

Umsetzungsbeispiele zum Planen von Experimenten mit den Schülerexperimentierkästen Optik I und II der Firma Mekruphy

An einigen Beispielen wird aufgezeigt, wie die Kompetenz „Experimente planen“ mit steigendem Anforderungsniveau mit Hilfe eines konkreten Schülerexperimentierkastens eingeführt und vertieft werden kann.

Die Lochkamera

Klassenstufe:	7/8
Versuchstyp:	(B)
Methodische Variante:	[2], Erarbeitung, mit „Ich-Du-Wir“ und im L-S-Gespräch

Unterrichtssituation

Zu Beginn des Optik-Lehrgangs in Klasse 7/8 sollen an einem ansprechenden Versuch das Phänomen der „Lochkamera“ und die Eigenschaften des Lochkamerabildes erarbeitet werden. Nach einem geeigneten Einstieg sollen sich die Schülerinnen und Schüler (SuS) den Versuchsaufbau mit vorgegebenen Geräten weitgehend selbstständig erarbeiten. Vor der Versuchsdurchführung werden im Lehrer-Schüler-Gespräch die Teilkompetenzen {3}-teilweise, {4} und {5} erarbeitet. Der Umgang mit den Experimentiergeräten wird vom Lehrer erläutert. Auf das Aufstellen von Hypothesen {2} soll hier verzichtet werden.

Lehrgangsskizze

Einstieg, Hinführung:

Als Einstieg kann der „Physikraum als Lochkamera“ vorgestellt werden. Die SuS beobachten das Lochkamerabild der Umgebung auf dem Schirm, entdecken erste Eigenschaften des Lochkamerabildes. Die Bedeutung der Lochblende für den Fotoapparat kann herausgestellt werden.

Ziel (offene Fragestellung):

Im Unterricht soll eine eigene Lochkamera gebaut und weitere Eigenschaften des Lochkamerabildes entdeckt werden.

Aufgabenstellung:

Wie kannst Du Dir selbst eine Lochkamera herstellen und wie sieht das Lochkamerabild im Vergleich zum Original aus?

Vom Lehrer bereitzustellende Geräte aus den Optikkästen I und II:

1 Reiter mit Schraube	1 weißer Schirm oder Transparenzschirm	1 Quadratblende
1 Reiter mit Schlitz	1 F-Blende	1 Vollblende
1 einfacher Reiter	1 Lochblende (\varnothing 4 mm)	1 Experimentierleuchte
1 Stativstange 10 cm	1 Lochblende (\varnothing 2 mm)	2 Experimentierkabel
1 Linsenhalter mit Diarahmen	1 Lochblende (\varnothing 1 mm)	1 Netzgerät ($U = 12 \text{ V}$)
1 optische Bank		1 Vollblende

Arbeitsauftrag

1. Schritt: „Ich“: In Stillarbeit – jeder für sich allein – beantwortet folgende Fragen auf Konzeptpapier:

Vorüberlegungen

- Aus welchen grundlegenden Teilen besteht eine Lochkamera?
- Überlege Dir, wie Du mit den bereitgestellten Geräten des Optikkastens eine Lochkamera bauen könntest. Baue den Versuch jedoch noch nicht auf.

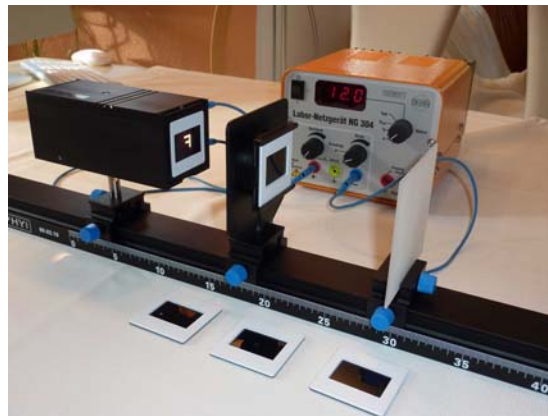
Versuchsaufbau

- Skizziere den Versuchsaufbau.

2. Schritt: „Du“: Mit dem Partner, in der Bank, im Team

- Einigt Euch im Team auf eine gemeinsame Lösung.

Hilfestellung: Auf dem **Lehrerpult** findet Ihr ein Foto des Versuchsaufbaus. Wenn Ihr nicht weiter wisst, könnt Ihr Euch daran orientieren.



3. Schritt: „Wir“ Im Plenum:

- Besprechung des Versuchsaufbaus und der zu verwendenden Geräte, Hilfestellung des Lehrers zum Aufbau des Versuches (Anbringen der Reiter, Aufstecken der Blenden, Einstellen der Spannung am Netzgerät usw.)
- Entwurf eines gemeinsamen Tafel- und Heftaufschriebs

Durchführung des Experiments

1. Erzeuge zunächst ein Lochkamerabild mit der größten Lochblende (\varnothing 4 mm) und ersetze die Lochblende anschließend nacheinander durch die beiden kleineren Lochblenden (\varnothing 2 mm und 1 mm). Beschreibe das Lochkamerabild auf dem Schirm und vergleiche die jeweils entstandenen Lochkamerabilder miteinander! (Bildgröße, Helligkeit, Schärfe)
2. Erzeuge ein Lochkamerabild mit der Quadratblende. Beschreibe das Bild auf dem Schirm!
3. Erzeuge ein Lochkamerabild mit der kleinsten Lochblende.
 - a. Variiere den Abstand Gegenstand – Lochblende (Gegenstandsweite). Formuliere Deine Beobachtung in Je-Desto-Aussagen, z.B. Je größer die Gegenstandsweite, desto größer/kleiner das Bild.
 - b. Variiere den Abstand Lochblende – Bild (Bildweite). Formuliere Deine Beobachtung in Je-Desto-Aussagen, z.B. Je größer die Bildweite, desto größer/kleiner das Bild.

Licht und Schatten

Klassenstufe:	7/8
Versuchstyp:	(B)
Methodische Variante:	[2], Erarbeitung im L-S-Gespräch

Unterrichtssituation

Es soll die Entstehung des Schattenbildes zunächst bei Beleuchtung mit einer als punktförmig angenommenen Lichtquelle, anschließend bei Beleuchtung mit zwei Lichtquellen untersucht werden. Nach einem geeigneten Einstieg wird gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern (SuS) der Versuchsaufbau erarbeitet. Vor der Versuchsdurchführung werden im Lehrer-Schüler-Gespräch die Teilkompetenzen {3}-teilweise, {4} und {5} erarbeitet. Im ersten Teilversuch wird auf das Aufstellen von Hypothesen {2} verzichtet. Nachdem die Entstehung des Schattenbildes bei der Beleuchtung mit einer einzelnen Lichtquelle anhand des Strahlenmodells des Lichts besprochen wurde, sollen die SuS mit dem nun vorhandenen Wissen erstmalig selbstständig Hypothesen zum Schattenbild bei Beleuchtung mit zwei Lichtquellen aufstellen und dies experimentell überprüfen.

Lehrgangsskizze

Einstieg, Hinführung:

Als Einstieg können Comics zu möglichen und unmöglichen Schattenbildern vorgestellt und diskutiert werden. Der Lehrer erarbeitet gemeinsam mit den SuS, welche Geräte zum Erzeugen eines Schattenbildes notwendig sind.

Ziel (offene Fragestellung):

Im Schülerexperiment soll die Entstehung des Schattenbildes und seine Eigenschaften untersucht werden.

Aufgabenstellung – 1. Teil:

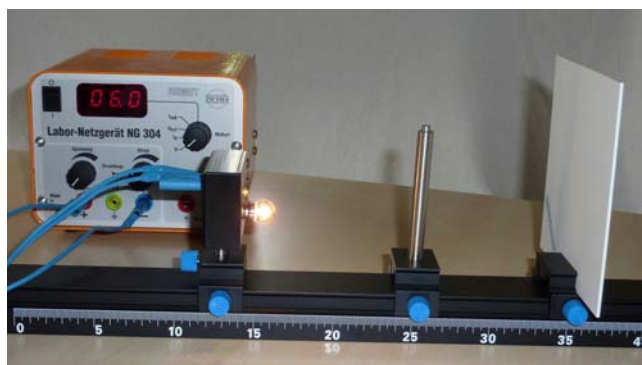
Wie sieht das Schattenbild eines Gegenstandes bei Beleuchtung mit einer punktförmigen Lichtquelle aus? Wovon hängt seine Größe und Form ab?

Vom Lehrer bereitzustellenden Experimentiermaterialien:

1 Glühlampenblock mit zu nächst nur 1 Glühlampe	1 Reiter mit Schraube	2 Experimentierkabel
1 Reiter mit Schlitz	1 einfacher Reiter	1 optische Bank
1 weißer Schirm oder Transpa- rentschirm	1 Stativstange 10 cm	1 Netzgerät ($U = 6\text{ V}$)
	1 Stift 4 cm mit Gewinde	

Versuchsaufbau

- Baue den Versuch anhand des Fotos auf.



Durchführung des Experiments

1. Variiere den Abstand zwischen Lichtquelle und Gegenstand, indem Du die Lichtquelle verschiebst! Notiere Deine Beobachtung in einem Je-desto-Satz.
2. Variiere den Abstand zwischen Gegenstand und Schirm, indem Du den Schirm verschiebst! Notiere Deine Beobachtung in einem Je-desto-Satz!
3. Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Schattenbild auf dem Untergrund und dem Schattenbild auf dem Schirm?
4. Wie verändert sich das Schattenbild, wenn Du den Schirm schräg hältst?

Auswertung und Erklärung

Im LS-Gespräch wird der Versuch zunächst ausgewertet. Anschließend wird die Entstehung des Lochkamerabildes im Strahlenmodell erläutert und an der Tafel und im Heft skizziert.

Aufgabenstellung – 2. Teil:

Wie sieht das Schattenbild eines Gegenstandes bei Beleuchtung mit zwei punktförmigen Lichtquellen aus?

Arbeitsauftrag

1. Schritt: „Ich“: In Stillarbeit – jeder für sich allein – beantwortet folgende Fragen auf Konzeptpapier:

Hypothesen

- Überlege Dir anhand Deiner Kenntnisse über das Strahlenmodell des Lichts und die Entstehung des Schattenbildes einer punktförmigen Lichtquelle, wie das Schattenbild eines Gegenstandes bei der Beleuchtung mit zwei punktförmigen Lichtquellen aussehen muss. Fertige dazu zunächst eine Skizze an und sage das Versuchsergebnis voraus.
- Überlege, welchen Einfluss die Abstände Lichtquelle – Gegenstand bzw. Gegenstand – Schirm auf das Schattenbild haben kann.
- Überlege, welchen Einfluss der Abstand der beiden Lichtquellen auf das Schattenbild haben kann.

2. Schritt: „Du“: Mit dem Partner, in der Bank, im Team

- Einigt Euch im Team auf ein gemeinsames Ergebnis.
- Überprüft Eure Hypothesen im Experiment! Lasst Euch dazu vom Lehrer das zweite Glühlämpchen aushändigen!

3. Schritt: „Wir“ – im Plenum: Auswertung des Experiments, Einführung der Begriffe Kern- und Halbschatten

Das Reflexionsgesetz

Klassenstufe:	7/8
Versuchstyp:	(A), möglich wäre natürlich auch (B)
Methodische Variante:	[3], Erarbeitung , mit „Ich-Du-Wir“ und im L-S-Gespräch

Unterrichtssituation

Die SuS wissen, dass glatte Oberfläche (z.B. Spiegel) das Licht reflektieren, raue Oberflächen das Licht streuen. Die Begriffe Einfallslot, einfallender und reflektierter Strahl, Einfalls- und Reflexionswinkel sind eingeführt. Anhand eines Demonstrationsversuches (Laser und Spiegel) haben die SuS bereits erkannt, dass Einfalls- und Reflexionswinkel gleich sind. Die SuS sollen nun selbstständig die Gültigkeit dieser Gesetzmäßigkeit für möglichst viele Einfallswinkel überprüfen. Der Versuchsaufbau wird von den SuS selbstständig erarbeitet, die Geräte werden aus den Optikkasten selbst ausgewählt, der Versuch wird selbstständig aufgebaut und durchgeführt. Vor der Versuchsdurchführung werden mit der „Ich-Du-Wir“-Methode die Teilkompetenzen {3}-teilweise, {4} und {5}-teilweise erarbeitet.

Lehrgangsskizze

Ziel (offene Fragestellung):

Die in den Vorversuchen bereits erkannte Gleichheit zwischen Einfalls- und Reflexionswinkel soll nun im Schülerexperiment für möglichst viele Einfallswinkel bestätigt werden.

Aufgabenstellung:

Überprüfe, ob bei der Reflexion am ebenen Spiegel für alle Einfallswinkel gilt: Reflexionswinkel ist gleich Einfallswinkel.

Vom Lehrer bereitzustellen: Optikkasten

Arbeitsauftrag - Teil I

1. Schritt: „Ich“: In Stillarbeit – jeder für sich allein – beantwortet folgende Fragen auf Konzeptpapier:

Vorüberlegungen

- Welche Größen musst Du messen?
- Welche Messgeräte benötigst Du dazu?
- Welche weiteren Experimentiergeräte sind notwendig? Wähle diese Geräte aus dem Optikkasten aus!

Versuchsaufbau

- Skizziere den Versuchsaufbau.

2. Schritt: „Du“: Mit dem Partner, in der Bank, im Team

- Einigt Euch im Team auf eine gemeinsame Lösung.

Hilfestellung: Auf dem Lehrerpult findet Ihr ein Foto des Versuchsaufbaus. Wenn Ihr nicht weiter wisst, könnt Ihr Euch daran orientieren.

3. Schritt: „Wir“ Im Plenum:

- Besprechung des Versuchsaufbaus und der zu verwendenden Geräte, Hilfestellung des Lehrers zum Aufbau des Versuches
- Gemeinsamer Entwurf eines Versuchsprotokolls (Messwerttabelle) im LS-Gespräch

Durchführung des Experiments

1. Lasse das von der Experimentierleuchte ausgehende Lichtbündel unter verschiedenen Einfallswinkeln α auf den ebenen Spiegel fallen.
2. Miss für jeden Einfallswinkel α den zugehörigen Reflexionswinkel β und fülle die Messwerttabelle aus.
3. Formuliere einen Ergebnissatz! Beachte dazu die obige Aufgabenstellung!
4. Welche Besonderheit liegt bei einem Einfallswinkel von 90° vor?

Das Brechungsgesetz

Klassenstufe:	7/8
Versuchstyp:	(B)
Methodische Variante:	[3], Erarbeitung , mit „Ich-Du-Wir“ und im L-S-Gespräch

Unterrichtssituation

Die SuS wissen, dass Licht beim Übergang von einem Medium in ein anderes Medium an der Grenzfläche gebrochen und teilweise reflektiert wird. Die Begriffe Einfallslot, einfallender, gebrochener und reflektierter Strahl sind eingeführt. Anhand eines Demonstrationsversuches haben die SuS bereits erkannt, dass Einfalls- und Reflexionswinkel gleich sind, Einfalls- und Brechungswinkel jedoch unterschiedlich. Die SuS sollen nun selbstständig den Zusammenhang zwischen Einfallswinkel und Brechungswinkel für den Übergang von Luft in Glas und alternativ für den Übergang von Luft in Wasser untersuchen. Der Versuchsaufbau wird von den SuS selbstständig erarbeitet, die Geräte werden aus den Optikkasten selbst ausgewählt, der Versuch wird selbstständig aufgebaut und durchgeführt. Vor der Versuchsdurchführung werden mit der „Ich-Du-Wir“-Methode die Teilkompetenzen {3}-teilweise, {4} und {5}-teilweise erarbeitet. Die SuS sollen selbstständig ein Versuchsprotokoll entwerfen. Auf eine Hypothesenbildung soll hier verzichtet werden.

Lehrgangsskizze

Ziel (offene Fragestellung):

Das Phänomen der Brechung soll für den Übergang des Lichts von Luft in Glas (bzw. Luft in Wasser) untersucht werden. Der Zusammenhang zwischen Einfalls- und Brechungswinkel soll dabei gemessen und graphisch dargestellt werden.

Aufgabenstellung:

Untersuche den Zusammenhang zwischen Einfallswinkel α und Brechungswinkel β beim Übergang des Lichts von Luft in Glas (bzw. Luft in Wasser).

Vom Lehrer bereitzustellen: Optikkasten

Arbeitsauftrag - Teil I

1. Schritt: „Ich“: In Stillarbeit – jeder für sich allein – beantwortet folgende Fragen auf Konzeptpapier:

Vorüberlegungen

- Welche Größen musst Du messen?
- Welche Messgeräte benötigst Du dazu?
- Welche weiteren Experimentiergeräte sind notwendig? Wähle diese Geräte aus dem Optikkasten aus!

Versuchsaufbau

- Skizziere den Versuchsaufbau.
- Beschreibe die Durchführung des Versuches in eigenen Worten!

Vorbereitung des Messprotokolls

- Entwirf eine Messwerttabelle!

2. Schritt: „Du“: Mit dem Partner, in der Bank, im Team

- Einigt Euch im Team auf eine gemeinsame Lösung.

Hilfestellung: Auf dem Lehrerpult findet Ihr ein Foto des Versuchsaufbaus. Wenn Ihr nicht weiter wisst, könnt Ihr Euch daran orientieren.

3. Schritt: „Wir“ Im Plenum:

- Besprechung des Versuchsaufbaus und der zu verwendenden Geräte, Hilfestellung des Lehrers zum Aufbau des Versuches und des Messprotokolls

Durchführung des Experiments

Führe das Experiment selbstständig durch!

Auswertung des Experiments

Stelle die Messwerte in einem α - β -Diagramm graphisch dar. Wähle Dir dazu die Einheiten zweckmäßig.

Schaubild:

Brechungswinkel β in $^\circ$



Einfallswinkel α in $^\circ$

Der Grenzwinkel der Totalreflexion

Klassenstufe:	7/8
Versuchstyp:	(B)
Methodische Variante:	[3], Erarbeitung mit „Ich-Du-Wir“

Unterrichtssituation

Die SuS kennen das Brechungsgesetz und sind in der Lage, in einem α - β -Diagramm Brechungswinkel für verschiedene Einfallswinkel abzulesen. Bei der weiteren Interpretation des Diagramms erkennen sie, dass es beim Übergang des Lichts von einem optisch dichten ins optisch dünne Medium ab einem bestimmten Grenzwinkel keinen gebrochenen Strahl mehr gibt. Die SuS stellen eine Hypothese auf, was beim Übergang des Lichts vom optisch dichten ins optisch dünne Medium geschieht und überprüfen diese Hypothese im Experiment selbstständig.

Lehrgangsskizze

Ziel (offene Fragestellung):

Nachdem das Brechungsgesetz behandelt wurde, werden Anwendungsaufgaben zur Brechung behandelt. Dabei werden die SuS in die Lage versetzt, mit dem α - β -Diagramm für verschiedene Übergänge des Lichts vom optisch dünnen ins optisch dichtere Medium und umgekehrt umzugehen und Einfallswinkel bzw. Brechungswinkel bei unterschiedlichen Medien abzulesen. Die Kompetenz „Die SuS können Diagramme interpretieren.“ wird dadurch gestärkt. Eine dieser Aufgaben ist für die SuS unlösbar, da es sich hier um eine Aufgabe zur Totalreflexion handelt.

Aufgabenstellung:

Was geschieht mit dem Licht beim Übergang vom optisch dichten ins optisch dünne Medium, wenn der Einfallswinkel einen bestimmten Grenzwinkel überschreitet?

Vom Lehrer bereitzustellen: Optikkasten

Arbeitsauftrag - Teil I

1. Schritt: „Ich“: In Stillarbeit – jeder für sich allein – beantwortet folgende Fragen auf Konzeptpapier:

Vorüberlegungen

- Stelle eine Hypothese auf, was mit dem Licht passiert, wenn beim Übergang des Lichts von Glas in Luft der Einfallswinkel sich dem Wert 42° nähert und diesen dann übersteigt!
- Welche Experimentiergeräte sind zur Überprüfung Deiner Hypothese notwendig? Wähle diese Geräte aus dem Optikkasten aus!

Versuchsaufbau

- Skizziere den Versuchsaufbau.
- Beschreibe die Durchführung des Versuches in eigenen Worten!

2. Schritt: „Du“: Mit dem Partner, in der Bank, im Team

- Einigt Euch im Team auf eine gemeinsame Lösung.

- **3. Schritt:** „Wir“ Im Plenum entfällt, evtl. individuelle Hilfe durch den Lehrer

Durchführung des Experiments

Führe das Experiment selbstständig durch! Beobachte dazu auch die Helligkeit des gebrochenen und des reflektierten Teilstrahls, während Du den Einfallswinkel immer weiter vergrößerst!

Auswertung des Experiments

Beantworte die Aufgabenstellung in einem Satz! Informiere Dich über das Phänomen der Totalreflexion in Deinem Physikbuch und fertige selbstständig einen kurzen Heftaufschrieb an. Gib dabei auch die Grenzwinkel der Totalreflexion für verschiedene Stoffe an!

Totalreflexion am Prisma

Klassenstufe:	7/8
Versuchstyp:	(C)
Methodische Variante:	[2], Erarbeitung mit „Ich-Du-Wir“

Unterrichtssituation

Die SuS kennen das Brechungsgesetz und die Totalreflexion. Sie sollen ihre Kenntnisse über die Totalreflexion am Beispiel des totalreflektierenden Prismas anwenden und experimentell überprüfen. Es handelt sich dabei um einen Versuch des Typs (C).

Lehrgangsskizze

Ziel (offene Fragestellung):

Die SuS sollen ihre Kenntnisse über die Totalreflexion anwenden und selbstständig experimentell überprüfen. Sie festigen dabei Kompetenzen in der Anwendung von Sachkenntnissen und Fachmethoden sowie im Umgang mit Geodreieck und Winkelmesser.

Aufgabenstellung:

Was geschieht, wenn Licht von verschiedenen Seiten auf ein 90°-Prisma fällt?

Vom Lehrer bereitzustellen:

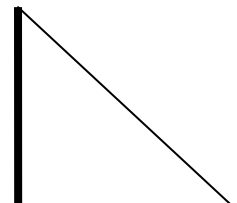
1 Experimentierleuchte	1 90°-Prisma
1 Vollblende	1 Blende mit 1 und 2 Schlitzen
2 Experimentierkabel	1 Netzgerät (U = 12 V)

Arbeitsauftrag - Teil I

1. Schritt: „Ich“: In Stillarbeit – jeder für sich allein – beantwortet folgende Fragen auf Konzeptpapier:

Vorüberlegungen I

- Lege das 90°-Prisma wie in der nebenstehenden Abbildung dargestellt auf ein weißes Blatt Papier. Zeichne den Umriss des 90°-Prismas vorsichtig mit Bleistift nach. Konstruiere auf der **fett gezeichneten Fläche** ein Lot!
- Überlege Dir für zwei Lichtstrahlen den weiteren Strahlenverlauf, wenn sie parallel zum eingezeichneten Lot auf das Prisma fallen. Skizziere diesen Strahlenverlauf.



2. Schritt: „Du“: Mit dem Partner, in der Bank, im Team

- Überprüft und diskutierte Eure Lösungen.

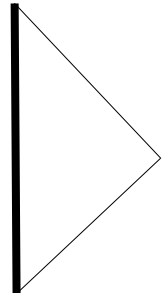
- **3. Schritt:** „Wir“ Im Plenum entfällt, evtl. individuelle Hilfe durch den Lehrer

Durchführung des Experiments

Stelle mit der Experimentierleuchte zwei parallele Lichtstrahlen her und überprüfe Deine Überlegung experimentell.

Vorüberlegungen II

- Lege das 90° -Prisma wie in der Abbildung 2 dargestellt auf ein weißes Blatt Papier. Zeichne den Umriss des 90° -Prismas vorsichtig mit Bleistift nach. Konstruiere auf der **fett gezeichneten Fläche** ein Lot!
- Überlege Dir für zwei Lichtstrahlen den weiteren Strahlenverlauf, wenn sie parallel zum eingezeichneten Lot auf das Prisma fallen. Skizziere diesen Strahlenverlauf.



2. Schritt: „Du“: Mit dem Partner, in der Bank, im Team

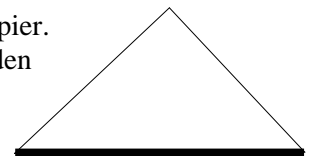
- Überprüft und diskutierte Eure Lösungen.
- **3. Schritt:** „Wir“ Im Plenum entfällt, evtl. individuelle Hilfe durch den Lehrer

Durchführung des Experiments

Stelle mit der Experimentierleuchte zwei parallele Lichtstrahlen her und überprüft Eure Überlegung experimentell.

Vorüberlegungen III

- Lege das 90° -Prisma wie in der Abbildung 3 dargestellt auf ein weißes Blatt Papier. Zeichne den Umriss des 90° -Prismas vorsichtig mit Bleistift nach. Lass die beiden Lichtstrahlen **parallel zur fett gezeichneten Fläche**, jedoch möglichst nahe an dieser Fläche auf die linke Prismenfläche fallen.
- Überlege Dir für diese zwei Lichtstrahlen den weiteren Strahlenverlauf und skizziere ihn.
- Verfahre weiter wie in den anderen beiden Teilversuchen.



Auswertung des Experiments

Beschreibe mit eigenen Worten, welche Richtungsänderung Licht erfährt, wenn es auf drei verschiedene Arten auf ein 90° -Prisma fällt.

Beispielversuche zum Schülerversuchskasten Optik im Überblick

Thema des Versuches	Versuchstyp	Kurzbeschreibung
Die Lochkamera	(B) Gesetzmäßigkeiten entdecken	<ul style="list-style-type: none"> • Schüler kennen Lochkamera • Geräte vorgegeben – SuS erarbeiten sich den Versuchsaufbau selbstständig • Versuchsaufbau selbstständig (Foto auf Lehrerpult oder fertiger Aufbau als Hilfestellung)
Licht und Schatten	(B) Gesetzmäßigkeiten entdecken	<ul style="list-style-type: none"> • Versuchsaufbau wird gemeinsam erarbeitet • Versuchsaufbau anschließend anhand eines Fotos • zunächst Untersuchung des Lochkamerabil- des einer punktförmigen Lichtquelle selbstständig im Experiment, dann Erklärung mit dem Lichtstrahlenmodell mit dem Lehrer • Hypothesenbildung zum Lochkamerabil- d zweier punktförmiger Lichtquellen • selbstständige Überprüfung der Hypothesen im Experiment • Einführung der Begriffe Kern- und Halb- schatten, ...
Das Reflexionsgesetz	(A) Gesetzmäßigkeit überprüfen	<ul style="list-style-type: none"> • in Vorversuchen erkannte Gesetzmäßigkeit wird von den SuS im Experiment überprüft • SuS überlegen selbstständig, welche Größen zu messen sind • SuS erarbeiten sich den Versuchsaufbau selbstständig • Versuchsprotokoll wird mit dem Lehrer ge- meinsam entworfen • SuS führen Versuch selbstständig durch
Das Brechungsgesetz	(B) Gesetzmäßigkeit entdecken	<ul style="list-style-type: none"> • SuS überlegen selbstständig, welche Größen zu messen sind • SuS erarbeiten sich den Versuchsaufbau selbstständig • SuS entwerfen selbstständig ein Versuchs- protokoll • SuS führen Versuch selbstständig durch • Darstellung im Diagramm ist vorgegeben
Die Totalreflexion	(B) Gesetzmäßigkeit entdecken	<ul style="list-style-type: none"> • SuS stellen selbstständig Hypothesen auf • SuS entwerfen Versuchsaufbau selbstständig • SuS überprüfen Hypothesen selbstständig im Versuch • SuS werten ihren Versuch selbstständig mit Hilfe des Physikbuches aus
Totalreflexion am Prisma	(C) Bekannte Gesetz- mäßigkeit anwenden	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bauen Versuchsanordnung selbstständig auf • SuS führen den Versuch nach Anleitung selbstständig durch