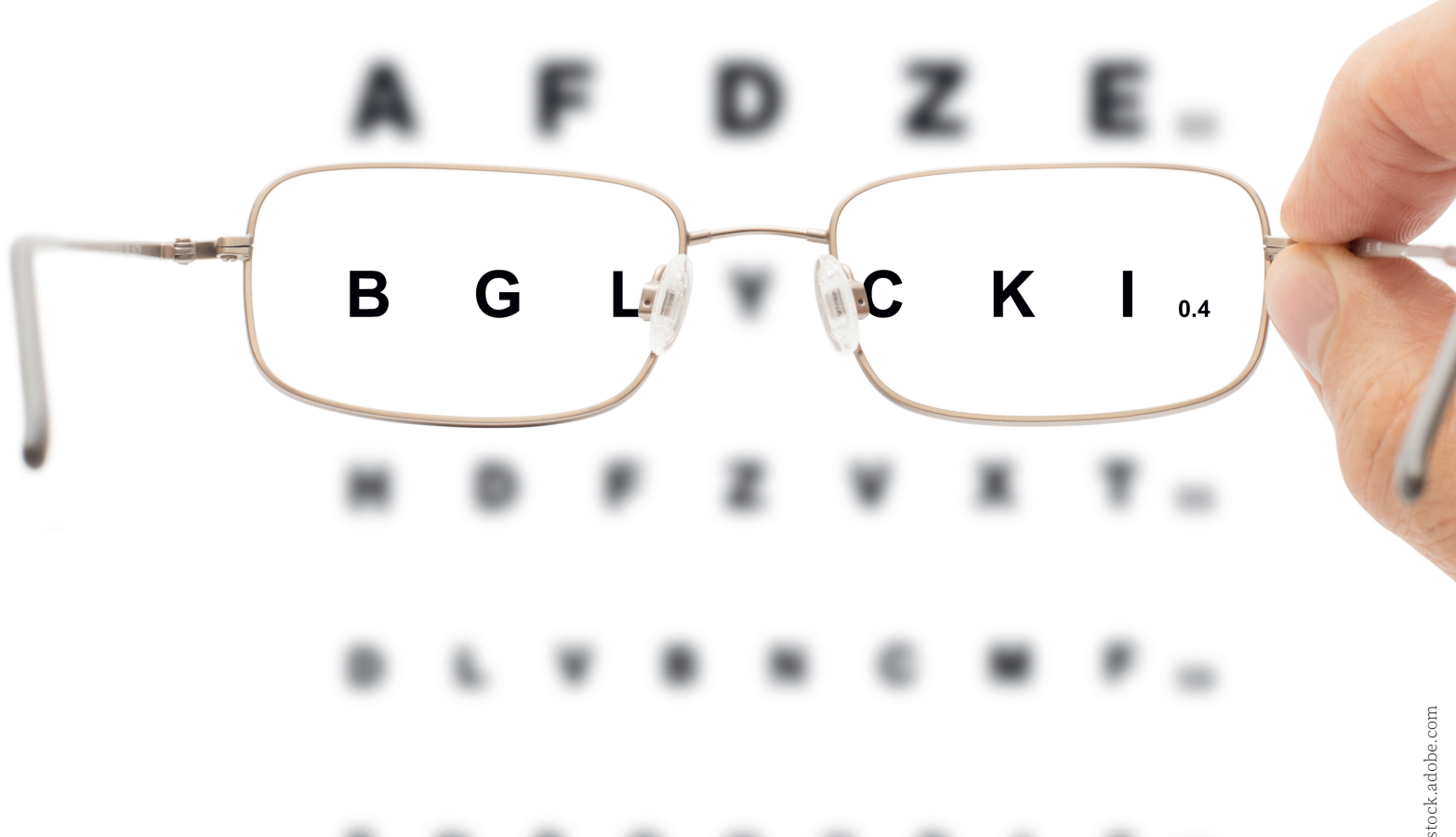


⁶ Auf www.youtube.com finden sich viele geeignete Anleitungen zum Bau eines Smartphone-Beamers (nach «DIY Beamer» oder «Smart-phone Beamer» suchen).



Kommentar zu den Erarbeitungsaufgaben

Merkmale gemäss Kategoriensystem	
Kompetenzfacetten und Lebensnähe	Die Aufgabenstellungen 2 und 3 sind so strukturiert, dass sie die im Cartoon (vgl. Konfrontationsaufgabe) aufgeworfenen Fragen nacheinander aufgreifen und die Lernenden die Teilaspekte der Kompetenzen NT.6.3a/b aufbauend lernen. In Aufgabe 2 geht es primär um die Eigenschaften einer für die Abbildung geeigneten Linse und um den Effekt einer Blende, in Aufgabe 3 wird das Thema «Schärfe des entstehenden Bildes» untersucht.
Präkonzepte, Wissensart und kognitive Leistung	Die Lernenden untersuchen in Aufgabe 2 sowohl Linsen wie auch Lupen mithilfe einer optischen Bank. Dabei entdecken sie, dass eine Lupe und eine Sammellinse dasselbe sind und somit auch eine Lupe als Linse im Beamer eingesetzt werden kann, eine Konkavlinse dagegen ungeeignet ist. Da die Abbildungseigenschaften von Linsen meist noch unbekannt sind, wird hier explizit an ein Präkonzept angeknüpft. Die Aufgabe fördert das strukturierte Denken und Handeln insofern, als mit der optischen Bank Abbildungssituationen nach Vorlage nachgebaut und verschiedene Linsen nacheinander auf ihre Abbildungseigenschaften überprüft werden können. Auch der zweite Teil der Aufgabe 2 ist angelehnt an die Aussagen im Cartoon. Die Lernenden analysieren den Effekt einer Blende, hier in Form eines Klebebands, das zur Befestigung der Linse angebracht wurde. Somit wird wiederum explizit ein Präkonzept hinterfragt, in diesem Fall, dass eine Blende das Bild scheinbar «abschneidet».
Strukturierung und Repräsentationsformen	Beide Aufgaben sind in der Komplexität reduziert, indem sie Schritt für Schritt in mehreren Teilaufgaben die Schülerinnen und Schüler anleiten. Bei Aufgabe 2 wird zudem ein Foto des Versuchsaufbaus gezeigt, was die Komplexität weiter reduziert.
Offenheit der Aufgabe, Lernunterstützung und Vielfalt der Lernwege	Mehrere Formen der Lernunterstützung sind in den Aufgaben 2 und 3 vorhanden: Es wird explizit nach Unklarheiten gefragt, welche die Lehrperson anschliessend mit den Lernenden analysieren kann. Dies ermöglicht ein sachorientiertes Feedback gleich nach oder während der Bearbeitung der Aufgabe. Die Tipps bei Aufgabe 3 helfen den Schülerinnen und Schülern, selbstständig die Aufgabe zu bearbeiten. Trotz der klaren Strukturierung sind verschiedene Lernwege möglich. So soll bei Aufgabe 2b ein eigener Versuch geplant werden, um den Effekt der Blende zu untersuchen. Auch die zu analysierenden Linsen und Lupen bei Aufgabe 2a können unterschiedlich sein, was zu individuellen Lösungen führt.



Übungs- und Vertiefungsaufgaben

Die Lernenden haben mithilfe der Erarbeitungsaufgaben erste Erkenntnisse über die Abbildung mit Sammellinsen gewonnen und haben die Wirkung von Blenden sowie das Scharfstellen des Bildes untersucht. Die Lehrperson wertet mit ihrer Klasse jeweils im Anschluss an die Erarbeitungsaufgaben die durchgeführten Versuche aus und klärt Unklarheiten. Vor allem die Konstruktion der Lichtstrahlen bei der Abbildung mit einer Sammellinse muss seitens der Lehrperson thematisiert worden sein, damit die Lernenden später die Abbildungsgleichung verstehen können.

In den Übungs- und Vertiefungsaufgaben geht es nun darum, die in den Erarbeitungsaufgaben erworbenen

Kenntnisse auszuweiten und zu verallgemeinern. Auch soll das erarbeitete Wissen in bekannten Situationen geübt und somit gefestigt werden. Die Vertiefungsaufgaben bieten jenen Schülerinnen und Schülern eine interessante Herausforderung, die sich mit der Thematik bereits gut zurechtfinden. Um eigenständig einen Versuch planen zu können, wie dies in Aufgabe 5b verlangt wird, ist eine vorab eingeschobene Übungsaufgabe je nach Vorkenntnissen sinnvoll. So kann ein ähnlicher Versuch (zum Beispiel mit einer Messreihe von verschiedenen Größen wie der Bildweite) analysiert werden, um den Ablauf bei der Durchführung eines Versuchs kennenzulernen und kritisch zu hinterfragen.

Aufgabe 4

Übung zur Abbildungsgleichung

Fachliche Konzepte

- Verlauf der Lichtstrahlen bei optischen Phänomenen
- Brennpunkt und Brennweite von Linsen
- Abbildungsgleichung und Strahlenverlauf bei der Abbildung an Linsen

Handlungsaspekte

- Analysieren
- Modellieren

Voraussetzungen

Aufgabe 3 gelöst.

Hinweis

Wann ein scharfes Bild entsteht und wie weit entfernt sich dieses Bild von der Linse befindet, kann man mit der **Abbildungsgleichung** berechnen:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

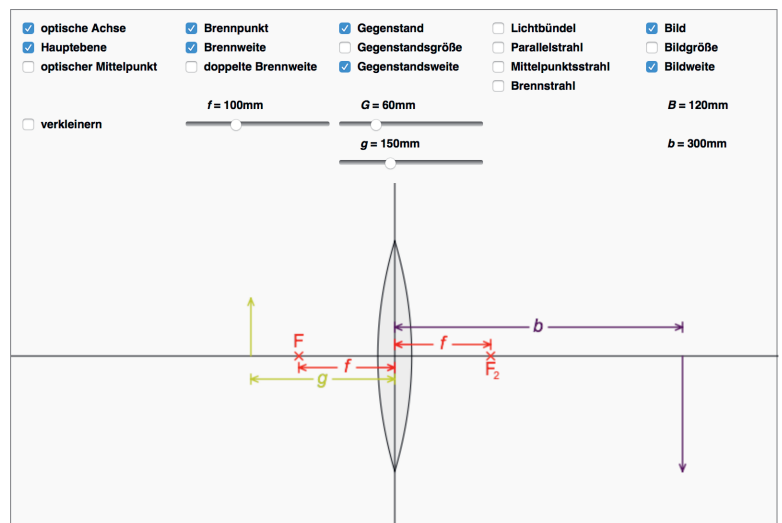
Was bedeuten die Buchstaben in der Formel?

- f ist die **Brennweite** der Linse. Dieser Wert sagt aus, wo der Brennpunkt der Linse ist (siehe auch Aufgabe 5), das heisst, f hat unter anderem damit zu tun, wie stark gewölbt die Linse ist.
- g ist der Abstand des Gegenstands (z.B. des Smartphones) zur Linse (dieser Abstand wird auch Gegenstandsweite genannt).
- b ist der Abstand des (scharfen!) Bildes an der Wand zur Linse (dieser Abstand wird auch Bildweite genannt).

Aufgaben

1. Für einen selbst gebauten Beamer wurde eine Linse mit $f = 10\text{ cm}$ verwendet. Das Smartphone wurde im Abstand $g = 12\text{ cm}$ zur Linse aufgestellt. Wie weit weg von der Wand muss der Beamer aufgestellt werden, damit an der Wand ein scharfes Bild zu sehen ist?
2. Du hast in Aufgabe 3 mehrere Abstände gemessen. Setze diese in die Abbildungsgleichung ein und überprüfe, ob die Gleichung mit deinen Zahlen aufgeht (kleine Abweichungen kannst du vernachlässigen).
3. Erfinde eigene Aufgabenstellungen wie bei Aufgabe 1, frage aber auch nach der Brennweite f der Linse oder nach der Bildweite b . Rechne deine eigenen Aufgaben dann aus.

Bildeigenschaften bei Sammellinsen (Simulation)



4. Unter dem folgenden Link findest du eine Simulation zur Abbildung bei Sammellinsen:
<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/versuche/sammellinse-simulation>
 Sie zeigt einen Querschnitt einer Linse (in Seitenansicht), dazu sollst du den Gegenstand und das Bild sowie die Gegenstandsweite g , die Bildweite b und Brennweite f einblenden. Verändere nun mit dem Regler die Gegenstandsweite g (also den Abstand des Smartphones zur Linse).
 - > Wie musst du den Regler einstellen, um ein möglichst großes Bild zu erhalten?
 - > Wann wird das Bild sehr klein?
 - > Was passiert, wenn du die Brennweite f der Linse änderst?
5. Schreibe eigene Fragen wie bei Aufgabe 4 auf und überprüfe sie mit der Simulation im Internet.

Unterrichtsplanungen

NT – Physik – Optische Phänomene

Aufgabe 5

Die Brennweite und die maximale Bildgrösse (Vertiefung)**Fachliche Konzepte**

- Verlauf der Lichtstrahlen bei optischen Phänomenen
- Brennpunkt und Brennweite von Linsen
- Abbildungsgleichung und Strahlenverlauf bei der Abbildung an Linsen

Handlungsaspekte

- Untersuchen
- Modellieren

Voraussetzungen

Kompetenz **NMG.4.3g** (2. Zyklus): Optische Phänomene mithilfe des Modells des Lichtstrahls bzw. Lichtbündels darstellen.

Aufgabe 4 gelöst.

Aufgabe a**Welche Rolle spielt die Dicke der Linse?**

In Aufgabe 4 hast du mit der Abbildungsgleichung gerechnet. Dafür musstest du die **Brennweite f einer Linse** in die Formel einsetzen. Was aber ist nun die Brennweite einer Linse genau und wie kann man sie bestimmen?

- Richte nacheinander auf verschiedene Linsen mehrere parallele Lichtstrahlen.
Dies geht am besten mit einer speziellen Lampe (siehe Foto). Beobachte bei jeder Linse, was mit den parallelen Strahlen geschieht, wenn sie die Linse passiert haben.
- Schreibe zu jeder Linse deine Beobachtungen auf, skizziere den Strahlenverlauf und bestimme die Brennweite f der Linse. Miss dazu von der Mitte der Linse bis zum Punkt, wo sich die Strahlen hinter der Linse treffen (dies ist der «Brennpunkt»).
- Kannst du bei jeder Linse den Brennpunkt bestimmen? Diskutiere diese Frage mit deinen



	Linse 1	Linse 2	Linse 3
Beobachtung und Skizze			
Brennweite f (in cm)			

Mitschülerinnen und Mitschülern.

Auswertung

Notiere dir einen oder mehrere Merksätze zur Brennweite der Linse. Vervollständige dazu den folgenden Satz oder schreibe einen eigenen Merksatz:

- Je stärker gewölbt die Linse in der Mitte ist, desto...
- ...

Aufgabe b**Wie wird das Bild möglichst gross?**

Du möchtest einen Fussballmatch oder deine Lieblingsfernsehserie auf einem möglichst grossen Bild geniessen. Wie wird das Bild aus dem Beamer an der Wand möglichst gross?

Überlege dir einen Versuch, um herauszufinden, wie gross das Bild bei deinem Beamer maximal werden kann (das Bild sollte immer noch genügend hell und immer scharf eingestellt sein). Untersuche auch, wie du dabei die Gegenstandsweite g und die Bildweite b einstellen musst.

Tipps:

- Schreibe dir zuerst eine Vermutung auf, wie du die Bildweite und die Gegenstandsweite einstellen musst. Plane dann den Versuch und besprich die Planung mit deiner Lehrperson.
- Überprüfe am Schluss deine Vermutung und passe sie an, falls du auf ein anderes Resultat gekommen bist.

Ergänzung:

- Die Bildgrösse kannst du auch mit einer Formel berechnen:

$$\frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

B ist dabei die Bildgrösse (zum Beispiel die Höhe des Bildes an der Wand) und G ist die Gegenstandsweite (hier die Höhe deines Smartphonebildschirms, wenn dein Smartphone im Beamer liegt). Die Bildweite b und die Gegenstandsweite g kennst du bereits.

Stelle nun deinen Beamer 1 m von der Wand entfernt auf (dies ist die Bildweite b , richte dein Smartphone so aus, dass das Bild an der Wand scharf ist, und miss den Abstand des Smartphones zur Linse (dies ist die Gegenstandsweite g). Berechne nun die Bildgrösse B mit der Formel oben (die Gegenstandsgrösse G kannst du bestimmen, indem du die Höhe des Bildschirms deines Smartphones [im Querformat] misst).

Kommentar zu den Übungs- und Vertiefungsaufgaben

Merkmale gemäss Kategoriensystem	
Kompetenzfacetten und Lebensnähe	Aufgabe 4 zielt auf eine bestimmte Facette der Kompetenz NT.6.3b ab. Es geht darum, die Abbildung mit einer Sammellinse nicht nur qualitativ zu erkunden, sondern auch quantitativ, sprich mit der Abbildungsgleichung, rechnerisch nachzuvollziehen. Dies ist explizit auch Bestandteil der hier im Fokus stehenden Handlungskompetenz «Modellieren». Die Erkenntnisse aus den Erarbeitungsaufgaben werden im bekannten Rahmen geübt, jedoch ergänzt um den quantitativen Aspekt der Abbildungsgleichung. Auch Aufgabe 5 greift einzelne Kompetenzfacetten auf, indem wie in der Kompetenz NT.6.3a beschrieben, die Eigenschaften einer Linse nun auch experimentell bestimmt und in einer Tabelle festgehalten werden.
Präkonzepte, Wissensart und kognitive Leistung	Der Aspekt der physikalischen Formel in der Übungsaufgabe ist an dieser Stelle nicht neu, hat nun aber eine grössere Bedeutung. Dies auch in Aufgabe 5, in der es um die Vergrösserung bei der Abbildung mit einer Sammellinse geht. Zudem werden die bis anhin nur durch Worterklärungen bezeichneten Begriffe wie Bildgrösse explizit genannt und mit einer Variablen versehen. Am Ende der Aufgabe 5a notieren sich die Lernenden eine allgemeingültige Regel zur Brennweite von Linsen, die sie später auf ähnliche Problemstellungen anwenden können.
Strukturierung und Repräsentationsformen	Für das Lösen der Aufgabe 5b wird von den Schülerinnen und Schülern verlangt, dass sie einen eigenen Versuch planen. Das Vorgehen ist nicht mehr im gleichen Masse vorstrukturiert, wie dies noch bei den Erarbeitungsaufgaben der Fall war. Bei den beschriebenen Übungs- und Vertiefungsaufgaben werden verschiedene Repräsentationsformen eingesetzt wie Web-Simulationen, Tabellen, Skizzen und Formeln. Komplexere Satzgefüge sowie die Verwendung von Fachbegriffen und den damit zusammenhängenden Variablen fordern von den Lernenden, an erworbenes Wissen anzuknüpfen.
Offenheit der Aufgabe, Lernunterstützung und Vielfalt der Lernwege	Die Aufgaben 4 und 5 enthalten selbstdifferenzierende Teilaufgaben. So wird unter anderem bewusst darauf geachtet, dass die Schülerinnen und Schüler nicht nur mit vorgegebenen Zahlen rechnen, sondern auch ihre in den Erarbeitungsaufgaben durchgeführten Messungen mit einer Formel überprüfen können sowie eigene Zahlenbeispiele und Fragestellungen kreieren. Bei der Arbeit mit der Web-Simulation stehen eigens formulierte Fragestellungen im Vordergrund, wodurch die Aufgabe den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen gerecht wird und auch geübte Lernende eine Herausforderung finden. Um gleichzeitig der Überforderung von schwächeren Schülerinnen und Schülern entgegenzuwirken, sind bei der Übungs- wie auch bei der Vertiefungsaufgabe einfache Zahlenbeispiele zum Rechnen integriert. Die Tipps zum Planen eines Experiments bei Aufgabe 5b können, je nach Vorkenntnissen in Bezug auf das Planen eines physikalischen Versuchs, im Aufgabentext auch weggelassen und als gestufte Hilfen eingesetzt werden.

Unterrichtsplanungen

NT – Physik – Optische Phänomene

Synthese- und Transferaufgabe

Mit einer Syntheseaufgabe werden nochmals die Aussagen und Fragestellungen aus dem Concept Cartoon (vgl. Aufgabe 1) aufgegriffen. Die in den Erarbeitungsaufgaben erlernten Teilkompetenzen sollen nun den diskutierten Präkonzepten aus der Konfrontationsaufgabe gegenübergestellt werden. Die Schülerinnen und Schüler erkennen so einerseits ihren Lernfortschritt und können andererseits die Aussagen und Problemstellungen aus dem Cartoon abschliessend klären. Der Prozess der Konzeptänderung wird sichtbar. Die daran anknüpfende Transferaufgabe verlangt von den Lernenden, ihre erworbenen Kompetenzen in einer neuen, aber ähnlichen Situation anzuwenden. Eine «Virtual Reality»-Brille wird dazu auf die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zum Beamer hin untersucht.

Es ist sinnvoll, dass die Lehrperson vor der Bearbeitung der Transferaufgabe einen Kurzvortrag zum Thema «Virtuelles Bild bei der Abbildung mit Sammellinsen» hält und dabei zum Beispiel die Entstehung dieser Art Bild an einem bekannten Gegenstand wie der Handlupe erläutert. Danach können die Lernenden in Aufgabe 7 dieses und weitere zuvor erarbeitete Konzepte auf den Kontext der «Virtual Reality»-Brille transferieren.

Aufgabe 6**Tipps für Emma und Tom (Synthese)****Fachliche Konzepte**

- Verlauf der Lichtstrahlen bei optischen Phänomenen
- Brennpunkt und Brennweite von Linsen
- Abbildungsgleichung und Strahlenverlauf bei der Abbildung an Linsen

Handlungsaspekte

- Analysieren

Voraussetzungen

Aufgaben 1 bis 5 gelöst.

Aufgabe

Emma und Tom haben von ihren Mitschülerinnen und Mitschülern Tipps für den Bau ihres Smartphone-Beamers bekommen. Du hast mittlerweile einen eigenen Beamer gebaut und diesen untersucht. Nimm nun Stellung zu den Tipps, die Emma und Tom von ihrer Klasse bekommen haben:

1. Lies nochmals die Sprechblasen im Cartoon der Aufgabe 1 durch. Überlege dir zu jedem Tipp (auch zu deinem eigenen), ob du damit einverstanden, teilweise einverstanden oder nicht einverstanden bist.
2. Begründe deine Meinung. Erwähne dich, was du in den Aufgaben 2 bis 5 über den Beamer herausgefunden und gelernt hast.
3. Ihr habt die Tipps beim Lösen der Aufgabe 1 in der Gruppe diskutiert. Wo habt ihr damals schon richtig gelegen, wo habt ihr Neues dazugelernt?
4. Hast du noch weitere, neue Tipps für Emma und Tom?



Aufgabe 7

Die «Virtual Reality»-Brille (Transfer)

Fachliche Konzepte

- Verlauf der Lichtstrahlen bei optischen Phänomenen
- Brennpunkt und Brennweite von Linsen
- Abbildungsgleichung und Strahlenverlauf bei der Abbildung an Linsen

Handlungsaspekte

- Analysieren
- Modellieren

Voraussetzungen

Kompetenz **NMG.4.3d** (2. Zyklus): Handlupe, Binokular und Feldstecher in verschiedenen Situationen gezielt einsetzen und verwenden.

Aufgaben 1 bis 6 gelöst und Kurzvortrag der Lehrperson zum Thema «Virtuelles Bild» gehört.

Aufgabe

Eine «VR»-Brille funktioniert ganz einfach: In einem Plastik- oder Kartongehäuse wird ein Smartphone eingesetzt, auf welchem eine App ein Bild für beide Augen einblendet. Schaut man in die VR-Brille, so scheint es, als sehe man eine andere Welt um sich herum (die App auf dem Smartphone ist so programmiert, dass du dich drehen kannst und danach einen anderen Ausschnitt aus dieser Welt siehst).

1. Lade dir eine passende App für «VR»-Brillen auf dein Smartphone (z. B. **Google Cardboard** oder **Coastality**). Baue die VR-Brille aus Karton zusammen und setze dein Smartphone ein. Probiere dann deine «VR»-Brille aus und beschreibe, aus welchen Teilen sie besteht.
2. Schaue einmal ohne «VR»-Brille auf dein Smartphone: Was ist anders?

3. Was würdest du sehen, wenn du die Linsen aus der «VR»-Brille herausnehmen würdest und dann durchschaust?

Bei der VR-Brille entsteht ein sogenanntes «virtuelles Bild» bei der Abbildung des Smartphones durch die Linsen.

Was ist schon wieder ein virtuelles Bild und was ist der Unterschied zum Bild beim Beamer?

Bearbeite die folgenden Aufgaben, um dies herauszufinden:

4. Besuche nochmals die Website mit der Web-Simulation wie bei Aufgabe 4.
Was passiert, wenn du den Gegenstand ganz nahe bei der Linse platzierst? (Hinweis: Das Bild ist nun ein virtuelles Bild).
5. Wie nah muss der Gegenstand (hier das Smartphone) mindestens an die Linse heran, damit ein virtuelles, vergrößertes Bild entsteht?
6. Bestimme die Brennweite der Linsen aus der «VR»-Brille. Wie nah muss das Smartphone mindestens zu den Linsen sein, damit wir den Bildschirm vergrößert sehen?
7. Miss den Abstand des Smartphones zu den Linsen in deiner «VR»-Brille. Dieser Abstand ist die Gegenstandsweite. Du hast die Brennweite f der Linsen bereits untersucht. Berechne nun die Bildweite b und die Bildgröße B des virtuellen Bildes.
8. Welche Gemeinsamkeiten haben eine Lupe und eine «VR»-Brille?
Wo liegt der Unterschied zum Beamer?



Kommentar zu den Synthese- und Transferaufgaben

Merkmale gemäss Kategoriensystem	Syntheseaufgabe	Transferaufgabe
Kompetenzfacetten und Lebensnähe	Da sich die Syntheseaufgabe direkt auf die realitätsnahe Konfrontationsaufgabe bezieht, ist auch hier ein direkter Bezug zur Lebenswelt gegeben. Die Teilaspekte der erlernten Kompetenzen müssen seitens der Schülerinnen und Schüler zusammengefasst und auf die ursprüngliche Problemstellung bezogen werden.	Der Kontext der Aufgabe ist bewusst nahe an der Lebenswelt der Lernenden angelehnt. Brillen, welche das Eintauchen in eine virtuelle Realität ermöglichen, werden immer populärer, sei es für Videochats, virtuelle Achterbahnfahrten oder Computerspiele. Die erarbeiteten Kompetenzen zum Thema Abbildung mit optischen Linsen und die aus dem Kurzvortrag bekannte Entstehung eines virtuellen Bildes lassen sich bei der Erklärung der Funktion solcher «VR»-Brillen optimal anwenden.
Präkonzepte, Wissensart und kognitive Leistung	Die bisher erarbeiteten Konzepte werden den Aussagen aus dem Cartoon aus Aufgabe 1 gegenübergestellt. In der Syntheseaufgabe können die Lernenden also ihr neu erworbenes Wissen in einer bereits bekannten Situation anwenden und ihren eigenen zu Beginn diskutierten Präkonzepten gegenüberstellen. Der Lernprozess bzw. das schrittweise Anpassen von Konzepten wird sichtbar gemacht und kann reflektiert werden.	Die Schülerinnen und Schüler übertragen ihr Wissen über die Abbildung mit Sammellinsen beim Beamer auf die Abbildungseigenschaften der Linsen in «VR»-Brillen. Es braucht hier einerseits analogiebildendes Denken, damit die physikalischen Gesetze auf den neuen Kontext übertragen werden können. Andererseits handelt es sich aber bei der «VR»-Brille um einen Spezialfall, wodurch das bisher Gelernte auf die neue Situation (namentlich die Entstehung von virtuellen Bildern) angepasst werden muss.
Strukturierung und Repräsentationsformen	Die Aufgabe ist wenig komplexitätsreduziert, da die Lernenden mit ihren gewonnenen Erkenntnissen die Tipps aus dem Cartoon selbstständig analysieren und begründet beurteilen müssen.	Die in der Aufgabe 7 vorkommenden Fragestellungen verlangen die Anwendung von verschiedenen bisher erworbenen Teilkompetenzen. Dabei sind die Formulierungen kürzer und prägnanter als noch zuvor. Es muss mit unterschiedlichen Repräsentationsformen wie der «VR»-Brille als Realmodell, der Web-Simulation für Linsenabbildungen und den physikalischen Formeln der Abbildungsgleichung gearbeitet werden.
Offenheit der Aufgabe, Lernunterstützung und Vielfalt der Lernwege	Da auch der eigene Tipp aus der Aufgabe mit dem Cartoon analysiert wird und nach weiteren Tipps gefragt wird, stehen den Schülerinnen und Schülern mehrere Lösungswege offen. Die Beurteilung der gegebenen Aussagen lässt sich unterschiedlich angehen, was wiederum damit zu tun hat, dass auch die Übungs- und Vertiefungsaufgaben zum Teil selbstdifferenzierend aufgebaut sind.	Die Fragen zur Untersuchung der «VR»-Brille sind offener gestellt als die Aufgaben in der Erarbeitungsphase. Es soll zum Beispiel untersucht werden, was passiert, wenn die Gegenstandsweite kleiner als die Brennweite wird. Auch die Analyse von Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen Beamer und «VR»-Brille lässt verschiedene Lösungswege zu und ist somit selbstdifferenzierend.

Ausblick

Anknüpfend an das Aufgabenset «Optische Phänomene – untersuchen, analysieren, modellieren» können die Teilkompetenzen NT.6.2c und NT.6.2d aufgebaut werden. Die bislang erworbenen Kenntnisse werden auf die Linse des menschlichen Auges transferiert, die Funktionsweise des Auges wird näher beschrieben und Fehlsichtigkeiten sowie deren Korrekturen werden analysiert. Nachfolgend einige Ideen und Kontexte für Transferaufgaben oder ein neues, in sich geschlossenes Aufgabenset mit verschiedenen Aufgabentypen:

Ausblick 1: Die Gesetzmässigkeiten einer Abbildung wurden in diesem Aufgabenset ausschliesslich an Linsen aufgezeigt. Ebenso gut lassen sie sich an Hohlspiegeln untersuchen. Eine weitere Möglichkeit bieten ein Vergleich und das Ausarbeiten von Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen der Bildentstehung bei Linsenabbildungen und der Spiegelung bei gekrümmten Spiegeln.

Ausblick 2: Der Frage, was passiert, wenn mehrere Linsen nacheinander angebracht werden, kann im Anschluss an das oben beschriebene Aufgabenset nachgegangen werden. Einerseits bietet das Bearbeiten dieser Problemstellung eine sinnvolle Vorbereitung auf das Thema Korrekturen bei Fehlsichtigkeit, und andererseits lassen sich optische Geräte wie Fernrohre und Mikroskope erkunden und erklären.

Ausblick 3: Technik im Alltag (Kompetenz NT.1)
Während des Bearbeitens des Aufgabensets «Optische Phänomene» lassen sich an verschiedenen Stellen Bezüge zur Technik und insbesondere zu technischen Geräten aus dem Alltag herstellen. Der Beamer und auch die «Virtual Reality»-Brille bieten optimale Gelegenheiten, die Teilkompetenzen NT.1.2a und NT.1.2c aus dem Lehrplan 21 zu entwickeln (siehe unten). So kann zum Beispiel beim Eigenbau des Smartphone-Beamers noch genauer auf die technischen Aspekte wie die verwendeten Komponenten eingegangen oder ein Vergleich mit dem Beamer im Schulzimmer gezogen werden.

Die entsprechenden Teilkompetenzen zum Bereich «technische Alltagsgeräte»:

- » NT.1.2a: Die Schülerinnen und Schüler können die Funktionsweise einfacher technischer Geräte erfassen und Komponenten nachbauen.
- » NT.1.2c: Die Schülerinnen und Schüler können Grundprinzipien von Alltagsgeräten erkennen, vergleichen und präsentieren.

Ausblick 4: Eine Verknüpfung mit der Biologie kann unter anderem mit der Sezierung eines Tierauges, das dem menschlichen Auge ähnlich ist, erreicht werden. Die Linse kann herausgeschnitten, betrachtet und auf ihre Abbildungseigenschaften hin untersucht werden. Vor allem das virtuelle Bild, sprich die Lupenwirkung der Linse, ist meist gut sichtbar. Dabei soll aber unbedingt darauf eingegangen werden, dass auf der Netzhaut kein virtuelles, sondern ein reelles Bild entsteht. Ein Vergleich mit dem Beamer bietet sich an.

Ausblick 5: Ist die Funktion der Linse im menschlichen Auge bekannt, können verschiedene Fehlsichtigkeiten analysiert werden. Für die Untersuchung von Korrekturmöglichkeiten eignen sich zum Beispiel die vom «Centre for Vision in the Developing World» (cvdw.org) entwickelten verstellbaren Brillen (vgl. die Beispielaufgabe S. 114). Auch in Experimentkästen für die Optik sind oft Linsen enthalten, deren Brennweite mithilfe einer in die Linse zu pumpenden Flüssigkeit verstellt werden kann.

Die Teilkompetenzen NT.6.3c und NT.6.3d beinhalten optische Phänomene zum Thema Brechung des Lichts, inklusive der Totalreflexion. In diesem Artikel wird nicht näher auf die Erarbeitung dieser Kompetenzaspekte eingegangen, dennoch sind sie im Kompetenzerwerbsschema erwähnt. Es finden sich viele Freihandexperimente zu diesen Themen in diversen Physiklehrmitteln.

Aufgabenbeispiel zum Ausblick 5 Verstellbare Brillen (Vertiefungsaufgabe)

Fachliche Konzepte

- Funktionsweise des menschlichen Auges
- Fehlsichtigkeiten und deren Korrekturen

Handlungsaspekte

- Analysieren
- Untersuchen
- Modellieren

Voraussetzungen

Aufgaben 1 bis 5 gelöst.

Aufgaben zum **Ausblick 4** bearbeitet; Funktion des menschlichen Auges bekannt.

Aufgabe

Das «Centre for Vision in the Developing World» (cvdw.org) hat eine verstellbare Brille entwickelt, die auf die eigene Sehstärke angepasst werden kann. Diese Brille wird in Entwicklungsländern eingesetzt, damit vor allem Kinder besser sehen können. Denn gut zu sehen ermöglicht vielen Kindern erst, eine Schule zu besuchen und später nicht in Armut leben zu müssen. Die Brille kostet nur wenige Dollar und kann ganz einfach eingestellt werden.



- Wie funktionieren solche Brillen? Und wie muss man sie einstellen, damit man wieder scharf sieht?

Die Brennweite f der Linse in unserem Auge ist nicht immer gleich gross. Je nachdem, wie stark der Muskel die Linse zusammendrückt, ist die Brennweite kleiner oder grösser. Das Auge arbeitet so, dass das scharfe Bild immer auf der Netzhaut liegt. Sollte dies das Auge nicht mehr in jeder Situation können (z. B. beim Betrachten von weit entfernten Sachen), hilft eine Brille.

- Finde nun mit einer verstellbaren Linse heraus, welche Form eines Brillenglases die Lichtstrahlen wie ablenkt und welche Linsen ein kurzsichtiger und welche ein weitsichtiger Mensch in seiner Brille braucht.
- Erstelle danach eine Zeichnung, die zeigt, wie die Lichtstrahlen durch die Brillenlinse und die Augenlinse verlaufen, bis sie auf die Netzhaut treffen.

Das Lernen begleiten, bewerten, reflektieren und auswerten

Lernbegleitung: Formative Beurteilung mit Aufgaben

Die folgende formative Beurteilungsaufgabe spricht explizit die (Prä-)Konzepte der Lernenden an und ermög-

licht der Lehrperson, sich über den Lernstand ihrer Schülerinnen und Schüler zu informieren sowie ihnen eine zeitnahe und förderorientierte Rückmeldung zu geben.

Aufgabe F

Begriffe und Fragen

Fachliche Konzepte

- Verlauf der Lichtstrahlen bei optischen Phänomenen
- Brennpunkt und Brennweite von Linsen
- Abbildungsgleichung und Strahlenverlauf bei der Abbildung an Linsen

Handlungsaspekte

- Analysieren

Voraussetzungen

Aufgaben 1 bis 4 gelöst.

Aufgabe

Setzt euch zu zweit oder zu dritt zusammen und schneidet die Kärtchen aus. Legt diese verdeckt vor euch hin. Zieht dann abwechselnd ein Kärtchen und erklärt den anderen den Begriff darauf oder beantwortet die Frage.

Falls jemand nicht sicher ist, was der Begriff bedeutet, oder die Frage nicht beantworten kann, darf die Gruppe helfen. Legt alle Kärtchen zur Seite, die ihr nicht erklären könnt. Fragt die Lehrperson um Hilfe, falls ihr solche Kärtchen habt. Besprecht die Kärtchen anschliessend auch mit der gesamten Klasse.

Brennweite	Warum schneidet ein Klebeband auf der Linse das Bild nicht ab?	Gegenstandsweite
Was hast du noch nicht verstanden zum Thema Beamer?	Sammellinse	Wie muss der Beamer eingestellt sein, damit ein Bild an der Wand scharf wirkt?
Wie verläuft ein Lichtstrahl, der von einem Pixel des Smartphones ausgeht?	Stelle eine eigene Frage und beantworte sie.	Wie gross muss die Linse sein, damit man das Smartphone abbilden kann?

Kommentar zur formativen Beurteilungsaufgabe

Merkmale gemäss Kategoriensystem	
Kompetenzfacetten und Lebensnähe	Bei einigen Fragen müssen mehrere Teilaspekte der erarbeiteten Kompetenzen gedanklich zusammengeführt werden, um das Konzept dahinter zu erklären und zu begründen (z.B. bei der Grösse der Linse). Auch die Begriffe wie «Brennweite» oder «Sammellinse» kommen in mehreren Teilkompetenzen vor, die im Rahmen dieser formativen Beurteilungsaufgabe geprüft werden.
Präkonzepte, Wissensart und kognitive Leistung	Durch das abwechselnde Ziehen der Kärtchen und das anschliessende Diskutieren der Begriffe werden die individuellen Vorstellungen über die Konzepte bei den Lernenden sichtbar. Die Begriffe sprechen das Faktenwissen der Schülerinnen und Schüler an und die Fragen zielen auf die erlernten Konzepte oder Fertigkeiten (z.B. Einstellung des Beamers) ab. Auch die Dimension der Metakognition, in diesem Fall das Reflektieren über den Lernprozess, wird mit der Frage «Was hast du noch nicht verstanden zum Thema Beamer?» abgedeckt.
Strukturierung und Repräsentationsformen	Die Teilaufgaben bzw. die einzelnen Kärtchen sind unterschiedlich stark strukturiert. Sie beinhalten Begriffe, die einen weniger grossen Spielraum bei der Erklärung zulassen, als dies die Fragen tun. Die Aufforderung, eine eigene Frage zu erfinden und zu beantworten, bietet allen Lernenden die Möglichkeit, einen nicht vorstrukturierten Denkweg einzuschlagen.
Offenheit der Aufgabe, Lernunterstützung und Vielfalt der Lernwege	Ein Feedback mit Lernunterstützung ist durch die Peers möglich, indem die Antworten der einzelnen Schülerinnen und Schüler in der Gruppe diskutiert werden. Dadurch, dass die Kärtchen, die nicht beantwortet werden können, gesammelt und später mit der ganzen Klasse angeschaut werden, ist auch ein zeitnahe Feedback seitens der Lehrperson möglich.

Summative Beurteilung mit Aufgaben

In der hier aufgeführten summarischen Beurteilungsaufgabe soll in einem konstruierten Kontext überprüft werden, inwieweit die Lernenden die Inhalte der erarbeiteten Teilkompetenzen verstanden haben und anwenden können. Die Aufgabe ist teilstrukturiert, indem sie zwar alle benötigten Angaben zur Berechnung der Bildgrösse und -weite geordnet aufführt, nicht aber die Reihenfolge der

Rechenschritte vorgibt. Die Lernenden müssen selbstständig auf die Idee kommen, dass zuerst die Bildweite mithilfe der Brenn- und Gegenstandsweite berechnet werden muss, bevor die Berechnung der Bildgrösse möglich ist. Eine Lernunterstützung ist keine vorhanden, da summative Beurteilungsaufgaben unter anderem auch bei Prüfungen eingesetzt werden.

Aufgabe S

Rechnen mit der Abbildungsgleichung**Fachliche Konzepte**

- Abbildungsgleichung und Strahlenverlauf bei der Abbildung an Linsen

Handlungsaspekte

- Modellieren

Voraussetzungen

Ganzes Aufgabenset bearbeitet.

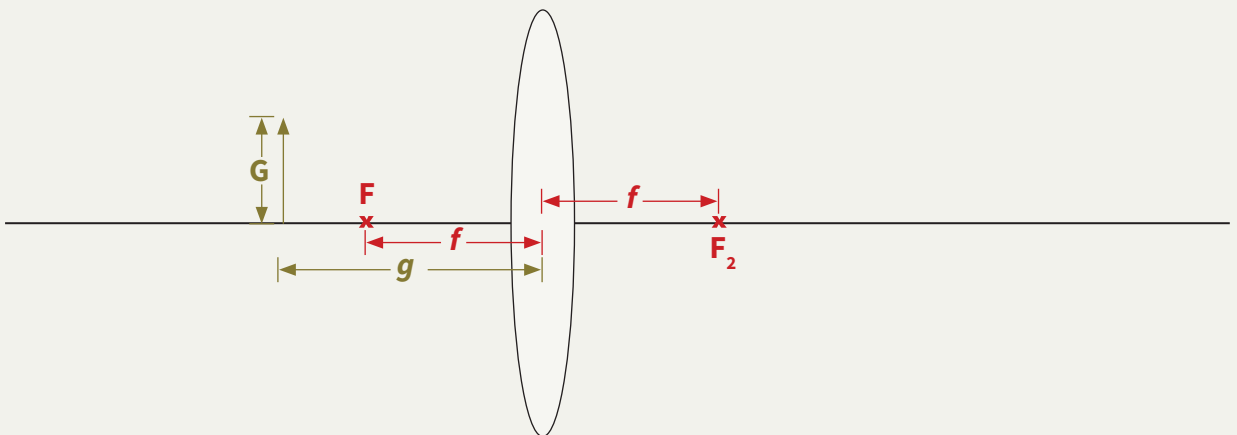
Aufgabe

Emma möchte eine kleine Zeichnung eines Glückskäfers vergrössern, um die Zeichnung abzapausen und eine Geburtstagskarte für ihre Mutter daraus zu gestalten. Ihr kommt in den Sinn, dass sie bei ihrem selbst gebastelten Beamer zur Vergrösserung des Smartphone-Bildschirms eine Linse eingesetzt hat. Sie kopiert den Käfer daher auf eine Folie und beleuchtet diese von hinten. Mit einer Linse bringt sie ein scharfes Bild an die Wand. Berechne, wie gross das Bild an der Wand sein wird und wie weit entfernt von der Wand Emma die Linse aufstellen muss:

- Der Käfer auf der Folie ist 6 cm gross ($G = 6 \text{ cm}$).
- Die Linse hat eine Brennweite von $f = 10 \text{ cm}$.
- Emma hält die Folie mit dem Käfer im Abstand von 15 cm von der Linse ($g = 15 \text{ cm}$).



Erkläre in Worten, wie du das Bild B in der oben abgebildeten Zeichnung konstruieren könntest. Auf welcher Seite der Linse befindet sich das Bild?



Kommentar zur summativen Beurteilungsaufgabe

Merkmale gemäss Kategoriensystem	
Kompetenzfacetten und Lebensnähe	Die Schülerinnen und Schüler müssen zur Lösung dieser summativen Beurteilungsaufgabe verstehen, welche Abbildungseigenschaften eine Konvexlinse mit sich bringt. Dazu brauchen sie eine Vorstellung davon, wie die Lichtstrahlen (hier von der Taschenlampe hinter der Folie ausgehend) in der Linse gebrochen werden und dadurch im Abstand der Bildweite ein scharfes Bild an der Wand projiziert wird. In der Übungsaufgabe des Aufgabensets lag der Fokus auf dem Verstehen der Abbildungsgleichung im Kontext eines optischen Geräts (Beamer). Die hier verlangten Rechnungen und die verlangte Erklärung zum Vorgehen bei der Bildkonstruktion mittels charakteristischer Lichtstrahlen decken die im Aufgabenset erlernten Teilaspekte der Kompetenz NT.6.3 ab. Dazu werden mehrere Teilkompetenzen in einer einzigen Aufgabenstellung beurteilt.
Präkonzepte, Wissensart und kognitive Leistung	Die Aufgabe verlangt einen nahen Transfer auf ein analoges Beispiel. Dazu braucht es mathematisch und auch konzeptionell kein neues Wissen, jedoch müssen die Lernenden die Situation als analog zum Beamer erkennen können und mit der gelernten Formel die gesuchten Grössen berechnen. Es braucht dazu einerseits Faktenwissen (z.B. die auswendig gelernte Formel), Fertigkeiten (u. a. das Einsetzen der gegebenen Grössen und das Umformen der Formel) sowie das Kennen der Konzepte (z.B. wann ein scharfes Bild an der Wand entsteht). Zudem wird von den Lernenden verlangt, darüber zu berichten, wie sie bei einer Bildkonstruktion in diesem konkreten Fall vorgehen könnten (Metakognition).
Strukturierung und Repräsentationsformen	Einerseits rechnen die Lernenden mit einer abstrakten Formel, andererseits beschreiben sie mithilfe einer abgedruckten Skizze die Konstruktion eines scharfen Bildes. Damit verlangt die Aufgabe unterschiedliche Repräsentationsformen, auch weil Informationen aus einem Text zuerst mathematisiert werden müssen. Die Komplexität der Aufgabe könnte noch gesteigert werden, indem die Buchstaben zu den Grössen Gegenstandsweite (g), Brennweite (f) und Gegenstandsgrösse (G) weggelassen werden und die Angaben in einem Fliesstext integriert würden. Auch das Ausführen der Bildkonstruktion (anstatt nur der Beschreibung in Worten) käme einer Steigerung der Schwierigkeit gleich.
Offenheit der Aufgabe, Lernunterstützung und Vielfalt der Lernwege	Mehrere Lösungen sind nur im zweiten Teil der Aufgabenstellung möglich. Es gibt verschiedene Varianten, das Bild bei einer Linsenabbildung zu konstruieren. So spielt es keine Rolle, welche zwei charakteristischen Strahlen (z.B. Mittelpunktstrahl und Brennpunktstrahl) für die Bildkonstruktion verwendet werden. Im ersten Teil der summativen Beurteilungsaufgabe wird hingegen bewusst eine geschlossene Rechenaufgabe gestellt. Hier unterscheidet sich die Physik von anderen Fachrichtungen im Bereich NMG und zeigt die Bezüge zur Mathematik. Mit der verlangten Rechnung und Anwendung der gelernten Formel in einer neuen Situation kann die Transferleistung der Schülerinnen und Schüler sowie ihre Fähigkeit zur Abstraktion von Zusammenhängen überprüft werden.

Literatur

EDK Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (2011): Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften. Bern: EDK.

Ekici, F., Ekici, E. & Aydin, F. (2007): Utility of Concept Cartoons in diagnosing and overcoming misconceptions related to photosynthesis. *International Journal of Environmental & Science Education*, 2(4), 111–124.

Keogh, B. & Naylor, S. (1999): Concept cartoons, teaching and learning in science. *INT. J. SCI. EDUC.*, 21(4), 431–446.

Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (2011): *Schülervorstellungen in der Physik*. Aulis Verlag

Wiesner et al. (2015): *Physikdidaktik kompakt*. Aulis Verlag.