

Anhang

Inhaltsverzeichnis

Anhang A	Aufgabenanalyse zur Lehrplaneinheit Hohlspiegel	3
Anhang B	Pilotstudie	13
B1	Gegenüberstellung Unterrichtsmateriel Hohlspiegel	13
B2	Unterrichtsentwurf Pilotstudie Hohlspiegel - Treatment- und Kontrollgruppe	58
B3	Pilotstudie Leistungstests Physik	67
B4	Konzepttest	76
B5	Ergänzende Statistiken zur Pilotstudie	94
Anhang C	Hauptstudie	100
C1	Gegenüberstellung des Unterrichtsmaterials Treatment- und Kontrollgruppe..	100
C2	Unterrichtsentwurf Bilder der Sammellinse Treatment- und Kontrollgruppe	180
C3	Treatmentvariation Gegenüberstellung Treatment- und Kontrollgruppe	198
C4	Treatmentvariation in der 6. Unterrichtsstunde	202
C5	Leistungstest Treatmentgruppe und Kontrollgruppe	206
C6	Konzepttest Strahlenoptik Treatmentgruppe und Kontrollgruppe	213
C7	Fragebogen zur Motivation und zum Lehrerengagement.....	225
C8	Notizheft Hauptstudie Linse	231
C9	Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie	233

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	<i>Itemschwierigkeiten des Leistungstests prä und post (N = 52)</i>	94
Tabelle 2	<i>Trennschärfen des Leistungstests prä und post (N = 52)</i>	94
Tabelle 3	<i>Itemmittelwerte und Standardabweichungen des Konzepttests Prä und Post</i>	95
Tabelle 4	<i>Itemschwierigkeiten des Konzepttests prä- und post</i>	96
Tabelle 5	<i>Trennschärfen des Konzepttests prä- und post</i>	98
Tabelle 6	<i>Informationen zur Stichprobe je Bedingung und Schultyp</i>	234
Tabelle 7	<i>Übersicht über die Überarbeitung des Konzepttests Pilotstudie versus Hauptstudie</i>	235
Tabelle 8	<i>Itemmittelwerte und Standardabweichungen des Leistungstests je Messzeitpunkt</i>	236
Tabelle 9	<i>Trennschärfen und Lösungswahrscheinlichkeiten im Leistungstest je Messzeitpunkt</i>	237
Tabelle 10	<i>Mittelwerte und Standardabweichungen des Konzeptprätests</i>	237
Tabelle 11	<i>Mittelwerte und Standardabweichungen des Konzepttests je Stichprobe und Messzeitpunkt</i> ..	238
Tabelle 12	<i>Itemschwierigkeit für den Konzepttest: Prä (Gesamt) sowie Post und Follow-up je Stichprobe</i> ..	239
Tabelle 13	<i>Korrigierte Trennschärfen für den Konzepttest je Stichprobe und Messzeitpunkt</i>	240
Tabelle 14	<i>Anzahl Individuen je Stichprobe und faktorenanalytische Methode</i>	240
Tabelle 15	<i>Mittelwerte und Standardabweichungen des Motivationsfragebogens je Messzeitpunkt</i>	241
Tabelle 16	<i>Trennschärfen und Lösungswahrscheinlichkeiten des Motivationsfragebogens je Messzeitpunkt</i> ..	242
Tabelle 17	<i>Deskriptive Ergebnisse zu den verwendeten Subskalen des I-S-T 2000 R</i>	243
Tabelle 18	<i>Kreuztabelle zur Verteilung der ausgewählten Schüler je Bedingung und Schulart</i>	248
Tabelle 19	<i>Kreuztabelle zur Verteilung der ausgewählten Schüler je Bedingung und Geschlecht</i>	248
Tabelle 20	<i>Überblick Einfluss der Kovariaten auf das konzeptuelle Verständnis</i>	249
Tabelle 21	<i>Überblick Einfluss der Kovariaten auf die Schülermotivation</i>	250
Tabelle 22	<i>Ergebnisse des Mehrebenenmodells zur Analyse von ATI-Effekten in Bezug auf die Physikleistung</i>	251
Tabelle 24	<i>Ergebnisse des Mehrebenenmodells zur Analyse von ATI-Effekten in Bezug auf die Schülermotivation</i>	259
Tabelle 25	<i>Ergebnisse des Mehrebenenmodells zur Analyse von ATI-Effekten in Bezug auf das konzeptuellen Verständnis - Stichproben SV und Ko im Vergleich</i>	262

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1:</i>	<i>Itemmittelwerte und Standardabweichungen des Konzepttests prä und post: Pilotstudie</i>	97
<i>Abbildung 2:</i>	<i>Itemmittelwerte und Standardabweichungen für den Leistungstest je Messzeitpunkt</i>	236
<i>Abbildung 3:</i>	<i>Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen figural-räumlicher und verbaler Intelligenz</i>	243
<i>Abbildung 4:</i>	<i>Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen figural-logischer und verbaler Intelligenz</i>	244
<i>Abbildung 5:</i>	<i>Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen figural-logischer und figural-räumlicher Intelligenz</i>	244
<i>Abbildung 6:</i>	<i>Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen Deutsch- und Mathematiknote</i>	245
<i>Abbildung 7:</i>	<i>Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen Physik- und Mathematiknote</i>	246
<i>Abbildung 8:</i>	<i>Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen Deutsch- und Physiknote</i>	247

Ablauf	Kognitive Schritte abstrakt	Kognitive Schritte am Beispiel	Benötigte (physikal.) Begriffe
1 Hinführung	Aktivierung von Vorwissen, Interesse wecken: Anreize zum Nachdenken Beispiele im Alltag suchen Vorversuch	Alltagsbeispiele suchen - Kosmetikspiegel, - Autoscheinwerfer - [Solarkocher] Vorversuch mit Schminkspiegel Schüler suchen Spiegelbilder mit dem Kosmetikspiegel und beschreiben ihre Beobachtungen. Beobachtung von 3 Fällen * möglich: 1) [$g \leq f$, virtuelles] geringe Gegenstandsweite: Bild vergrößert; 2) [$2f > g > f$ reelles] große Gegenstandsweite: Bild auf dem Kopf stehend, vergrößert 3) [$g > 2f$ reelles] große Gegenstandsweite: Bild auf dem Kopf stehend verkleinert * vermutlich nur unterscheidbar Bild auf dem Kopf vergrößert, Bild steht auf dem Kopf ** $g = 2f$ (1:1) hier weggelassen Was passiert mit Lichtstrahlen in einem Spiegel? >>> Reflexionsgesetz Wodurch unterscheidet sich ein Hohlspiegel von einem normalen Spiegel? >>> Strahlengang beim Hohlspiegel (evtl. Konstruktion)	Reflexionsgesetz beim Spiegel Sammellinse, Brennpunkt, Brennweite
	Erste Fragestellungen identifizieren und Erklärungsversuche starten		

Wovon könnte es abhängen, ob ein Bild vergrößert oder verkleinert ist? Welche Phänomene aus der Optik kenne ich hierzu? Könnte es Parallelen geben?

>>> Bezug zur Sammellinse

2	Versuchsplanung (der Schüler)	<p>Versuchsplanung der Schüler:</p> <p>Hypothesen aufstellen:</p> <p>Zusammenhänge auf Basis des Vorwissens und der Beobachtung vermuten und zu testende Einflussgrößen identifizieren</p>	<p>Hypothesen aufstellen (H1, H2, H3 ...):</p> <p>H1: Bei geringer Gegenstandsweite entsteht ein [virtuelles] Bild, das vergrößert und aufrecht ist (ähnlich Lupe).</p> <p>H2: Bei größerer Gegenstandsweite entstehen [reelle Bilder], die man auf dem Schirm auffangen kann. (Diese stehen auf dem Kopf)</p> <p>H3: Der Hohlspiegel verhält sich, was reelle Bilder angeht, ähnlich wie die Sammellinse: die Bildweite variiert je nach Gegenstandsweite bei gegebener Brennweite [Linsengleichung festhalten]</p> <p><i>[H5: Virtuelle Bilder entstehen für $g < f$]</i></p> <p>Ist der Abstand zum Spiegel klein genug liegt die Spiegelwelt hinter dem Spiegel, ihre Punkte aber weiter auseinander als in der Realität.</p> <p><i>Sofern die Schüler schon das Reflexionsgesetz an sphärischen Spiegeln kennengelernt haben, könnten sie den Strahlengang zeichnerisch konstruieren und erkennen, dass für $g < f$ sich die Strahlen scheinbar hinter dem Spiegel treffen (virtuelles Bild: Abb. 16), andernfalls muss der Lehrer darauf hinweisen bzw. es müsste im Rahmen der Versuchsdurchführung thematisiert werden.</i></p>	<p>reelle und virtuelle Bilder:</p> <p>Hohlspiegel</p> <p>Brennweite, Brennpunkt Sammellinse</p> <p>Bildweite Gegenstandsweite, Gegenstandsgröße, Bildgröße</p> <p>Linsengleichung</p>
---	----------------------------------	---	---	---

Ablauf	Kognitive Schritte abstrakt	Kognitive Schritte am Beispiel	Benötigte (physikal.) Begriffe
	<p>Versuchsplan erarbeiten und einen Versuchsaufbau festlegen: dabei die technische Umsetzung bedenken (sprachliche Beschreibung des Versuchsaufbaus)</p> <p>UV's und AV's festlegen: was wird variiert, was beobachtet und gemessen?</p> <p>Plan zum systematischen Testen der unterschiedlichen Bedingungen aufstellen.</p>	<p>Gegeben: Brennweite des Hohlspiegels</p> <p>UV: Gegenstandsweite AV: Bildweite und Bildgröße (sind zu messen)</p> <p>Benötigtes Versuchsmaterial feststellen: Hohlspiegel mit geeigneter Brennweite ($f=10-15\text{ cm}$), Lampe (seitlich und nach hinten abgeschirmt) bzw. leuchtender, nach vorne strahlender Gegenstand: leuchtendes Männchen, Schirm, optional: optische Bank</p> <p>Versuchsplan Test zu H3: 3 Durchläufe a) Reihenfolge 1. Lampe, 2. Schirm 3. Spiegel: Bild finden für $g>2f$ b) Reihenfolge Schirm, Lampe, Spiegel Bild finden für $f<g<2f$ c) Lampe und Schirm auf der gleichen Entfernung: für $g=2f$ Bild finden</p> <p><i>H5: Warum kann man das Bild nicht auf dem Schirm auffangen? Konstruktion im Heft oder per Simulationsprogramm.</i></p>	

3	Messung planen	<p>Messwertetabelle planen: festhalten, was gemessen werden soll und was zur Bestätigung oder Falsifizierung der Hypothesen berechnet werden könnte</p>	<p>Brennweite und Gegenstandsgröße: bekannt; Gegenstandsweite: selbst festgelegt; Bildweite, Bildgröße: zu messen; Quotienten B/G, b/g: zu berechnen: Denn verhält sich der Hohlspiegel, was reelle Bilder angeht, analog zur Sammellinse: müsste das Abbildungsgesetz gelten: $A = B / G = b / g$. Die Linsengleichung müsste ebenfalls gelten Handeln, dabei Planung im Blick haben</p>
4	technischer Versuchsaufbau	Handeln, dabei Planung im Blick haben	
5	Versuchsdurchführung	Justierung des experimentellen Aufbaus und Messung der Werte unter Berücksichtigung des Versuchsplans	<p>Justierung des experimentellen Aufbaus für unterschiedliche Bildfälle a) Reihenfolge 1. Lampe, 2. Schirm 3. Spiegel: Bild finden für $g > 2f$: B und b messen, g in Tabelle festhalten b) Reihenfolge Schirm, Lampe, Spiegel für $f < g < 2f$ Bild finden: B und b messen, g in Tabelle festhalten c) Lampe und Schirm auf der gleichen Entfernung: für $g = f$ Bild finden B und b messen, g in Tabelle festhalten</p>
6	Auswertung	Auswertung und Abgleich mit Hypothese	<p>H2 bestätigt sich. Zu H3: Die Formel $1/g + 1/b = 1/f$ ist von der Sammellinse bekannt, mit Messwerten ausprobieren, ob die Formel auch hier gilt! Gleiches gilt für den Abbildungsmaßstab</p>

Ablauf	Kognitive Schritte abstrakt	Kognitive Schritte am Beispiel	Benötigte (physikal.) Begriffe
7	ggf .Fehlerquellen notieren und deren mögliche Ursachen erklären	Es besteht eine Bandbreite / Varianz der subjektiven Einschätzung der Bildschärfe. Des Weiteren können bei einem leicht unscharfen Bild auf dem Schirm geringfügige Messfehler in der Erfassung der Bildhöhe entstehen; Problematisierung / Frage: Wie kann man diese Messfehler eindämmen?	
8 Modellbildung	<p data-bbox="533 616 891 687">Erstellung der Abbildungs-konstruktion für die 3 Fälle</p> <p data-bbox="533 743 1003 855">Das Reflexionsgesetz auf eine runde Fläche übertragen: es gilt Einfallswinkel = Ausfallswinkel.</p> <p data-bbox="533 911 1003 1031">Der Winkel wird zum Lot gemessen (da einfacher als Konstruktion über Tangente)</p>	<p data-bbox="1039 655 1453 687">Strahlengang beim Hohlspiegel</p> <p data-bbox="1039 695 1688 727">Vorgabe: Hohlspiegel als Kreissegment darstellen.</p> <p data-bbox="1039 743 1666 855">Parallele Lichtstrahlen einzeichnen und den Strahlenverlauf mit Hilfe des Reflexionsgesetzes konstruieren:</p> <ol data-bbox="1039 871 1778 1118" style="list-style-type: none"> 1. Lichtstrahl fällt auf Hohlspiegel: Schnittpunkt S 2. Verbindung S mit M (Kreismittelpunkt)=Lot 3. Konstruktion des gespiegelten Lichtstrahl mittels Reflexionsgesetz am Lot (Einfallswinkel = Ausfallswinkel) 4. Wiederholung der Schritte 1 bis 3 mit mehreren parallelen Lichtstrahlen <p data-bbox="1039 1174 1778 1334">Beobachtung: Parallel einfallende Lichtstrahlen schneiden sich im Brennpunkt. Bezug zu Vorwissen. Sammellinse: parallele Lichtstrahlen treffen sich im Brennpunkt.</p> <p data-bbox="1039 1342 1778 1374">Ergebnis: bei parallelen Lichtstrahlen ist die Konstruktion</p>	Lot (hier Verbindung zwischen Kreismittelpunkt und Auftreffpunkt)

über den Brennpunkt einfacher als über das Lot.

Weiterhin: da Lichtstrahlen umkehrbar sind, werden aus Strahlen durch den Brennpunkt parallele Strahlen

Umkehrbarkeit von Lichtstrahlen

Abbildung von Lichtquellen

Konstruktion der drei Bildfälle im Heft:

$g > 2f$; $f < g < 2f$; $g = 2f$:

Anfertigung einer maßstabsgetreuen Skizze $g > 2f$, folgende Strahlen betrachten:

Es wurde herausgefunden: parallele Lichtstrahlen verlaufen nach der Spiegelung durch den Brennpunkt, dies ist einfach zu konstruieren (damit spart man sich die Konstruktion mittels des Lotes die andernfalls nötig ist) *

* Konstruktion prinzipiell auch mit anderen Strahlen möglich

Umkehrbarkeit des Lichtstrahls zur Konstruktion verwenden.

(sollte der untere Punkt des Gegenstands nicht in der Achse liegen, muss die Konstruktion für den Endpunkt des Gegenstandes durchgeführt werden)

1. parallel einen Strahl (parallel zur Achse) von der Spitze des Gegenstandes zum Spiegel (S1):

Konstruktion des weiteren Strahlenverlaufs wie zuvor (Lot Reflexionsgesetz bzw: einfach durch den Brennpunkt)

[2. Strahl vom Gegenstand zu S 2 (Schnittpunkt, Achse Spiegel) Konstruktion des weiteren Strahlenverlaufs wie zuvor (Lot Reflexionsgesetz)]

3. Konstruktion eines Strahls durch den Brennpunkt, der als Achsenparallelstrahl reflektiert wird:

Beobachtung: alle reflektierten Strahlen schneiden sich in einem Punkt: durch Verbindung dieses Punktes mit der Achse erhält man die **Konstruktion des reellen Bildes auf dem Schirm.**

Ablauf	Kognitive Schritte abstrakt	Kognitive Schritte am Beispiel	Benötigte (physikal.) Begriffe
9 Bestätigung des Modells	<p>Mathematisierung</p> <p>Suche nach einem mathematischen Zusammenhang zwischen G, B sowie g und b, der etwas über den Abbildungsmaßstab aussagt?</p> <p>Anwendung des Satzes zur Winkelsumme bei Dreiecken</p> <p>Anwendung von Wissen zu ähnlichen Dreiecken</p> <p>Ist die Ausgangsfrage beantwortbar?</p> <p>Bezug zu Versuchshypothese (H3)</p>	<p>Wiederholung für die beiden anderen Bildfälle</p> <p>Suche nach einem mathematischen Zusammenhang</p> <p>G, g und AS2 bilden die Seiten eines Dreieck, welches ähnlich ist zu dem von B, b und A'S2 gebildeten Dreieck, da beide einen rechten Winkel haben und einen identischen Winkel (jeweils bei S2, da Einfallswinkel = Ausfallswinkel); somit sind alle entsprechenden Winkel der Dreiecke gleich</p> <p>Die Seitenverhältnisse des einen Dreiecks entsprechen den Seitenverhältnissen des anderen Dreiecks:</p> <p>Wenn ich die Seitenlängen des einen Dreiecks durch die Seitenlängen des anderen Dreiecks teile (bei einander entsprechenden Seiten) erhalte ich das gleiche Ergebnis: (Bezug zu Bruchrechnen, der Streckungsfaktor kürzt sich heraus)</p> <p>Beantwortung der Ausgangsfrage</p> <p>Das Verhältnis von Bildgröße zu Gegenstandsgröße entspricht dem Verhältnis von Bildweite zu Gegenstandsweite</p> <p>Mathematische Gesetzmäßigkeit:</p> $A = B/G = b/g$ <p>Das Modell bestätigt H3:</p> <p>Der Hohlspiegel verhält sich, was reelle Bilder angeht,</p>	<p>Winkelsumme bei Dreiecken</p> <p>Ähnlichkeit von Dreiecken</p>

ähnlich wie die Sammellinse: die Bildweite variiert je nach Gegenstandsweite bei gegebener Brennweite
S.o.

- | | |
|---|---|
| <p>10 Abschluss :
Protokoll /
Präsentation der
Versuchsergebnisse
Verfassen eines
Versuchsprotokolls,
bzw. Abschluss des
laufenden
Begleitprotokolls,
welches alle
(schülerbezogenen)
Teilschritte
dokumentiert
sowie die
Beschreibung des
Modells und die
Mathematisierung</p> | <p>Reflexion des Gelernten:
Zusammenhänge der einzelnen Schritte reflektieren:
Was war die
Ausgangsfragestellung?
In welche Teilziele konnte die Fragestellung zergliedert werden?

Welche Operationen mussten angewandt werden, um diese Etappen zu erreichen, welche Repräsentationsformen wurden dabei genutzt?
Wie gut wurden die Zwischenziele erreicht?
In welcher Relation steht das Erreichte zur Ausgangsfragestellung?
Konnte diese letztlich beantwortet werden?</p> |
|---|---|

B1 Gegenüberstellung Unterrichtsmateriel Hohlspiegel

Anwendungen von Hohlspiegeln / Parabolspiegeln [Material 1_EG]



Solarkocher



Solarkocher mit Grillgut



Thermisches Solarkraftwerk

Anwendungen von Hohlspiegeln / Parabolspiegeln [Material 1_K]



Solarkocher

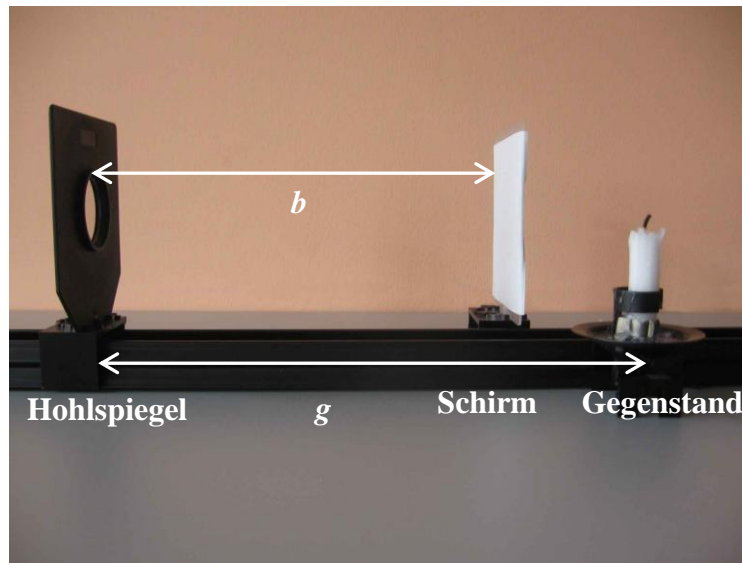


Solarkocher mit Grillgut



Thermisches Solarkraftwerk

Experimentieranleitung [Material 2_EG]



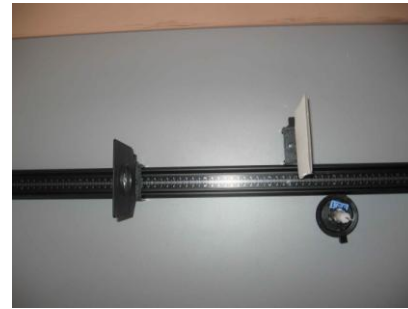
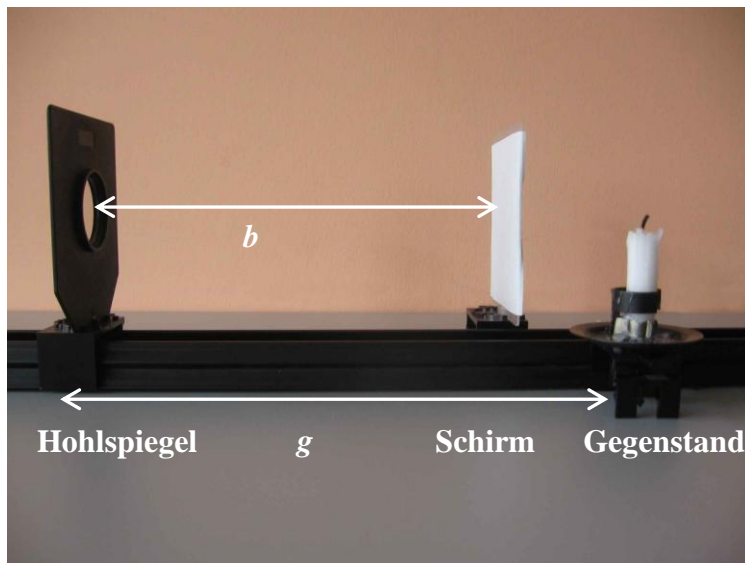
Ziel: Erzeugen von Bildern unterschiedlicher Größen

1. Baue den Versuch - wie auf den Fotos abgebildet - auf.
2. Zünde die Kerze an.
3. Suche durch Verändern der Bildweite (Abstand von Schirm und Spiegel) ein scharfes Bild der Kerzenflamme auf dem Schirm.

Tipp: Stelle Schirm und Kerze links und rechts von der optischen Bank (siehe Fotos) in gleicher Entfernung von dem Spiegel auf.

4. Versuche durch Verändern der Gegenstandsweite (Abstand von Kerze und Spiegel), jeweils ein verkleinertes, ein vergrößertes und ein gleich großes Bild auf dem Schirm zu erhalten.
5. Bestimme in jedem der Bildfälle (verkleinert, vergrößert und gleich groß) folgende Größen in cm:
Gegenstandsweite g , Bildweite b ,
Gegenstandsgröße G und Bildgröße B .
6. Trage die Messwerte mit Bleistift in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt ein.

Experimentieranleitung [Material 2_K]



Ziel: Erzeugen von Bildern unterschiedlicher Größen

1. Baue den Versuch - wie auf den Fotos abgebildet - auf.
2. Zünde die Kerze an.
3. Suche durch Verändern der Bildweite (Abstand von Schirm und Spiegel) ein scharfes Bild der Kerzenflamme auf dem Schirm.

Tipp: Stelle Schirm und Kerze links und rechts von der optischen Bank (siehe Fotos) in gleicher Entfernung von dem Spiegel auf.

4. Versuche durch Verändern der Gegenstandsweite (Abstand von Kerze und Spiegel), jeweils ein verkleinertes, ein vergrößertes und ein gleich großes Bild auf dem Schirm zu erhalten.
5. Bestimme in jedem der Bildfälle (verkleinert, vergrößert und gleich groß) folgende Größen in cm:
Gegenstandsweite g , Bildweite b ,
Gegenstandsgröße G und Bildgröße B .
6. Trage die Messwerte mit Bleistift in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt ein.

Messwerte

Bildfall	Gegenstandsweite g	Bild-Weite b	Gegenstandsgröße G	Bild-Größe B
verkleinertes Bild				
vergrößertes Bild				
gleich großes Bild				

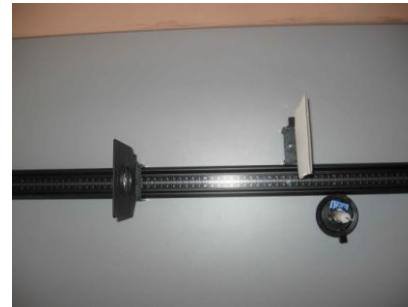
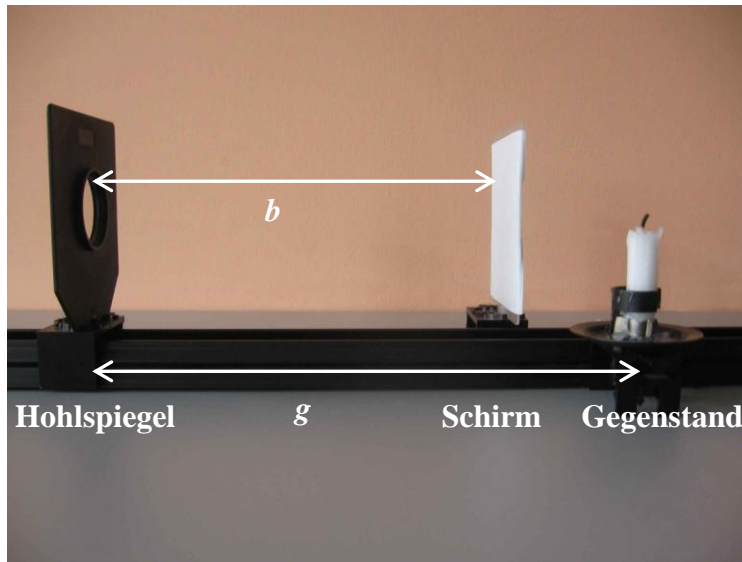
Messwerte

Bildfall	Gegenstandsweite <i>g</i>	Bild-Weite <i>b</i>	Gegenstandsgröße <i>G</i>	Bild-Größe <i>B</i>
verkleinertes Bild				
vergrößertes Bild				
gleich großes Bild				

Experimentieranleitung [Material 3_EG]

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

Benötigte Geräte: optische Bank, drei Klammern, Hohlspiegel, Kerze, Schirm

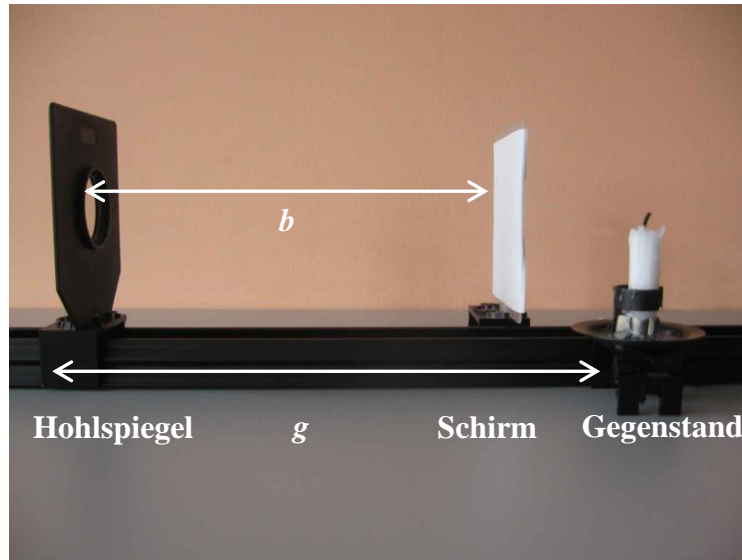


Ziel: Erzeugen von Bildern unterschiedlicher Größen

1. Baue den Versuch - wie auf den Fotos abgebildet - auf.
2. Zünde die Kerze an.
3. Suche durch Verändern der Bildweite (Abstand von Schirm und Spiegel) ein scharfes Bild der Kerzenflamme auf dem Schirm.
Tipp: Stelle Schirm und Kerze links und rechts von der optischen Bank (siehe Fotos) in gleicher Entfernung von dem Spiegel auf.
4. Versuche durch Verändern der Gegenstandsweite (Abstand von Kerze und Spiegel), jeweils ein verkleinertes, ein vergrößertes und ein gleich großes Bild auf dem Schirm zu erhalten.
5. Bestimme in jedem der Bildfälle (verkleinert, vergrößert und gleich groß) folgende Größen in cm:
Gegenstandsweite g , Bildweite b ,
Gegenstandsgröße G und Bildgröße B .
6. Trage die Messwerte mit Bleistift in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt (Rückseite) ein.

Experimentieranleitung [Material 3_KG]

Benötigte Geräte: optische Bank, drei Klammern, Hohlspiegel, Kerze, Schirm



Ziel: Erzeugen von Bildern unterschiedlicher Größen

1. Baue den Versuch wie auf den Fotos abgebildet auf.
2. Zünde die Kerze an.
3. Suche durch Verändern der Bildweite (Abstand von Schirm und Spiegel) ein scharfes Bild der Kerzenflamme auf dem Schirm.
Tipp: Stelle Schirm und Kerze links und rechts von der optischen Bank (siehe Fotos) in gleicher Entfernung von dem Spiegel auf.
4. Versuche durch Verändern der Gegenstandsweite (Abstand von Kerze und Spiegel), jeweils ein verkleinertes, ein vergrößertes und ein gleich großes Bild auf dem Schirm zu erhalten.
5. Bestimme in jedem der Bildfälle (verkleinert, vergrößert und gleich groß) folgende Größen in cm:
Gegenstandsweite g , Bildweite b ,
Gegenstandsgröße G und Bildgröße B .
6. Trage die Messwerte mit Bleistift in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt (Rückseite) ein.

Messwerte

Bildfall	Gegenstandsweite g	Bildweite b	Gegenstandsgröße G	Bildgröße B
verkleinertes Bild				
vergrößertes Bild				
gleich großes Bild				

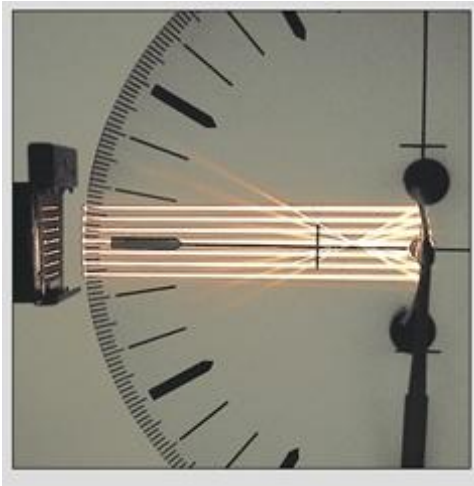
Messwerte

Bildfall	Gegenstandsweite g	Bildweite b	Gegenstandsgröße G	Bildgröße B
verkleinertes Bild				
vergrößertes Bild				
gleich großes Bild				

Aufgabenblatt 1: Strahlengang von ausgezeichneten Strahlen am Hohlspiegel Material 4_EG]

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

A1 a) Beschreibe den Unterschied zwischen einem Lichtbündel und einem Lichtstrahl?



b) Warum kann man den Verlauf der Lichtbündel sehen?

c) Kannst Du den Verlauf der Lichtbündel noch sehen, wenn der Versuch mitten in einem leeren Raum steht und man die optische Scheibe entfernt?

d) Was versteht man unter dem Brennpunkt des Hohlspiegels?

e) Tobias gelingt es nicht, bei dem gezeigten Versuchsaufbau ein Streichholz zu entzünden, das er in den Brennpunkt des Strahlengangs hält.

Verbessern sich seine Chancen das Streichholz zu entzünden, wenn er die Schlitzblende entfernt, so dass die Lampe frei leuchtet?

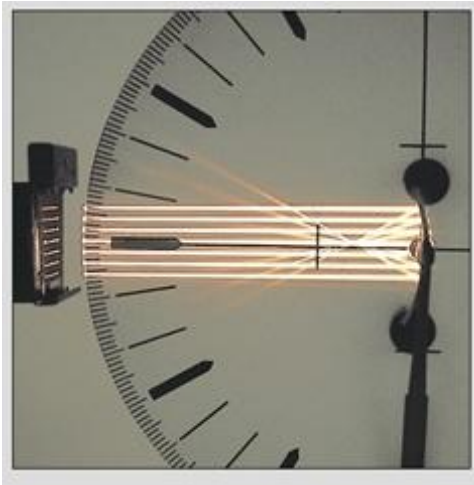
_____,weil_____

Aufgabenblatt 1: Strahlengang von ausgezeichneten Strahlen am Hohlspiegel [Material 4_KG]

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

A1

a) Beschreibe die Abbildung:



b) Was versteht man unter dem Brennpunkt eines Hohlspiegels?

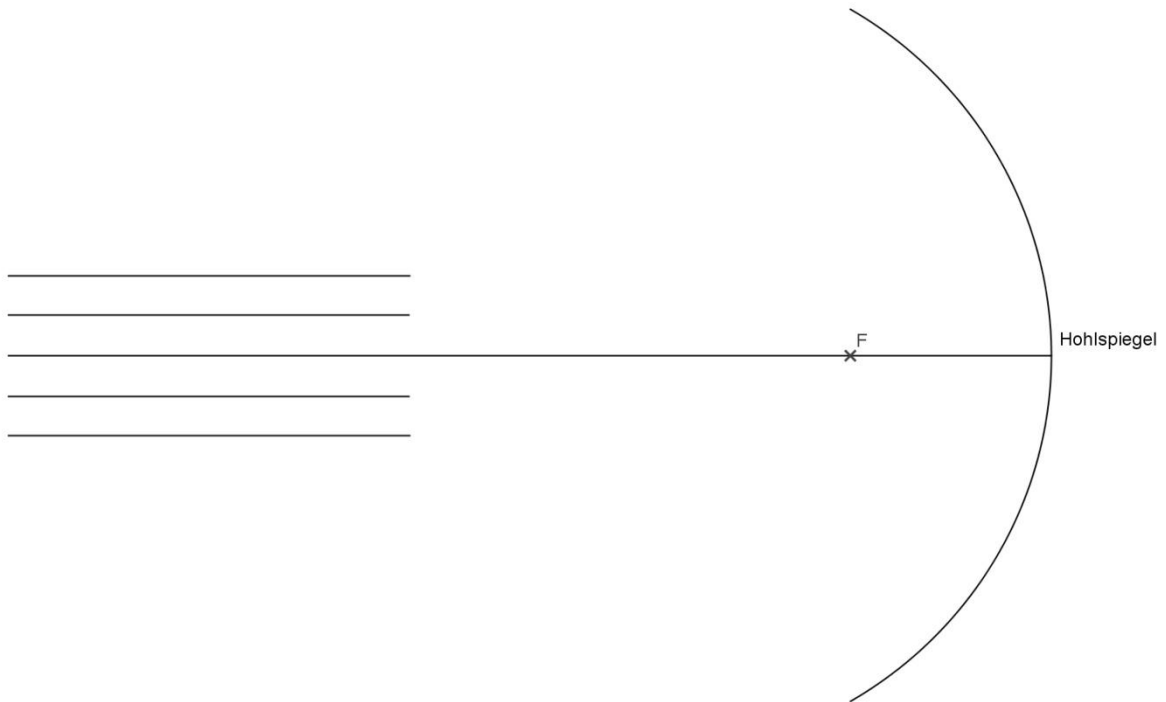
c) Was würde sich an dem Foto verändern, wenn man alle Schlitze bis auf den obersten abdeckt?

Das oberste Lichtbündel wird _____ und geht

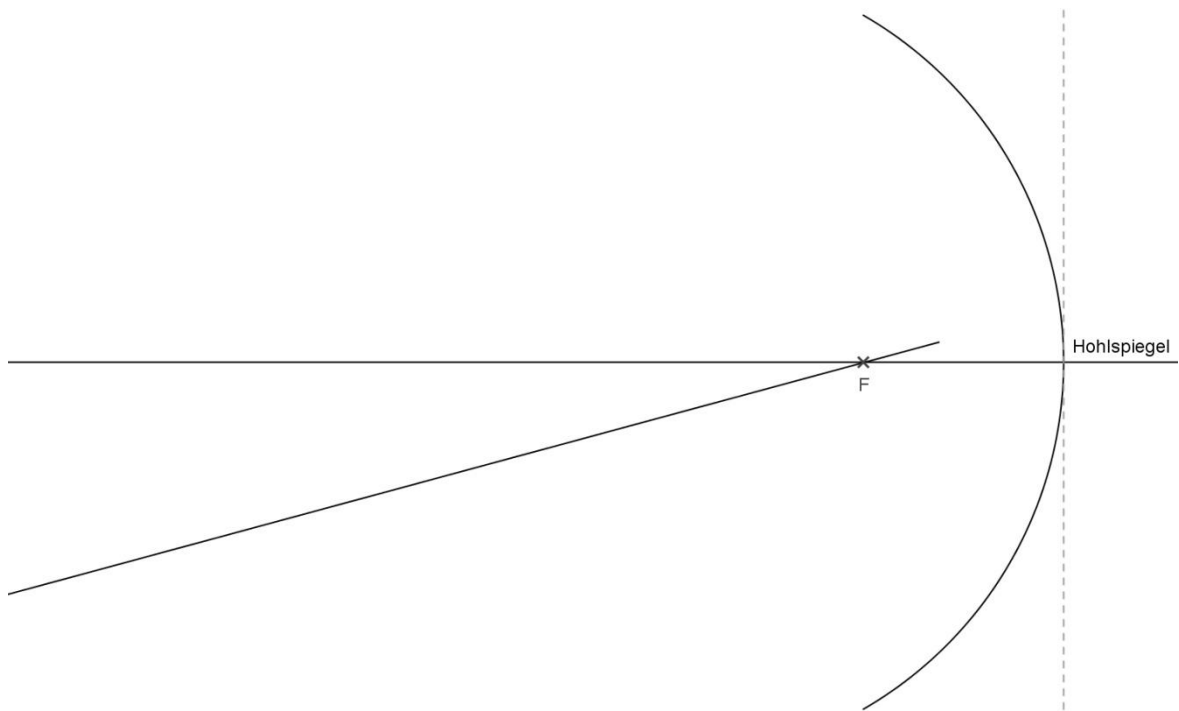
danach _____.

A2

- a) Ergänze den Verlauf der parallel einfallenden Strahlen. Beachte die Reflexion im Hohlspiegel.

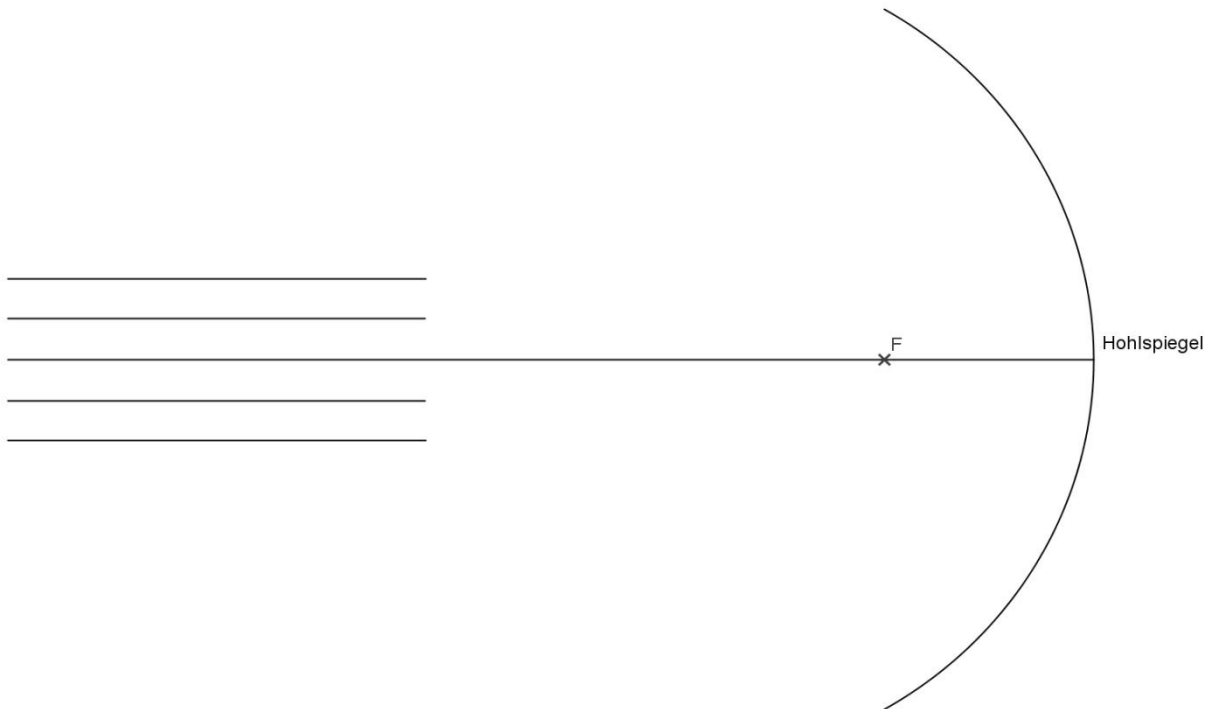


- b) Ergänze den Verlauf des durch den Brennpunkt gehenden Strahls mit Reflexion im Hohlspiegel.
Tipp: Verwende die Umkehrbarkeit des Lichtwegs, schaue Dir hierzu die Zeichnung aus Aufgabenteil a) an.

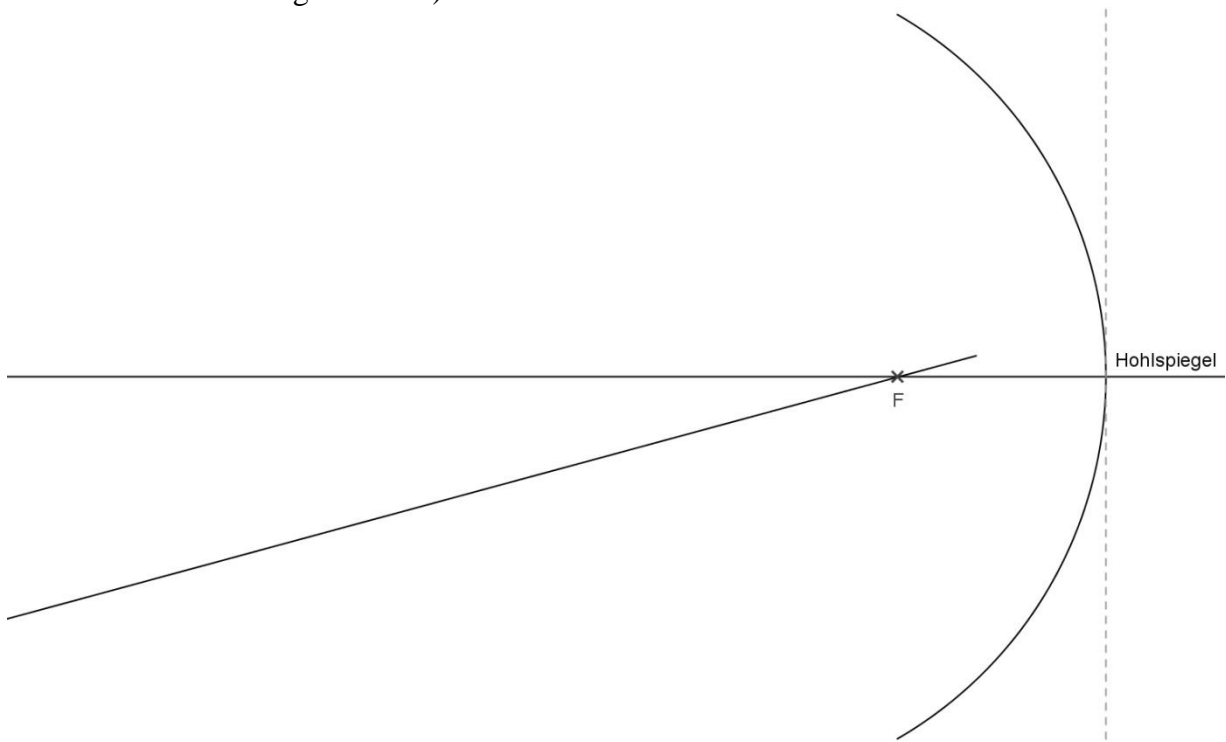


A2

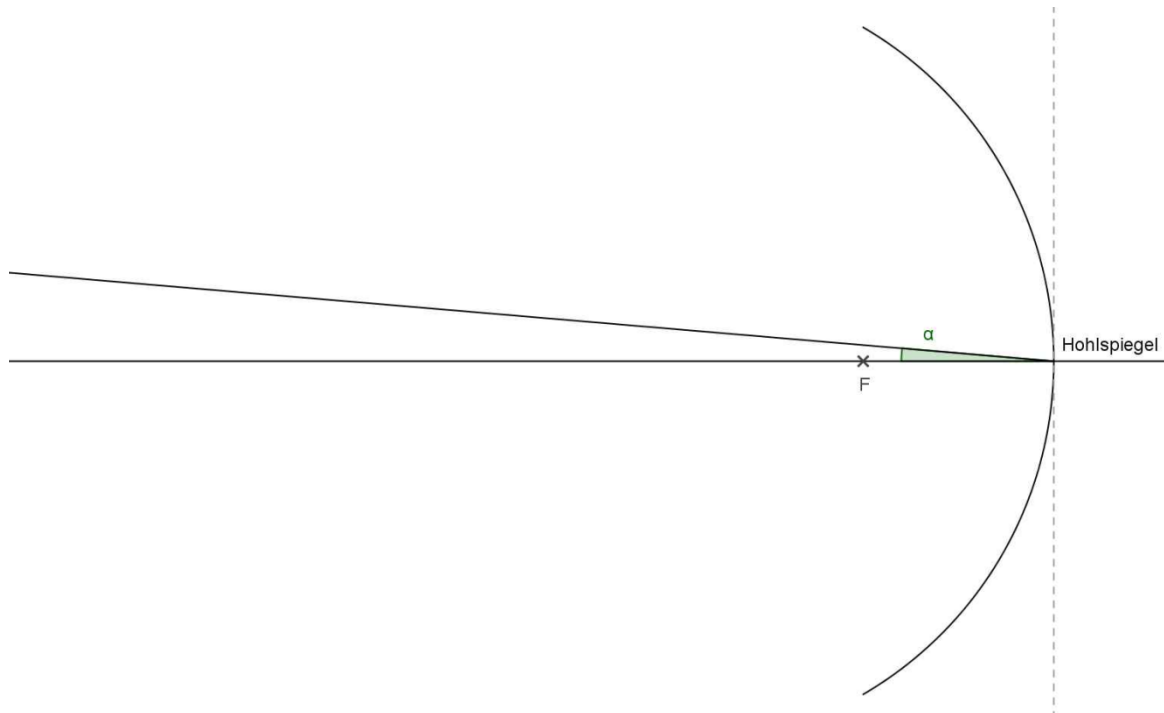
- a) Ergänze den Verlauf der parallel einfallenden Strahlen. Beachte die Reflexion im Hohlspiegel.



- b) Ergänze den Verlauf des durch den Brennpunkt gehenden Strahls mit Reflexion im Hohlspiegel.
Tipp: Verwende die Umkehrbarkeit des Lichtwegs, schaue Dir hierzu die Zeichnung aus Aufgabenteil a) an.



- c) Konstruiere die Reflexion des eingezeichneten Strahls durch den optischen Mittelpunkt nach dem Reflexionsgesetz.
Hinweis: Ersetze den Hohlspiegel gedanklich in dem Punkt, an dem der Strahl auftrifft, durch einen ebenen Spiegel.



- d) Vervollständige die folgenden Merksätze aufgrund Deiner Lösungen für die Aufgaben a), b) und c).

Merksätze:

Durch die Reflexion am Hohlspiegel wird ein Parallelstrahl

_____.

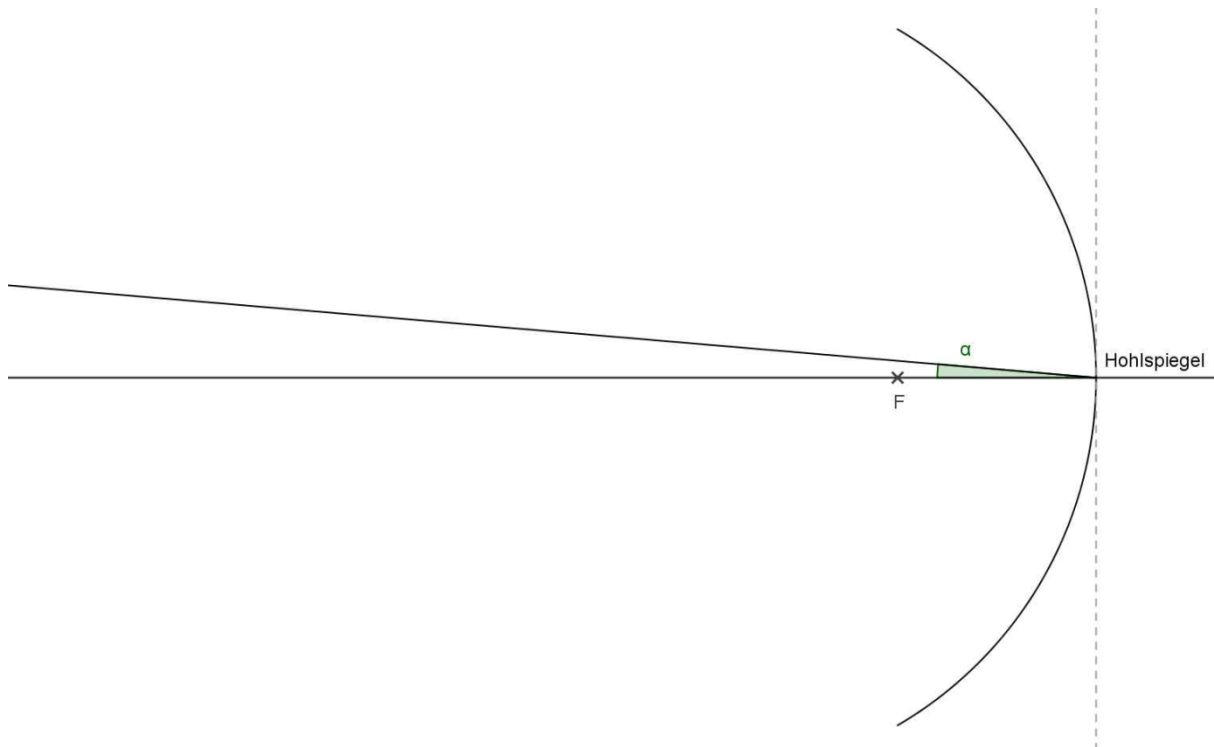
Durch die Reflexion am Hohlspiegel wird ein Brennpunktstrahl

_____.

Ein unter dem Winkel α einfallender Mittelpunktstrahl wird

_____.

- c) Konstruiere die Reflexion des eingezeichneten Strahls durch den optischen Mittelpunkt nach dem Reflexionsgesetz.
Hinweis: Ersetze den Hohlspiegel gedanklich in dem Punkt, an dem der Strahl auftrifft, durch einen ebenen Spiegel.



- d) Vervollständige die folgenden Merksätze aufgrund Deiner Lösungen für die Aufgaben a), b) und c).

Merksätze:

Durch die Reflexion am Hohlspiegel wird ein Parallelstrahl

_____.

Durch die Reflexion am Hohlspiegel wird ein Brennpunktstrahl

_____.

Ein unter dem Winkel α einfallender Mittelpunktstrahl wird

_____.

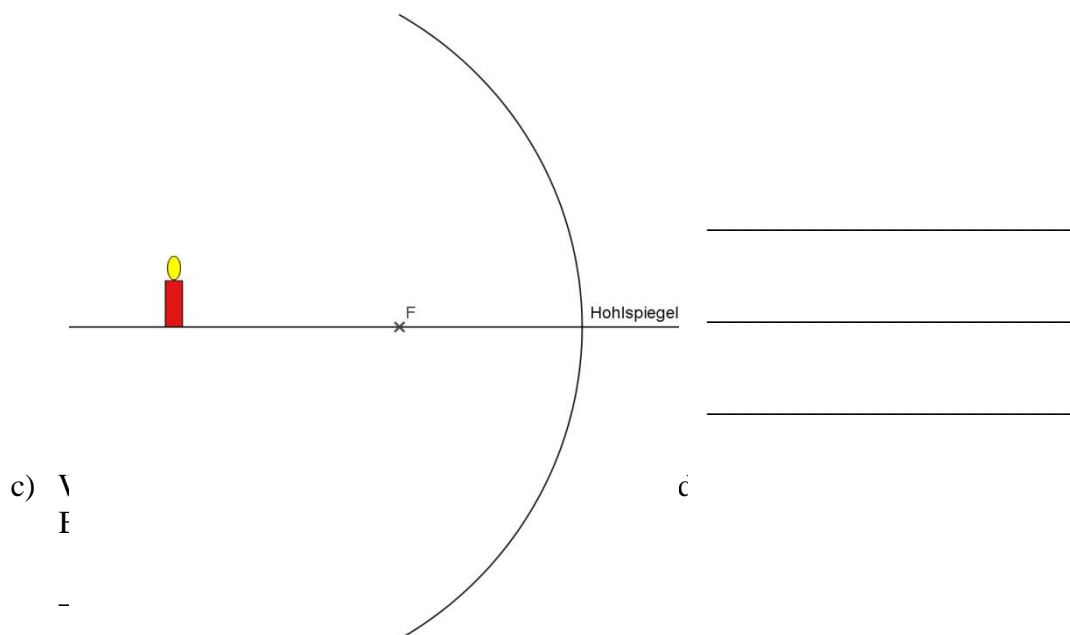
Aufgabenblatt 2: Bildkonstruktion am Hohlspiegel [Material 5_EG]

- Auch ohne Experiment lässt sich genau bestimmen, wie ein Lichtbündel verläuft, das von einem Gegenstandspunkt ausgeht und auf einen Hohlspiegel fällt.
- Wenn man die Brennweite des Hohlspiegels kennt, kann man durch eine geometrische Konstruktion den Verlauf des Lichtbündels und damit die Lage des Bildpunktes ermitteln.
- Das Konstruktionsprinzip ähnelt dem Vorgehen bei der Strahlenkonstruktion für den Strahlengang bei der Sammellinse.

A1 Der oberste Punkt einer Kerzenflamme sendet wie jeder Punkt der Flamme Licht nach allen Seiten aus. Ein Teil dieses Lichtes fällt auf einen Hohlspiegel.

- a) Zeichne von dem obersten Punkt der Kerze Strahlen in alle Richtungen ein, von denen Du glaubst, dass es Strahlen gibt.
- b) Es gibt einige Strahlen, die auf den Hohlspiegel fallen und deren Verlauf Du leicht angeben kannst.

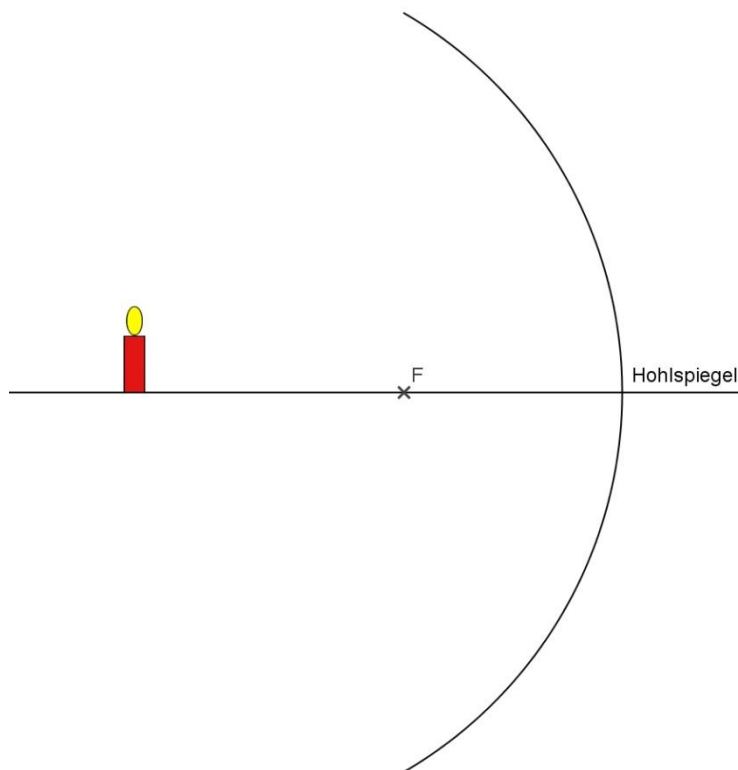
Zeichne diese Strahlen ein und benenne sie!



Aufgabenblatt 2: Bildkonstruktion am Hohlspiegel [Material 5_K]

- Auch ohne Experiment lässt sich genau bestimmen, wie ein Lichtbündel verläuft, das von einem Gegenstandspunkt ausgeht und auf einen Hohlspiegel fällt.
- Wenn man die Brennweite des Hohlspiegels kennt, kann man durch eine geometrische Konstruktion den Verlauf des Lichtbündels und damit die Lage des Bildpunktes ermitteln.
- Das Konstruktionsprinzip ähnelt dem Vorgehen bei der Strahlenkonstruktion für den Strahlengang bei der Sammellinse.

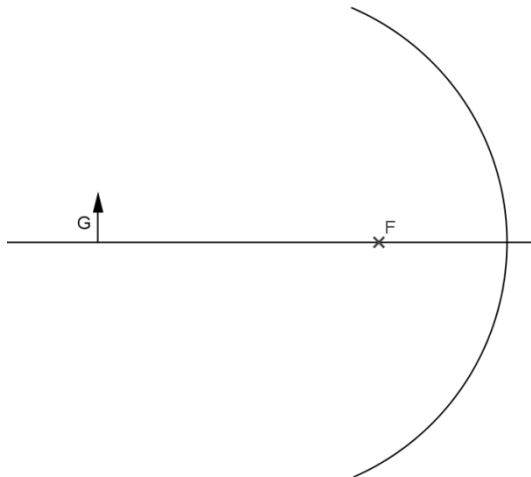
A1 Eine brennende Kerze steht vor einem Hohlspiegel.



Wie viele Strahlen benötigt man mindestens für die Konstruktion *eines* Bildpunktes?

Mit Hilfe welcher Strahlen kannst Du die Bildgröße der Kerze konstruieren?

- A2** Eine brennende Kerze steht vor einem Hohlspiegel senkrecht auf der optischen Achse. Konstruiere den Verlauf des Lichtbündels, das von der Kerze ausgeht und auf den Spiegel trifft. Konstruiere das Bild der Kerze, hier als Pfeil dargestellt, und benenne den jeweiligen Bildfall. Messe die angegebenen Größen in cm.



a) Bildfall

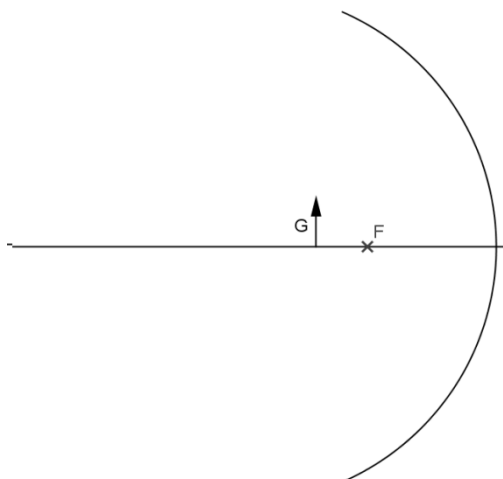
verkleinert

$B =$

$G =$

$b =$

$g =$



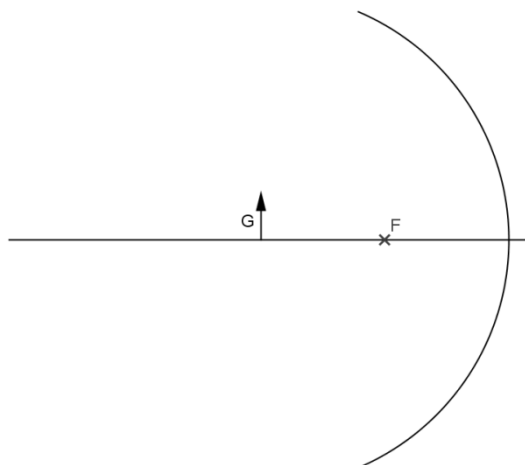
b) Bildfall

$B =$

$G =$

$b =$

$g =$



c) Bildfall

$B =$

$G =$

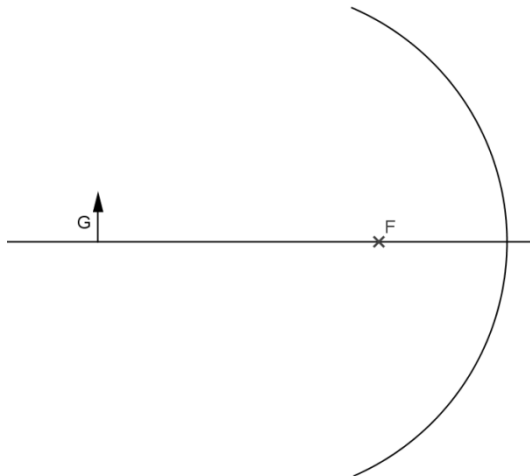
$b =$

$g =$

A2 Eine brennende Kerze steht vor einem Hohlspiegel senkrecht auf der optischen Achse.

Konstruiere den Verlauf des Lichtbündels, das von der Kerze ausgeht und auf den Spiegel trifft.

Konstruiere das Bild der Kerze, hier als Pfeil dargestellt, und benenne den jeweiligen Bildfall. Messe die angegebenen Größen in cm.



a) Bildfall

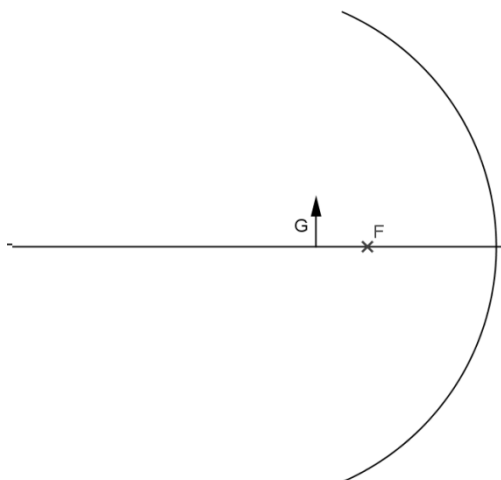
verkleinert

$B =$

$G =$

$b =$

$g =$



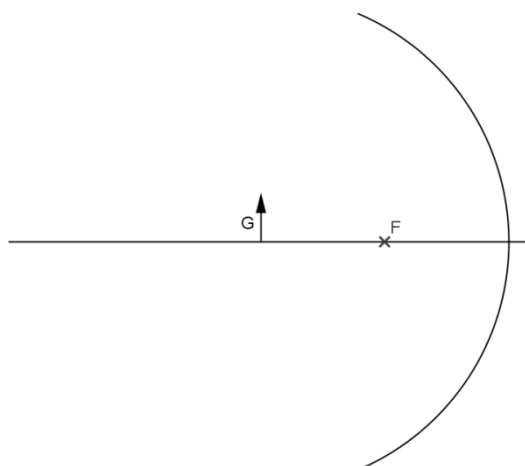
b) Bildfall

$B =$

$G =$

$b =$

$g =$



c) Bildfall

$B =$

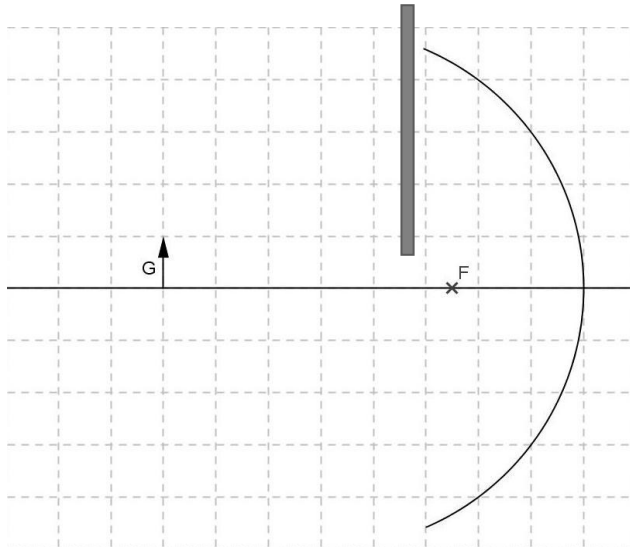
$G =$

$b =$

$g =$

A3

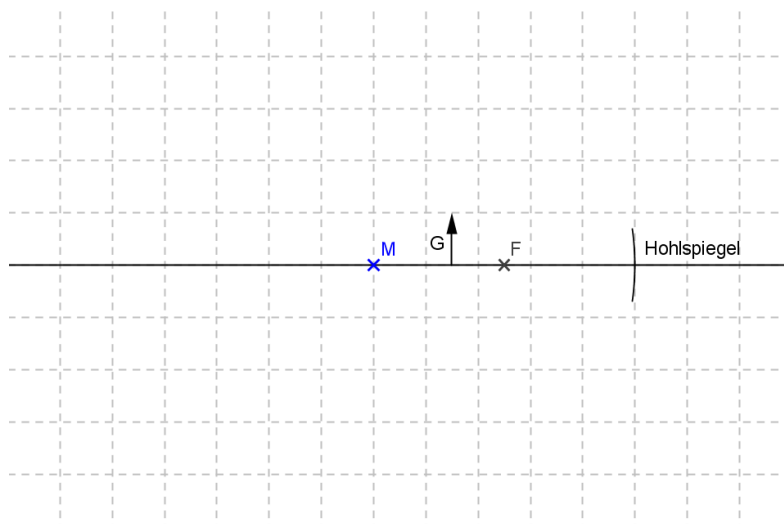
- a) Kannst Du noch das Bild einer Kerze (hier als Pfeil dargestellt) konstruieren, wenn man entsprechend der Abbildung die obere Hälfte des Spiegels abdeckt? Verdeutliche Deine Überlungen mit einer Zeichnung.



Wie ändert sich in diesem Fall das Bild?

- b) Kannst Du auch noch dann ein Bild konstruieren, wenn man anstelle eines großen Hohlspiegels einen deutlich kleineren Hohlspiegel mit gleicher Krümmung verwendet (siehe Abbildung unten)? Verdeutliche Deine Überlungen mit einer Zeichnung.

Hinweis: der Hohlspiegel ist in der Abbildung als Kreisausschnitt mit dem Mittelpunkt M dargestellt.



Gibt es in diesem Fall noch ein Bild?

_____,weil_____

Wenn ja: wie hat es sich verändert? _____

A3 Nadine möchte den Brennpunkt ihres Kosmetikspiegels (Hohlspiegel) bestimmen.
In der Beschreibung des Spiegels ist ein Krümmungsradius von 8,2 cm angegeben.

Ein brennendes Teelicht (Gegenstandshöhe der Flamme: $G = 1$ cm) befindet sich
10 cm vor dem Spiegel.

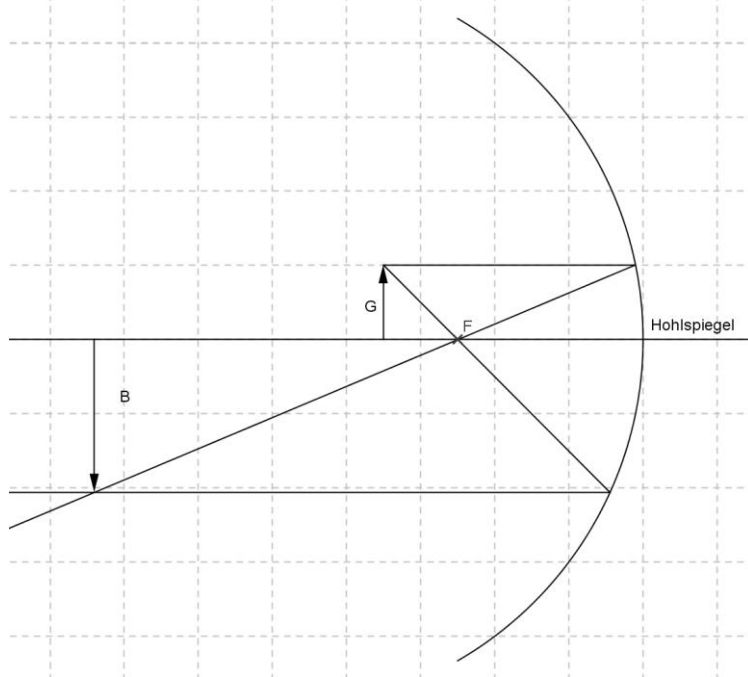
Mit einer weißen Pappe kann sie das Bild 7 cm vor dem Spiegel auffangen. Die
Bildhöhe beträgt $B = 0,7$ cm.

Bestimme den Brennpunkt mit einer Strahlenkonstruktion?

Aufgabenblatt 3: Die Abbildungsgleichung am Hohlspiegel [Material6_EG]

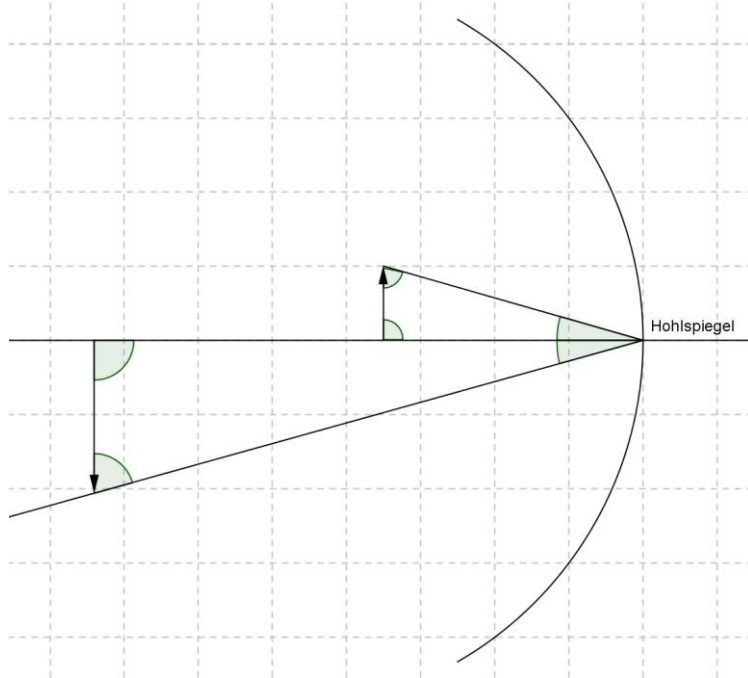
Zeichne in die Abbildung 1 den Verlauf des Mittelpunktstrahles ein und beschrifte die Abbildung mit den Dir bekannten Größen.

Abb.1



Wenn wir einen vollständigen Strahlengang betrachten, finden wir viele Dreiecke in der Abbildung 1.

Abb.2



Bleiben nur Gegenstand, Bild und Mittelpunktstrahl, erkennt man, dass zwei Dreiecke den Mittelpunktstrahl als längste Seite haben.

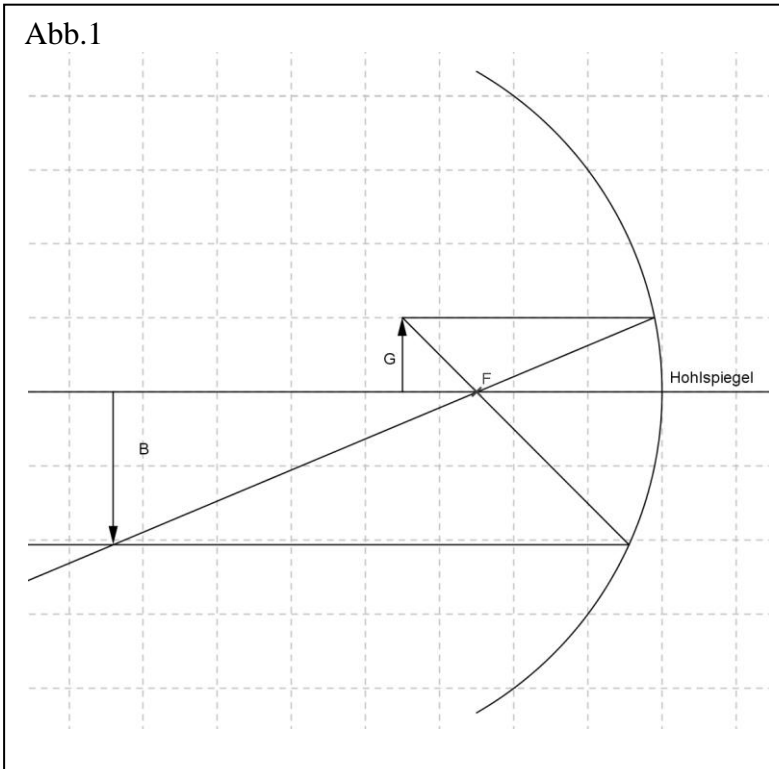
Zeichne die beiden Dreiecke, welche den Mittelpunktstrahl als längste Seite haben grün ein!

Beschrifte die Seiten der beiden Dreiecke mit Fachbegriffen aus dem Bereich Optik!

Aufgabenblatt 3: Die Abbildungsgleichung am Hohlspiegel [Material 6_K]

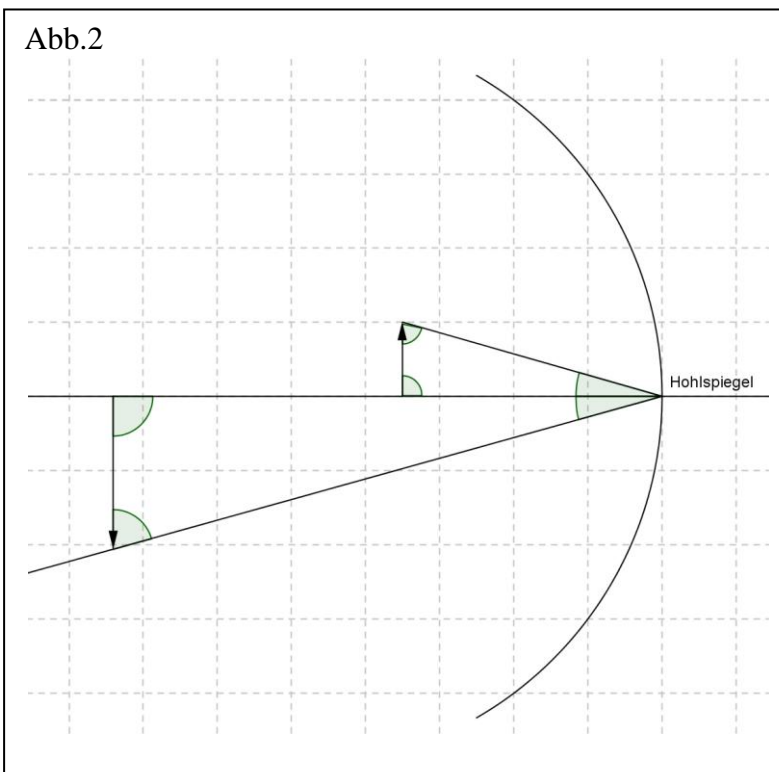
Zeichne in die Abbildung 1 den Verlauf des Mittelpunktstrahles ein und beschrifte die Abbildung mit den Dir bekannten Größen.

Abb.1



Wenn wir einen vollständigen Strahlengang betrachten, finden wir viele Dreiecke in der Abbildung 1.

Abb.2



Bleiben nur Gegenstand, Bild und Mittelpunktstrahl, erkennt man, dass zwei Dreiecke den Mittelpunktstrahl als längste Seite haben.

Zeichne die beiden Dreiecke, welche den Mittelpunktstrahl als längste Seite haben grün ein!

Beschrifte die Seiten der beiden Dreiecke mit Fachbegriffen aus dem Bereich Optik!

B1 Gegenüberstellung Unterrichtsmaterial Experimentalgruppe

Vergleiche die Winkel der beiden Dreiecke!

Beschrifte gleiche Winkel jeweils mit den gleichen griechischen Buchstaben (α , β , γ).

Könnte man das kleine Dreieck gleichmäßig so vergrößern, dass es mit dem großen übereinstimmt?

☐ ja

☐ nein

Wenn dies funktioniert, ist jede Seite im gleichen Verhältnis vergrößert worden.

Die Seitenverhältnisse „Bildgröße geteilt durch Gegenstandsgröße“ und „Bildweite geteilt durch Gegenstandsweite“ sind folglich _____.

Hinweis: Das Seitenverhältnis „Bildgröße geteilt durch Gegenstandsgröße“ nennt man auch Abbildungsmaßstab (A).

Drücke die Seitenverhältnisse als Wortgleichung aus:

_____ = _____

Ersetze die Fachbegriffe der Formel nun durch ihre Abkürzungen:

_____ = _____

Drücke den Abbildungsmaßstab A als Formel aus:

$A =$ _____

Hinweis: Die Formel nennt man „Abbildungsgesetz“

Vergleiche die Winkel der beiden Dreiecke!

Beschrifte gleiche Winkel jeweils mit den gleichen griechischen Buchstaben (α , β , γ).

Könnte man das kleine Dreieck gleichmäßig so vergrößern, dass es mit dem großen übereinstimmt?

☐ ja

☐ nein

Wenn dies funktioniert, ist jede Seite im gleichen Verhältnis vergrößert worden.

Die Seitenverhältnisse „Bildgröße geteilt durch Gegenstandsgröße“ und „Bildweite geteilt durch Gegenstandsweite“ sind folglich _____.

Hinweis: Das Seitenverhältnis „Bildgröße geteilt durch Gegenstandsgröße“ nennt man auch Abbildungsmaßstab (A).

Drücke die Seitenverhältnisse als Wortgleichung aus:

_____ = _____

Ersetze die Fachbegriffe der Formel nun durch ihre Abkürzungen:

_____ = _____

Drücke den Abbildungsmaßstab A als Formel aus:

$A =$ _____

Hinweis: Die Formel nennt man „Abbildungsgesetz“

Übung zur Strahlenkonstruktion

9 cm vor einem Hohlspiegel mit einem Krümmungsradius von 6 cm steht ein Gegenstand der Größe 1,5 cm.

Der Hohlspiegel hat eine Brennweite von 3 cm.

- a) Bestimme durch Zeichnung Ort und Größe des Bildes.
- b) Bestimme durch Rechnung die Größe des Bildes und den Abbildungsmaßstab, wenn das Bild in einer Entfernung von 4,4 cm aufgefangen wird.
- c) Vergleiche Dein Ergebnis mit der Konstruktion.

Hausaufgabe**Aufgabenstellung:**

Konstruiere mit Zirkel und Geodreieck die beiden Bildfälle (a) „gleich großes Bild“ und (b) „verkleinertes Bild“ mit den Messwerten aus dem Experiment, welches Du in der vorherigen Unterrichtsstunde durchgeführt hast! ($f=10\text{ cm}$; $r_{\text{(Hohlspiegel)}}=20\text{ cm}$)

Nutze als Ausgangspunkt für Deine Konstruktion nur die Gegenstandsgröße G und die Gegenstandsweite g .

Fertige die Konstruktion im Maßstab 1:4 an! 1 cm in der Konstruktion entsprechen 4 cm im

Experiment: z.B. $g_{\text{(Experiment)}} = \boxed{20\text{ cm}} \xrightarrow{:4} = g_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{5\text{ cm}}$

($f_{\text{Konstruktion}} = 2,5\text{ cm}$; $r_{\text{(Hohlspiegel in der Konstruktion)}} = 5\text{ cm}$)

a) „gleich großes Bild“

$$G_{\text{(Experiment)}} = \boxed{} \xrightarrow{:4} = G_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{}$$

$$g_{\text{(Experiment)}} = \boxed{} \xrightarrow{:4} = g_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{}$$

- Miss Bildgröße B und Bildweite b in der Konstruktion mit dem Geodreieck ab und berechne den Abbildungsmaßstab:

$$B_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{} \xrightarrow{\cdot 4} = B_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

$$b_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{} \xrightarrow{\cdot 4} = b_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

$$A_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{}$$

- Berechne den Abbildungsmaßstab für die Werte aus dem Experiment!

$$A_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

- Vergleiche die Ergebnisse ($A_{\text{(Experiment)}}$ und $A_{\text{(Konstruktion)}}$):

Hausaufgabe

Aufgabenstellung:

Konstruiere mit Zirkel und Geodreieck die beiden Bildfälle (a) „gleich großes Bild“ und (b) „verkleinertes Bild“ mit den Messwerten aus dem Experiment, welches Du in der vorherigen Unterrichtsstunde durchgeführt hast! ($f=10\text{ cm}$; $r_{\text{(Hohlspiegel)}}=20\text{ cm}$)

Nutze als Ausgangspunkt für Deine Konstruktion nur die Gegenstandsgröße G und die Gegenstandsweite g .

Fertige die Konstruktion im Maßstab 1:4 an! 1 cm in der Konstruktion entsprechen 4 cm im

Experiment: z.B. $g_{\text{(Experiment)}} = \boxed{20\text{ cm}} \xrightarrow{:4} = g_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{5\text{ cm}}$

($f_{\text{Konstruktion}} = 2,5\text{ cm}$; $r_{\text{(Hohlspiegel in der Konstruktion)}} = 5\text{ cm}$)

a) „gleich großes Bild“

$$G_{\text{(Experiment)}} = \boxed{} \xrightarrow{:4} = G_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{}$$

$$g_{\text{(Experiment)}} = \boxed{} \xrightarrow{:4} = g_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{}$$

- Miss Bildgröße B und Bildweite b in der Konstruktion mit dem Geodreieck ab und berechne den Abbildungsmaßstab:

$$B_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{} \xrightarrow{\cdot 4} = B_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

$$b_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{} \xrightarrow{\cdot 4} = b_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

$$A_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{}$$

- Berechne den Abbildungsmaßstab für die Werte aus dem Experiment!

$$A_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

- Vergleiche die Ergebnisse ($A_{\text{(Experiment)}}$ und $A_{\text{(Konstruktion)}}$):

b) „verkleinertes Bild“

$$\begin{array}{lcl}
 G_{\text{(Experiment)}} & = & \boxed{} \xrightarrow{:4} = G_{\text{(Konstruktion)}} = \\
 g_{\text{(Experiment)}} & = & \boxed{} \xrightarrow{:4} = g_{\text{(Konstruktion)}} =
 \end{array}$$

- Miss Bildgröße B und Bildweite b in der Konstruktion mit dem Geodreieck ab und berechne den Abbildungsmaßstab:

$$B_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{} \xrightarrow{\cdot 4} = B_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

$$b_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{} \xrightarrow{\cdot 4} = b_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

$$A_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{}$$

- Berechne den Abbildungsmaßstab für die Werte aus dem Experiment!

$$A_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

- Vergleiche die Ergebnisse ($A_{\text{(Experiment)}}$ und $A_{\text{(Konstruktion)}}$):

b) „verkleinertes Bild“

$$G_{\text{(Experiment)}} = \boxed{} \xrightarrow{:4} = G_{\text{(Konstruktion)}} =$$

$$g_{\text{(Experiment)}} = \boxed{} \xrightarrow{:4} = g_{\text{(Konstruktion)}} =$$

- Miss Bildgröße B und Bildweite b in der Konstruktion mit dem Geodreieck ab und berechne den Abbildungsmaßstab:

$$B_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{} \xrightarrow{\bullet 4} = B_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

$$b_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{} \xrightarrow{\bullet 4} = b_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

$$A_{\text{(Konstruktion)}} = \boxed{}$$

- Berechne den Abbildungsmaßstab für die Werte aus dem Experiment!

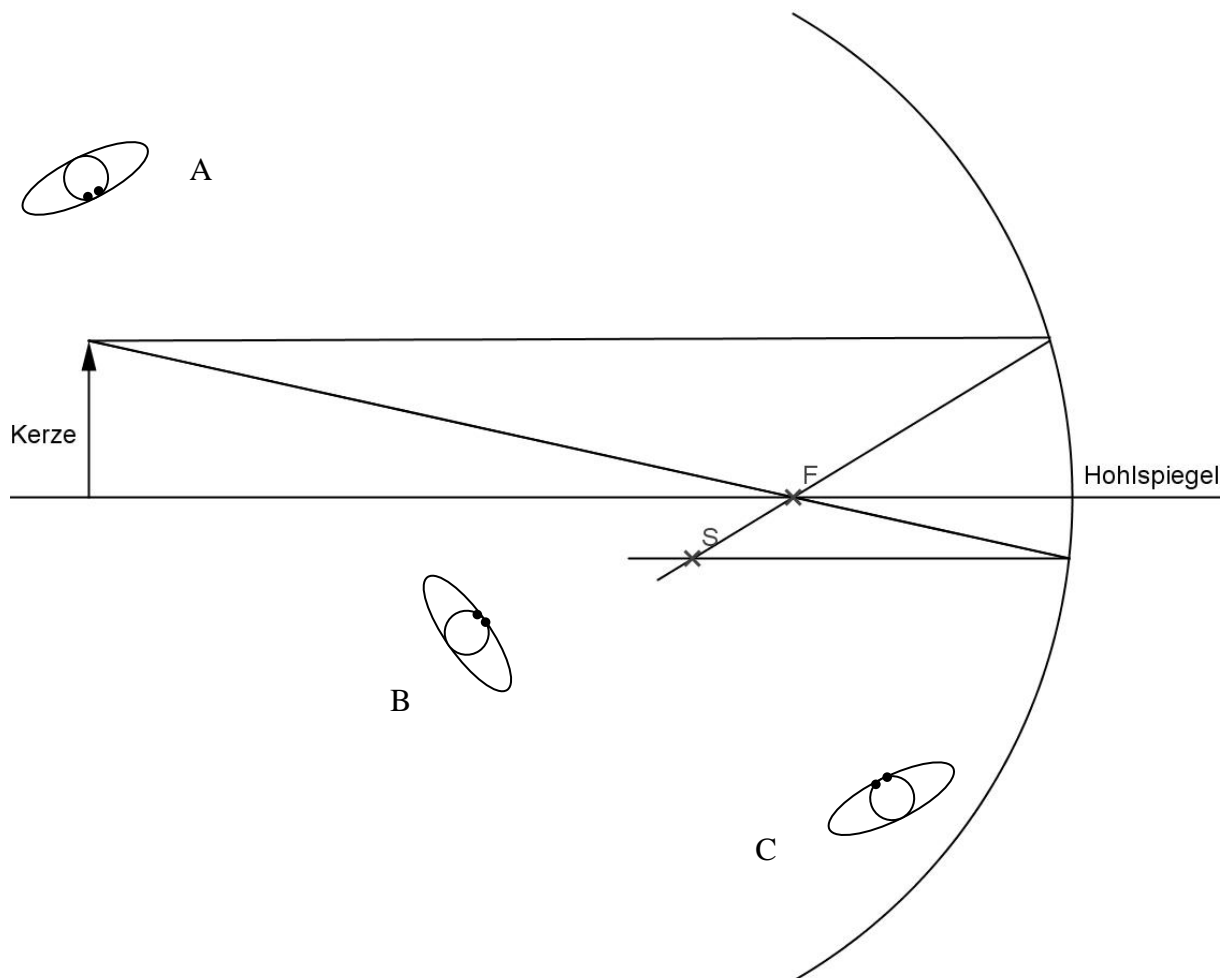
$$A_{\text{(Experiment)}} = \boxed{}$$

- Vergleiche die Ergebnisse ($A_{\text{(Experiment)}}$ und $A_{\text{(Konstruktion)}}$):
-

Aufgabenblatt 4: Übungen zur Strahlenkonstruktion und zur Abbildungsgleichung am Hohlspiegel [Material 7-EG]

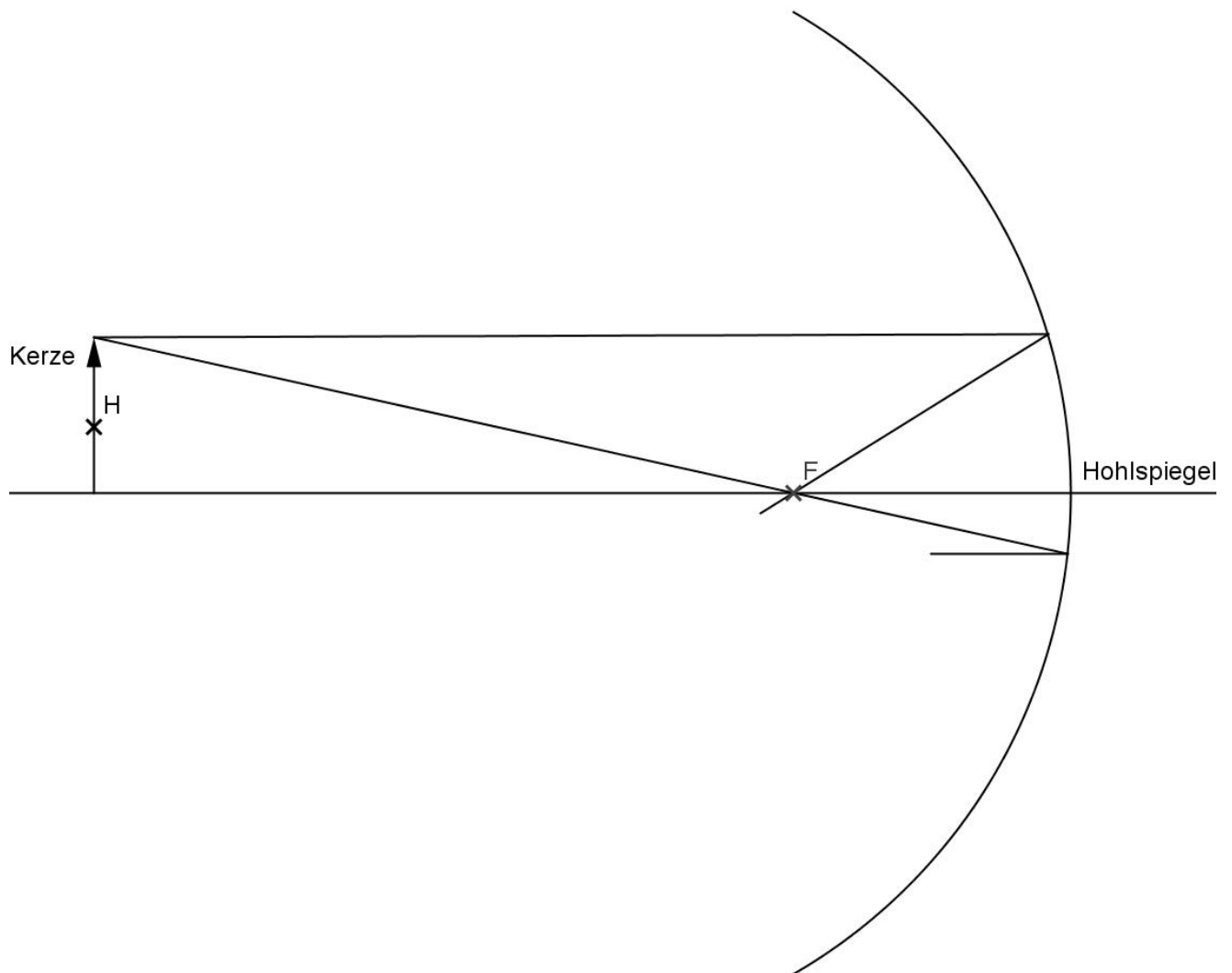
A1

- Welcher Beobachter (A, B, C) kann das Bild der Kerze sehen, wenn Max ein weißes Stück Pappe an der Position S aufstellt?
- Welcher Beobachter (A, B, C) kann das Bild der Kerze sehen, wenn Maren die Pappe gegen ein transparentes weißes Papier vertauscht?
- Welcher Beobachter (A, B, C) kann das Bild der Kerze bei einer Versuchsanordnung ohne Schirm sehen?



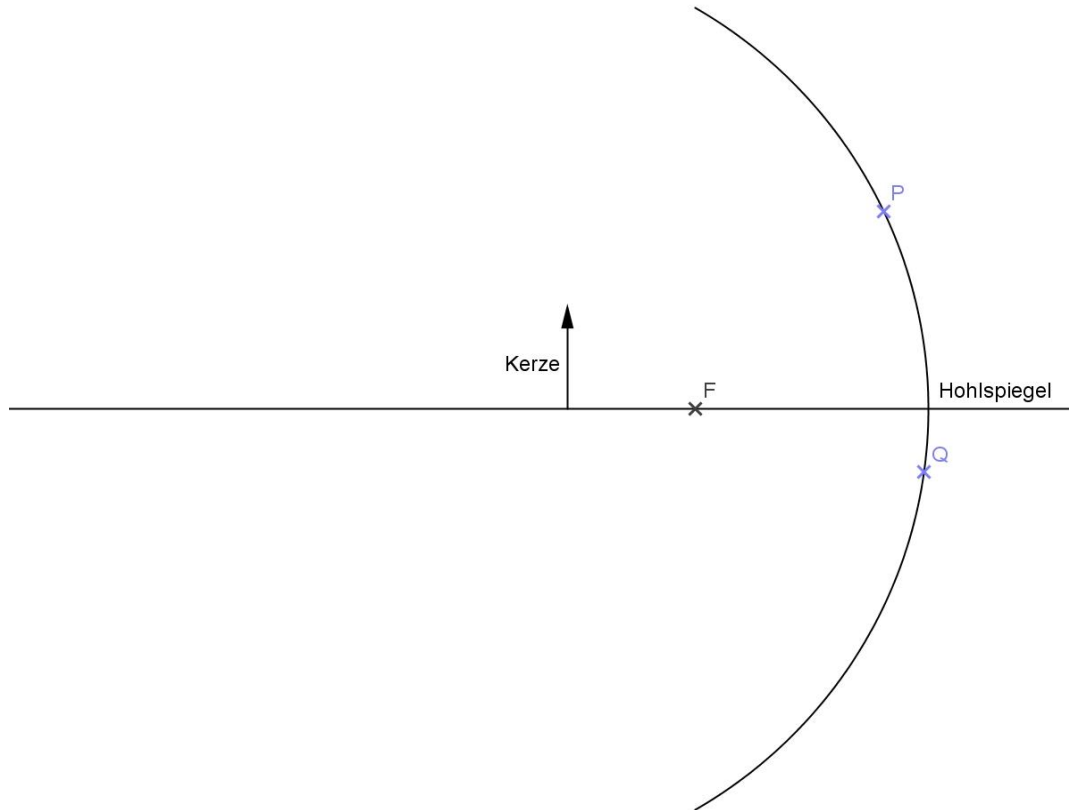
Aufgabenblatt 4: Übungen zur Strahlenkonstruktion und zur Abbildungsgleichung am Hohlspiegel [Material 7_K]

- A1**
- a) An welcher Position kann das Bild der Kerze (hier dargestellt als Pfeil) auf einem Schirm aufgefangen werden? (Zeichne das Bild der Kerze ein)
 - b) Konstruiere den Bildpunkt zu Punkt H des Gegenstandes (Kerze).



A2

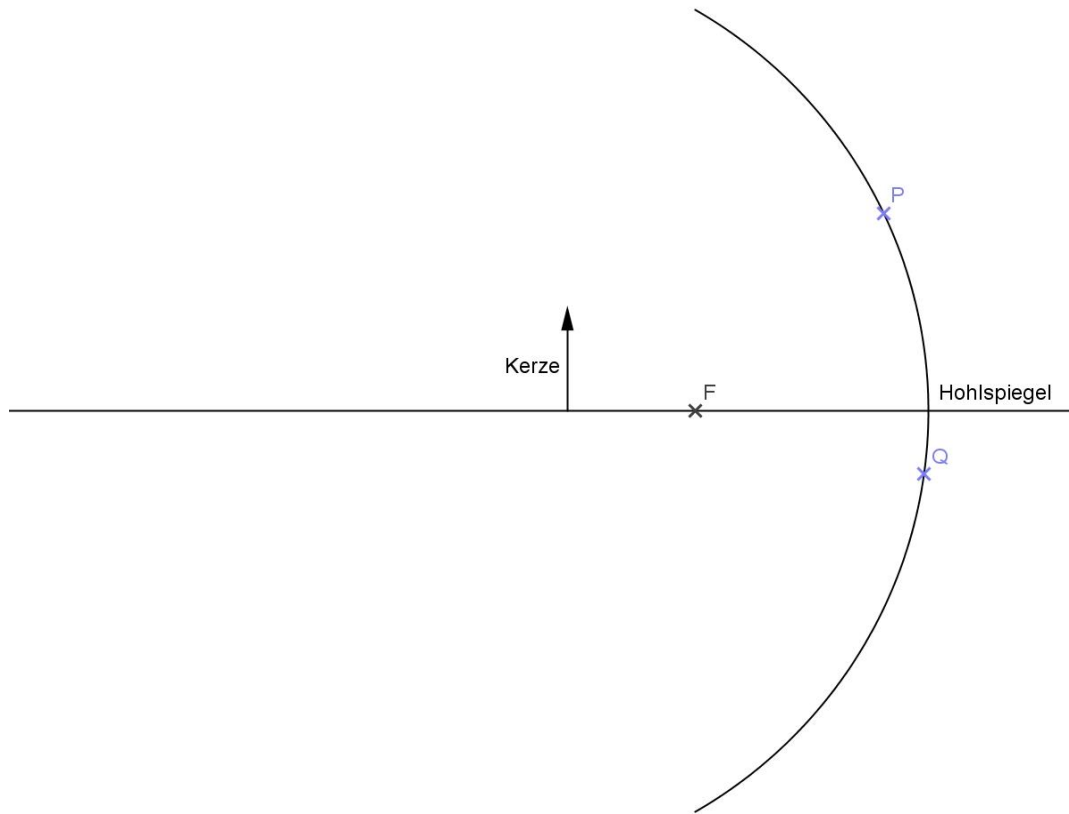
- a) Konstruiere das Bild der Kerze (hier dargestellt durch einen Pfeil) und bestimme die Bildgröße durch Konstruktion!



- b) Bestimme den Abbildungsmaßstab!
- c) Welche Abbildungseigenschaften treffen zu:
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> seitenrichtig | <input type="checkbox"/> seitenverkehrt |
| <input type="checkbox"/> vergrößert | <input type="checkbox"/> verkleinert |
- d) Zeichne folgende Strahlen ein (ohne das Reflexionsgesetz zu verwenden):
- Strahl, der von der Kerzenspitze ausgeht und in dem Punkt P auf dem Spiegel auftrifft und
 - Strahl, der von der Kerzenspitze ausgeht und in dem Punkt Q auf dem Spiegel auftrifft.

A2

- a) Konstruiere das Bild der Kerze (hier dargestellt durch einen Pfeil) und bestimme die Bildgröße durch Konstruktion.



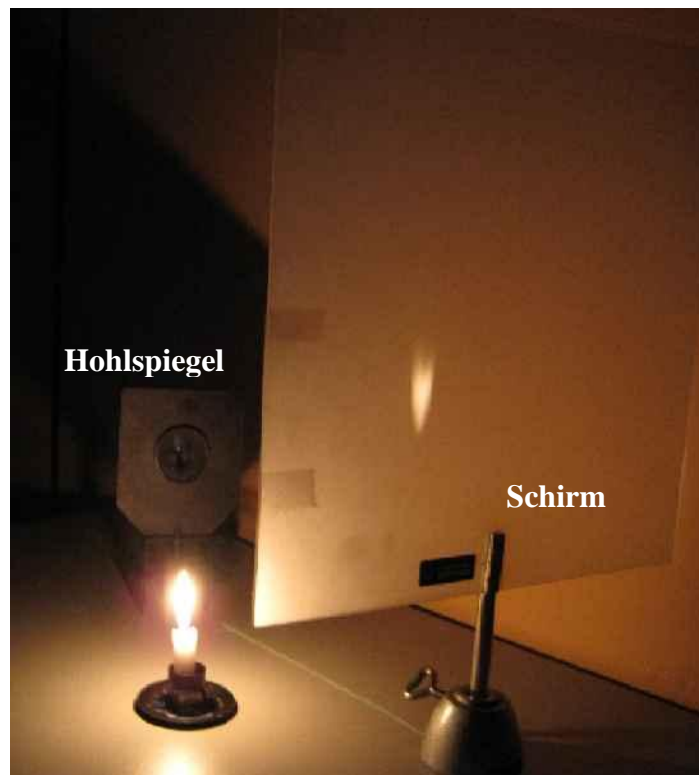
- e) Bestimme den Abbildungsmaßstab.
- f) Welche Abbildungseigenschaften treffen zu:
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> seitenrichtig | <input type="checkbox"/> seitenverkehrt |
| <input type="checkbox"/> vergrößert | <input type="checkbox"/> verkleinert |
- g) Zeichne folgende Strahlen ein (ohne das Reflexionsgesetz zu verwenden):
- Strahl, der von der Kerzenspitze K ausgeht und in dem Punkt P auf dem Spiegel auftrifft und
 - Strahl, der von der Kerzenspitze K ausgeht und in dem Punkt Q auf dem Spiegel auftrifft.

A3

- a) Welche Abbildungseigenschaften hat das Bild auf dem Schirm? Berücksichtige bei Deiner Beschreibung die Orientierung im Raum und den Abbildungsmaßstab.
- b) Wie kann man mit diesem Versuchsaufbau durch Verschieben von Kerze und Schirm die Brennweite des Hohlspiegels bestimmen?

Tipp: Wenn die Gegenstandsweite der doppelten Brennweite entspricht, dann sind Gegenstandsweite und Bildweite gleich groß.

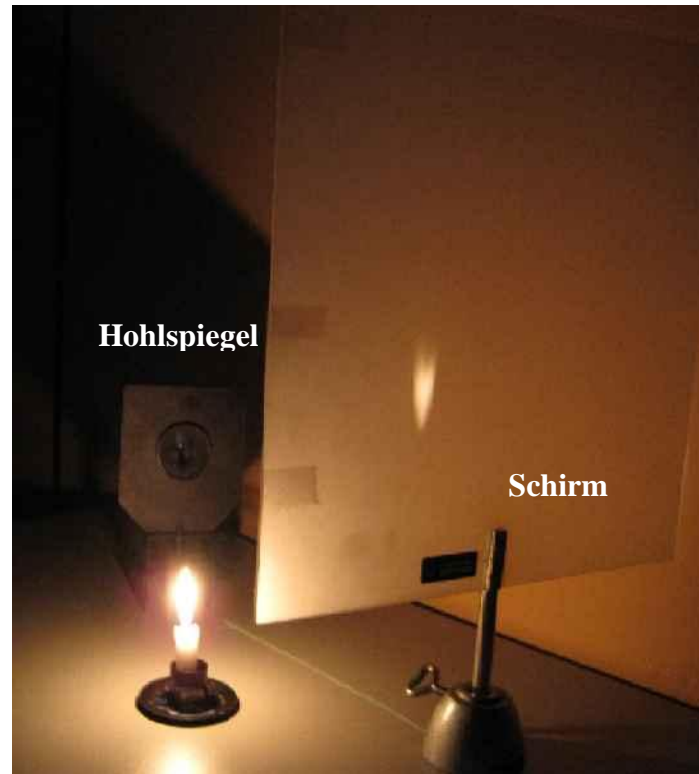
- c) Wie verändert sich das Bild, wenn man die obere Hälfte des Spiegels abdeckt?



A3

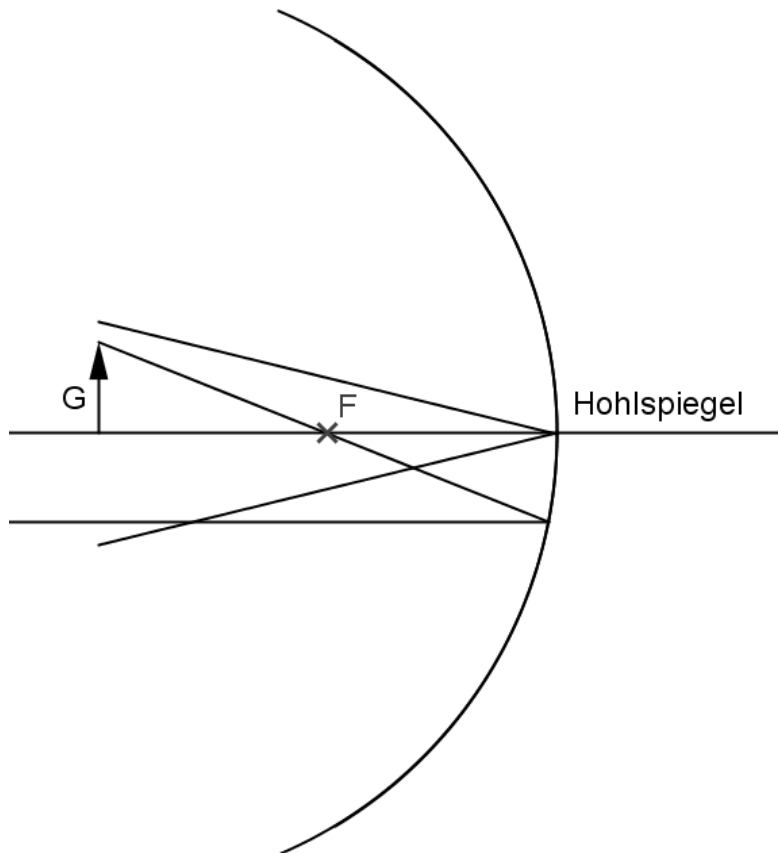
- a) Welche Eigenschaften hat das Bild auf dem Schirm? Berücksichtige bei Deiner Beschreibung die Orientierung im Raum und den Abbildungsmaßstab.
- b) Wie kann man mit diesem Versuchsaufbau durch Verschieben von Kerze und Schirm die Brennweite des Hohlspiegels bestimmen?

Tipp: Wenn die Gegenstandsweite der doppelten Brennweite entspricht, dann sind Gegenstandsweite und Bildweite gleich groß.



A4

- a) In der gegebenen Abbildungskonstruktion soll das Bild von G konstruiert werden. Markiere den / die ungeeigneten Strahl/en und berichtige mit der Farbe Blau!



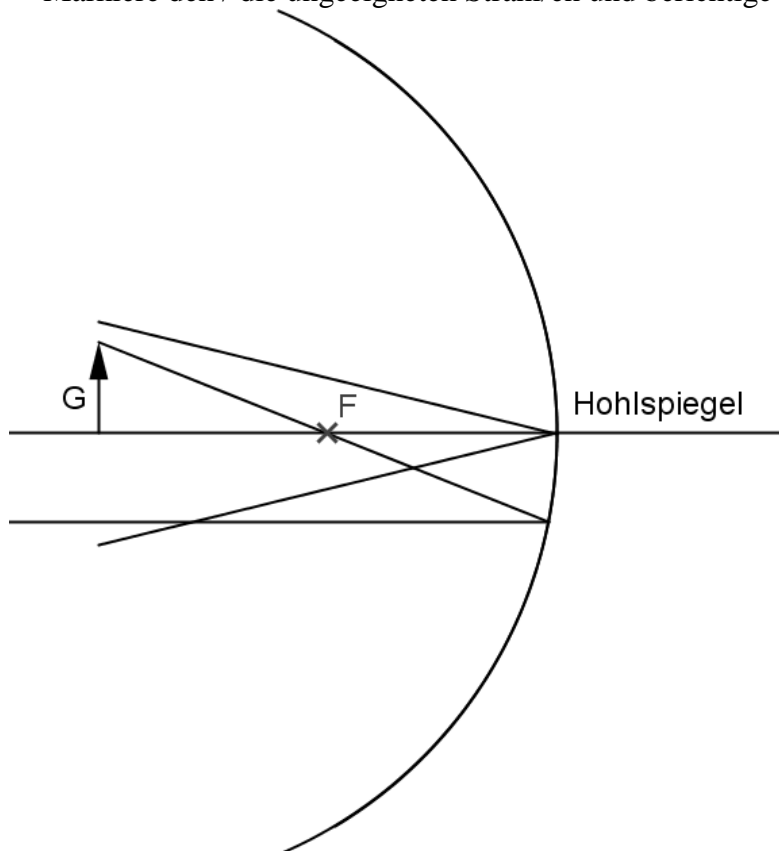
- b) Erkläre in Stichworten, was falsch gemacht wurde!

- c) Johanna hat mit den ausgezeichneten Strahlen das Bild konstruiert. Kann sie nach dieser Bildkonstruktion auch den Verlauf beliebiger Lichtstrahlen ausgehend vom Gegenstand zeichnen?

Begründe Deine Antwort mit Worten und durch Einzeichnen in der Farbe Grün in die Abbildung (oben).

A4

- a) In der gegebenen Abbildungskonstruktion soll das Bild von G konstruiert werden. Markiere den / die ungeeigneten Strahl/en und berichtige mit der Farbe Blau!



- b) Erkläre in Stichworten was falsch gemacht wurde!

- c) Mit welchem Strahl könnte man das Bild ebenfalls konstruieren? Begründe Deine Antwort mit Worten und durch Einzeichnen in der Farbe Grün in die Abbildung (oben).

Zusatzaufgaben [Material 8-EGundKG-identisch]**A1**

Bei einer Abbildung mit Hilfe einer Sammellinse (Konvexlinse) sei G die Gegenstandsgröße, g die Gegenstandsweite, B die Bildgröße, b die Bildweite und A der Abbildungsmaßstab. Gib in jeder Zeile die fehlenden Größen an!

G	g	B	b	A
10 cm	200 cm	3,5 cm		
190 cm		3 cm	55cm	
	25 cm	5 cm	100 cm	

A2

6 cm vor einem Hohlspiegel mit dem Radius 8 cm steht ein Gegenstand mit der Größe von 1 cm. Der Hohlspiegel hat eine Brennweite von 4 cm.

- d) Bestimme durch Zeichnung Ort und Größe des Bildes.

Hinweis: Zeichne den Hohlspiegel an den rechten Blattrand.

- e) Gib den Abbildungsmaßstab an.

A3

Im Badezimmer steht auf einem Hocker ein schräg nach oben gestellter Kosmetikspiegel. Auf einer hellen Fliese an der Wand entsteht das verkleinerte Bild ($B = 10$ cm) einer angeschalteten kugelförmigen Deckenlampe (Größe der Lampe = 15 cm). Der Abstand zwischen Spiegel und Wand beträgt 1,5 m.

- a) Berechne die Entfernung von Lampe und Spiegel.
- b) Wie kann ein vergrößertes Bild der Lampe erzeugt werden? Skizziere (keine Konstruktion notwendig) beide Situationen.

Zusatzaufgaben [Material 8-EGundKG-identisch]

A1

Bei einer Abbildung mit Hilfe einer Sammellinse (Konvexlinse) sei G die Gegenstandsgröße, g die Gegenstandsweite, B die Bildgröße, b die Bildweite und A der Abbildungsmaßstab. Gib in jeder Zeile die fehlenden Größen an!

G	g	B	b	A
10 cm	200 cm	3,5 cm		
190 cm		3 cm	55cm	
	25 cm	5 cm	100 cm	

A2

6 cm vor einem Hohlspiegel mit dem Radius 8 cm steht ein Gegenstand mit der Größe von 1 cm. Der Hohlspiegel hat eine Brennweite von 4 cm.

- a) Bestimme durch Zeichnung Ort und Größe des Bildes.

Hinweis: Zeichne den Hohlspiegel an den rechten Blattrand.

- b) Gib den Abbildungsmaßstab an.

A3

Im Badezimmer steht auf einem Hocker ein schräg nach oben gestellter Kosmetikspiegel. Auf einer hellen Fliese an der Wand entsteht das verkleinerte Bild ($B = 10$ cm) einer angeschalteten kugelförmigen Deckenlampe (Größe der Lampe = 15 cm). Der Abstand zwischen Spiegel und Wand beträgt 1,5 m.

- a) Berechne die Entfernung von Lampe und Spiegel.
- b) Wie kann ein vergrößertes Bild der Lampe erzeugt werden? Skizziere (keine Konstruktion notwendig) beide Situationen.

A4

- a) Welche Abbildungseigenschaften hat das Bild auf dem Schirm?

Berücksichtige bei Deiner Beschreibung die Orientierung im Raum und den Abbildungsmaßstab.



- b) Was passiert, wenn man die Position von Kerze und Schirm exakt vertauscht (genau dort, wo die Kerze stand, steht nun der Schirm und umgekehrt)?

Erhält man nun noch ein scharfes Bild? Begründe in Worten!

Lösungshinweis:

Überlege Dir anhand einer Skizze (keine Konstruktion notwendig), was sich verändert, wenn man die Position von Kerze und Schirm vertauscht.

A4

- a) Welche Abbildungseigenschaften hat das Bild auf dem Schirm?

Berücksichtige bei Deiner Beschreibung die Orientierung im Raum und den Abbildungsmaßstab.



- b) Was passiert, wenn man die Position von Kerze und Schirm exakt vertauscht (genau dort, wo die Kerze stand, steht nun der Schirm und umgekehrt)?

Erhält man nun noch ein scharfes Bild? Begründe in Worten!

Lösungshinweis:

Überlege Dir anhand einer Skizze (keine Konstruktion notwendig), was sich verändert, wenn man die Position von Kerze und Schirm vertauscht.

B2 Unterrichtsplanung Pilotstudie Treatment- und Kontrollgruppe

B2 Unterrichtsentwurf Pilotstudie Hohlspiegel - Treatment- und Kontrollgruppe

Unterrichtsentwurf Pilotstudie Hohlspiegel: Treatment- und Kontrollgruppe

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden Unterschiede zwischen Treatment- und Kontrollgruppe im Folgenden durch eine graue Farbmarkierung hervorgehoben!

1. Ziele

Ziel der Pilotstudie ist die Erprobung der Unterrichtsmaterialien sowie die Validierung der Tests. Ideal wäre es, wenn bereits Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden könnten.

2. Methodik

Die Unterrichtsbedingungen im Quasiexperiment sollten möglichst vergleichbar gehalten werden, damit Unterschiede im Lernerfolg zwischen den Parallelklassen eindeutig auf das Treatment zurückzuführen sind. Um Gruppeneffekte möglichst gering zu halten, führen die SchülerInnen das Schülerexperiment in Partnerarbeit durch.

3. Material

Demonstrationsversuch mit optischer Scheibe und Hohlspiegel



Schülerversuch: optische Bank, Hohlspiegel, Schirm, Kerze

4. Voraussetzungen

Strahlvorstellung, geradlinige Lichtstrahlausbreitung,

Reflexion am Spiegel,

Bilder an Sammellinsen, Strahlenkonstruktion der Bildentstehung an Sammellinsen:

Achsenparallelstrahl wird zu	Brennpunktstrahl
Brennpunktstrahl wird zu	Achsenparallelstrahl
Mittelpunktstrahl bleibt	Mittelpunktstrahl

5. Verwendete Abkürzungen

SuS: Schülerinnen und Schüler

Mat: Material

Überblick über Vor-und Nachtest und die Unterrichtseinheiten

Ausführliche Planung folgt auf den weiteren Seiten.

		Kontrollgruppe Herr Müller		Treatmentgruppe Herr Koch	
Stunde / zeitliche Anordnung		Fach	Inhalt	Fach	Inhalt
0.	Siehe Zeitplan: vor der Unterrichtseinheit	Physik	Vortest	Physik / Mathe-matik	Vortest
1.	Siehe Zeitplan	Physik	Einführung, Durchführung des Experiments mit Auswertung	Physik	Einführung, Durchführung des Experiments mit Auswertung Hausaufgabe mit impliziter Thematisierung von Schülervorstellungen ¹
2.	Siehe Zeitplan	Physik	Strahlenkonstruktion und Abbildungsgleichung,	Physik	Strahlenkonstruktion und Abbildungsgleichung, im Unterricht wird auf die physikalische Sehvorstellung eingegangen
3.	Siehe Zeitplan	Physik	Übungsblätter: SuS üben mit verschiedenen Repräsentationsformen umzugehen.	Physik	Übungsblätter: SuS üben mit verschiedenen Repräsentationsformen umzugehen, wobei Schülervorstellungen gezielt - v.a. im Hinblick auf den Umgang mit Repräsentationen - berücksichtigt werden.
4.	Siehe Zeitplan: nach der Unterrichtseinheit	Physik	Nachtest	Physik / Mathe-matik	Nachtest

¹ Mit „impliziter Thematisierung“ ist an dieser Stelle und im Folgenden gemeint, dass die Aufgabe(n) nur korrekt gelöst werden kann bzw. können und die Lösung auch verstanden wird, wenn keine Fehlvorstellung vorliegt oder diese überwunden wurde.

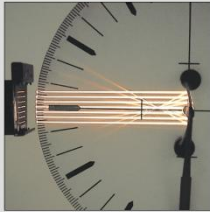
Unterrichtsentwurf: 1. Unterrichtsstunde Experiment:

Der Ablauf der Stunden ist für Treatment- und Kontrollgruppe gleich.

MatNR_KG: Material für die Kontrollgruppe

MatNR_TG: Material für die Treatmentgruppe

MatNR_KG+TG: für Kontrollgruppe und Treatmentgruppe sind die Materialien identisch

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien / Aktivitäten
10 min.	<p>Wecken von Interesse: Folie mit Fotografien zu Anwendungen zeigen <i>Solarkocher und Solarkraftwerk</i> Wie funktionieren <i>Solarkocher und Solarkraftwerke</i> Bilder nacheinander aufdecken</p> <p>Zur Beantwortung der Frage: zeigen des Demonstrationsexperimentes mit der optischen Scheibe Einmal ohne Schlitzblende zeigen! Nur in TG: Den Unterschied zwischen Lichtbündel und Lichtstrahl erklären! Ergebnis: Hohlspiegel vereinigt achsenparallele Strahlen im Brennpunkt</p> <p>Anwendung: Überleitung zur Bildentstehung: Hohlspiegel verhält sich ähnlich wie Sammellinse Mit einem Hohlspiegel kann man auch ein Bild der Sonne erzeugen. Kann man damit auch Bilder von Gegenständen erzeugen?</p>	<p>Folie mit Fotografien zu Anwendungen zeigen</p> <p>Demonstrationsexperiment</p>  <p>Ein Hohlspiegel reflektiert parallel einfallende schmale Lichtbündel so, dass sie sich in einem Punkt schneiden. In diesem Punkt kann es so heiß werden, dass sich ein Streichholz entzünden kann. Daher nennt man diesen Punkt Brennpunkt F.</p> <p>Strahlenverlauf beim Hohlspiegel</p>
5 min	<p>Experimentieranleitung auf Overheadfolie zeigen [Material2_KG+TG] Durch Verändern von Gegenstandsweite soll jeweils ein, ein verkleinertes, ein vergrößertes und ein gleich großes Bild auf dem Schirm aufgefangen werden. In jedem der Bildfälle sollen Gegenstandsweite, Bildweite, Gegenstandsgröße und Bildgröße bestimmt werden.</p> <p><i>Hinweis: Die genaue Gegenstandsgröße der Flamme ergibt sich aus dem letzten Bildfall.</i></p>	<p>Experimentieranleitung und Messwertetabelle austeilen [Material3_KG+TG]</p>

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien / Aktivitäten
12 min	Experiment durchführen lassen in Partnerarbeit	<p>Wer als Partner links sitzt, geht das Material holen und bringt es zurück!</p> <p>Kontrolle, ob Tabelle ausgefüllt wird.</p> <p>In einzelnen Gruppen leichte Hilfestellung beim Aufbau des Experimentes und Messen der Größen (bei großen Messfehlern Hinweis geben)</p>
7 min.	<p>Besprechung der Ergebnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verkleinertes Bild: $B < G$, $b < g$ • Vergrößertes Bild: $B > G$, $b > g$ • Bild gleicher Größe: $B = G$, $b = g$ 	Tafelanschrieb
6 min.	<p>Zusatzversuch</p> <p>Die SuS sollen die Kerze nahe an den Hohlspiegel schieben und ohne Schirm direkt in den Spiegel sehen. Sie sollen ihre Beobachtung kurz beschreiben.</p> <p>Besprechung:</p> <p>Bei geringem Abstand zum Spiegel, sieht man ein aufrechtes seitenrichtiges Bild, ähnlich wie beim Planspiegel, das jedoch im Gegensatz zum Planspiegel vergrößert ist (<i>nicht auf Bildkonstruktion eingehen, da zu aufwendig</i>)</p>	Zusatzversuch kann bei Zeitknappheit weggelassen werden.
3 min.	Experiment aufräumen lassen	
1,5 min	<p>Hausaufgabe austeilen (Aufgabenblatt 1: Mat.4_KG und Mat.4_TG)</p> <p>Materialien unterscheiden sich hinsichtlich der (impliziten) Thematisierung von Schülervorstellungen (KG-ohne, TG-mit)</p>	Arbeitsblätter als Kopien an SuS austeilen [Material4_KG und Mat.4_TG]

Unterrichtsentwurf: 2. Unterrichtsstunde Strahlenkonstruktion und Abbildungsgesetz
Der Ablauf der Stunden ist für Treatment- und Kontrollgruppe gleich.

MatNR_KG: Material für die Kontrollgruppe

MatNR_TG: Material für die Treatmentgruppe

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
10 min.	<p>Besprechung der Hausaufgabe: SuS sollen ggf. ihre Arbeitsblätter <u>korrigieren</u>. Mat.4_KG und Mat.4_TG)</p> <p>Da die Treatmentgruppe in der Hausaufgabe Aufgaben zu Schülervorstellungen erhielt, werden diese in der Besprechung implizit thematisiert, vorausgesetzt mindestens ein(e) SchülerIn hat eine solche Fehlvorstellung.</p>	<p>Mat.4_KG und Mat.4_TG)</p> <p>Tafelbild</p>
10 min.	<p>Erarbeitung der Strahlenkonstruktion für die drei Bildfälle und zwei Zusatzaufgaben (Aufgabenblatt 2: Mat.5_KG und Mat.5_TG)</p> <p>Die SuS bearbeiten erst Aufgabe 1, A1 unterscheidet sich hinsichtlich der (impliziten) Thematisierung von Schülervorstellungen (KG-ohne, TG-mit)</p> <p>Aufgabe 1 wird besprochen, danach bearbeiten die SuS die Strahlenkonstruktion (Aufgaben 2 und ff.), Da die Treatmentgruppe in der Aufgabe 1 eine Aufgabe zu Schülervorstellungen erhielt, wird diese in der Besprechung implizit thematisiert, vorausgesetzt mindestens ein(e) SchülerIn hat eine solche Fehlvorstellung.</p> <p>A2 ff. austeilen, in den Aufgaben ist die Gegenstandsweite vorgegeben. Materialien unterscheiden sich hinsichtlich der (impliziten) Thematisierung von Schülervorstellungen (KG-ohne, TG-mit)</p> <p>Partnerarbeit, gleiche Gruppe wie im Experiment: Jeder Schüler soll das Arbeitsblatt für sich ausfüllen, wobei sich die Partner gegenseitig beraten. Da die Treatmentgruppe im Arbeitsblatt Aufgaben zu Schülervorstellungen erhielt, werden diese in der Besprechung implizit thematisiert, vorausgesetzt mindestens ein(e) SchülerIn hat Fehlvorstellungen.</p>	<p>Arbeitsblatt [Material5_KG und Mat5_TG]</p> <p>Aufgabe 1 und Aufgaben 2 + ff.), auf zwei getrennten Blättern kopieren und nacheinander austeilen.</p> <p>Arbeitsblatt (A1 und A2) wird nach der Stunde [zwecks Datenerhebung] eingesammelt, das Einsammeln der Arbeitsblätter wird den SuS angekündigt!</p>

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten																								
5 min.	Vorbereiten des nächsten Schrittes: Austeilen eines neuen Arbeitsblatts, das erstens eine Lösungen (exemplarisch) (Aufgabenblatt 3: [Material6_KG und Material6_TG]) und zweitens eine Aufgabenstellung zur Erarbeitung des Abbildungsgesetzes enthält.	SuS: Arbeitsblatt [Material6_KG und Material6_TG]																								
10 min.	Lehrer fordert die Schüler auf, die Aufgaben zum Abbildungsgesetz zu bearbeiten. Die Aufgabenstellung zur Erarbeitung des Abbildungsgesetzes basiert auf einer der zuvor ausgearbeiteten Konstruktionen eines Bildfalles. Einzelarbeit: Jeder Schüler bearbeitet für sich das Arbeitsblatt	SuS: Arbeitsblatt [Material6_KG und Material6_TG]																								
8 min.	Besprechung des Arbeitsblattes und Festhalten des Ergebnisses: Abbildungsgleichung Siehe [Material6_KG und Material6_TG] Wenn noch genügend Zeit ist: Erarbeitung einer vereinfachten Tabelle zu den Bildfällen, Herleitung der Tabelle aus der Abbildungsgleichung, L geht auf Bezug zu Besprechung der Ergebnisse des Schülerexperimentes aus der 1. Unterrichtsstunde ein.	[Material6_KG und Material6_TG] Lösung als Tafelbild																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bild- weite</th><th>Bild- größe</th><th>Abbildungsmaßstab</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$b < g$</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>$b = g$</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>$b > g$</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Bild- weite	Bild- größe	Abbildungsmaßstab	$b < g$			$b = g$			$b > g$			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bild- weite</th><th>Bild- größe</th><th>Bildeigenschaft</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$b < g$</td><td>$B < G$</td><td>verkleinert</td></tr> <tr> <td>$b = g$</td><td>$B = G$</td><td>1:1-Abbildung</td></tr> <tr> <td>$b > g$</td><td>$B > G$</td><td>vergrößert</td></tr> </tbody> </table>	Bild- weite	Bild- größe	Bildeigenschaft	$b < g$	$B < G$	verkleinert	$b = g$	$B = G$	1:1-Abbildung	$b > g$	$B > G$	vergrößert
Bild- weite	Bild- größe	Abbildungsmaßstab																								
$b < g$																										
$b = g$																										
$b > g$																										
Bild- weite	Bild- größe	Bildeigenschaft																								
$b < g$	$B < G$	verkleinert																								
$b = g$	$B = G$	1:1-Abbildung																								
$b > g$	$B > G$	vergrößert																								
2 min.	Einsammeln der Arbeitsblätter aus dem Unterricht. Hausaufgabe: die Schüler sollen die erarbeitete Verhältnisgleichung überprüfen und zwar mit den Werten, die sie im Schülerexperiment gemessen haben und den jeweiligen Abbildungsmaßstab angeben; zudem sollen sie die Bildfälle der eigenen Versuchsdurchgänge konstruieren (maßstabsgetreu).	SuS: Heft																								

Unterrichtsentwurf: 3. Unterrichtsstunde Übungen zu Repräsentationen
Ablauf der Stunden verläuft parallel.

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten																								
5-10 min	<p>Rückgabe der Arbeitsblätter aus der Unterrichtsstunde 2</p> <p>Hausaufgabe besprechen: Haben die Werte die Abbildungsgleichung bestätigt? Seid ihr mit der Bildkonstruktion zurechtgekommen?</p> <p>Lehrer soll in der Besprechung der Hausaufgabe in der Treatmentgruppe implizit auf Fehlvorstellungen eingehen, vorausgesetzt mindestens ein(e) SchülerIn hat Fehlvorstellungen.</p>	<p>Lehrer geht auf Fragen des SuS ein. Lehrer soll bei Fragen zu den Hausaufgaben in der Treatmentgruppe implizit auf Fehlvorstellungen eingehen, vorausgesetzt mindestens ein(e) SchülerIn hat Fehlvorstellungen.</p> <p>Lehrer geht durch die Reihen und lässt sich die Hausaufgaben in den Heften zeigen. In der Treatmentgruppe soll der Lehrer darauf achten, ob Fehlvorstellungen vorliegen bzw. aus den Bearbeitungen ersichtlich sind!</p>																								
5-10 min.	<p>Erarbeitung einer vereinfachten Tabelle zu den Bildfällen, aus der Abbildungsgleichung</p> <p>Was folgt aus der Abbildungsgleichung ($A = B/G = b/g$) für die Bildgröße und für den Abbildungsmaßstab.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bild- weite</th><th>Bild- größe</th><th>Abbildungsmaßstab</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$b < g$</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>$b = g$</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>$b > g$</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>(entfällt, falls in vorheriger Stunde behandelt: Schüler haben dann mehr Zeit für die Bearbeitung des Arbeitsblattes, bzw. der Lehrer kann ausführlicher auf die Lösungen der Aufgaben eingehen)</p>	Bild- weite	Bild- größe	Abbildungsmaßstab	$b < g$			$b = g$			$b > g$			<p>Tafelbild: Lösung</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bild- weite</th><th>Bild- größe</th><th>Abbildungsmaßstab</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$b < g$</td><td>$B < G$</td><td>verkleinert</td></tr> <tr> <td>$b = g$</td><td>$B = G$</td><td>1:1-Abbildung</td></tr> <tr> <td>$b > g$</td><td>$B > G$</td><td>vergrößert</td></tr> </tbody> </table>	Bild- weite	Bild- größe	Abbildungsmaßstab	$b < g$	$B < G$	verkleinert	$b = g$	$B = G$	1:1-Abbildung	$b > g$	$B > G$	vergrößert
Bild- weite	Bild- größe	Abbildungsmaßstab																								
$b < g$																										
$b = g$																										
$b > g$																										
Bild- weite	Bild- größe	Abbildungsmaßstab																								
$b < g$	$B < G$	verkleinert																								
$b = g$	$B = G$	1:1-Abbildung																								
$b > g$	$B > G$	vergrößert																								
25 min	<p>Bearbeitung von Übungsaufgaben und (Aufgabenblatt4 : [Mat.7_KG und Mat7_TG])</p> <p>Materialien unterscheiden sich hinsichtlich der (impliziten) Thematisierung von Schülervorstellungen (KG-ohne, TG-mit)</p> <p>Besprechung der Lösungen Da die Treatmentgruppe im Arbeitsblatt Aufgaben zu Schülervorstellungen erhielt, werden diese in der Besprechung implizit thematisiert, vorausgesetzt mindestens ein(e) SchülerIn hat Fehlvorstellungen.</p>	<p>SuS Arbeitsblatt [Mat.7_KG und Mat7_TG])]</p>																								

B3 Pilotstudie Leistungstests Physik

Vortest Physik

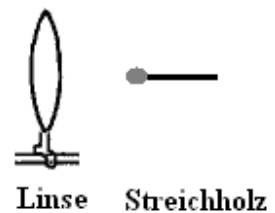
Name: _____

Klasse: _____

Datum: _____

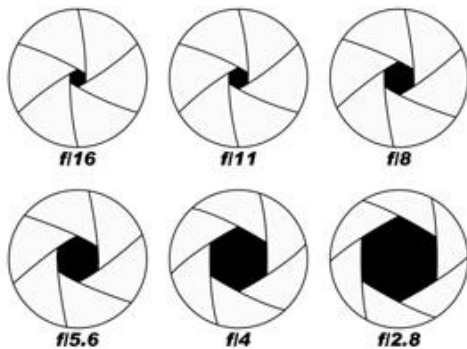
1. Aufgabe

Tobias möchte an einem sonnigen Tag mit Hilfe einer Sammellinse ein Streichholz entzünden.



Nadine schlägt Tobias vor, eine verstellbare Lochblende (siehe Abbildung) vor die Sammellinse zu setzen.

Kann Tobias dadurch das Streichholz besser entzünden?



Nein, weil

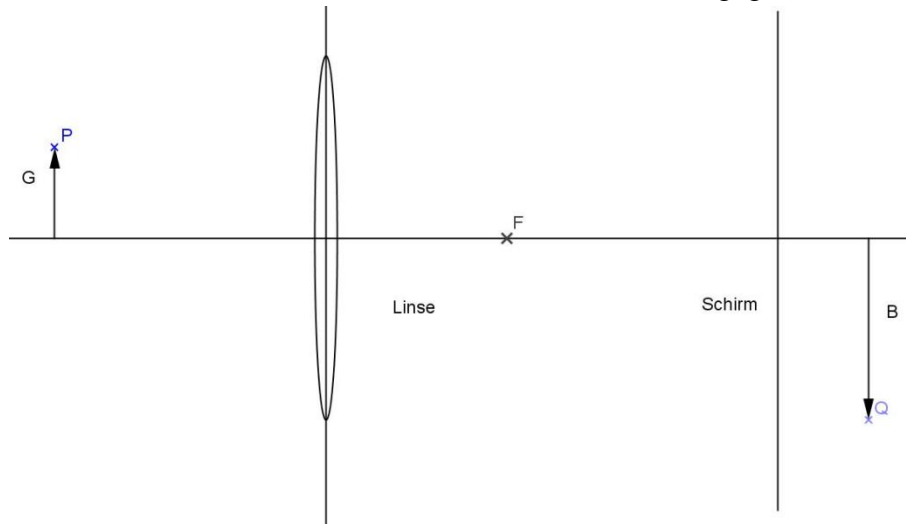
Ja, weil

Wenn ja, mit welcher Einstellung der Lochblende? (Kreise in der Abbildung oben ein)

2. Aufgabe

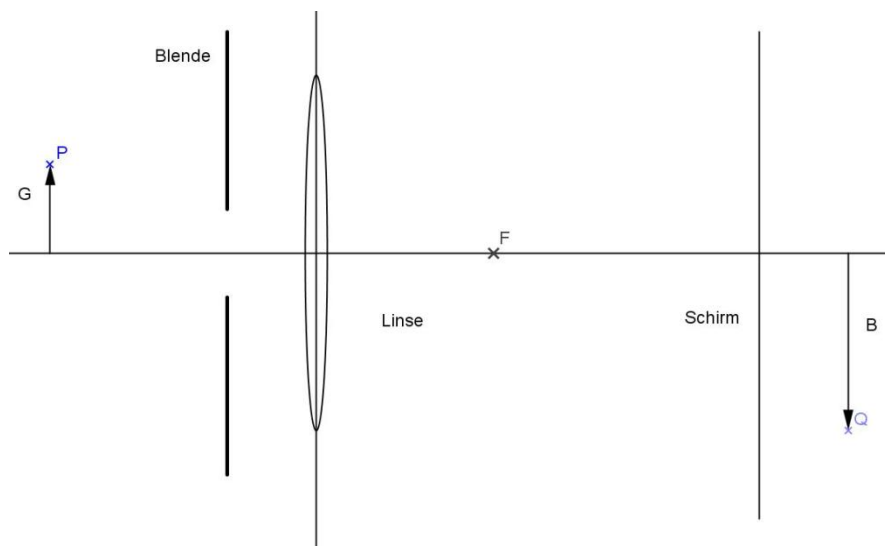
Die Abbildung (unten) zeigt einen Gegenstand (hier als Pfeil dargestellt) mit der Gegenstandsgröße G und sein Bild, das durch die Sammellinse entsteht, mit der Bildgröße B . Der Bildpunkt Q zum Gegenstandspunkt P wurde richtig konstruiert. Die Strahlenkonstruktion ist nicht dargestellt. Der Schirm ist jedoch **nicht** an der richtigen Stelle aufgestellt, sondern ein Stück zur Linse hingerrückt.

- a) Zeige durch eine Zeichnung, dass auf dem Schirm anstatt des Bildpunktes Q ein unscharfer Bildfleck entsteht. Verwende hierfür für die gegebene Abbildung (unten).



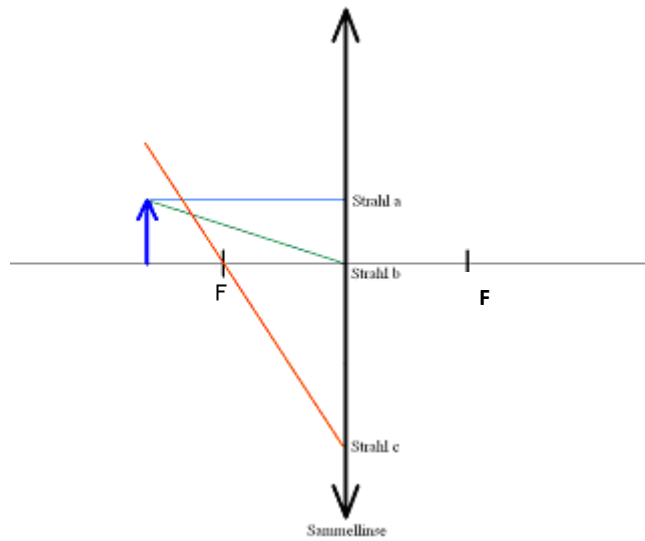
- b) Wie ändert sich das Bild des Gegenstandes, wenn man eine Lochblende vor die Linse stellt?

Begründe Deine Antwort durch eine Zeichnung. Verwende hierfür die gegebene Abbildung (unten).



3. Aufgabe

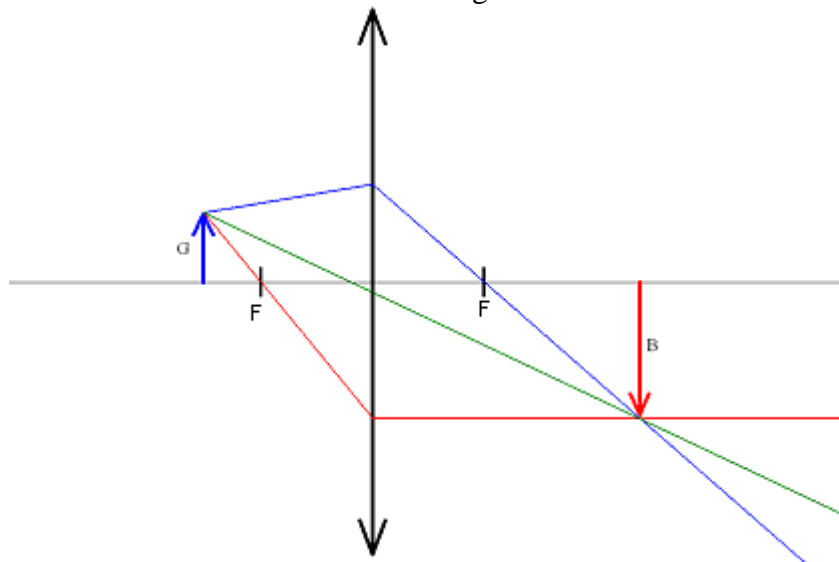
Welchen der folgenden Strahlen kann man nicht zur Bildkonstruktion verwenden?



Begründe:

4. Aufgabe

Markiere den bzw. die Fehler und berichtige in der Farbe Blau!



Erkläre in Worten, was falsch gemacht wurde!

5. Aufgabe

Wozu kann man die Abbildungsgleichung gebrauchen?

- ☐ um ein Linsenexperiment mit bestimmten Vergrößerungen planen und aufbauen zu können.
- ☐ um die Bildweite auszurechnen, wenn die Gegenstandsgröße und Bildgröße bekannt sind.
- ☐ um bei vorgegebenen Werten ohne Experiment zu wissen, wie die Vergrößerung ist.
- ☐ um bei vorgegebenen Größenverhältnissen ohne Experiment zu wissen, wie das Verhältnis von Bild- zu Gegenstandsgröße ist.

Berechne die fehlenden Größen bei einer Abbildung mit Hilfe einer Sammellinse (Konvexlinse):

G	g	B	b	A
Gegenstandsgröße	Gegenstandsweite	Bildgröße	Bildweite	Abbildungsmaßstab
12 cm	120 cm		40 cm	

Test Physik

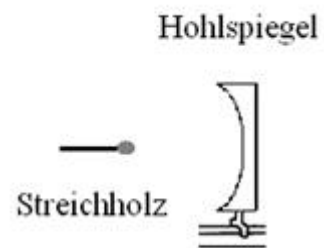
Name: _____

Klasse: _____

Datum: _____

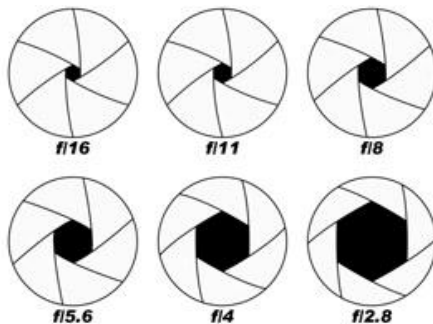
1. Aufgabe (2 P)

Tobias möchte an einem sonnigen Tag mit Hilfe eines Hohlspiegels ein Streichholz entzünden.



Nadine schlägt Tobias vor, eine verstellbare Lochblende vor den Hohlspiegel zu setzen (siehe Abbildung).

Kann Tobias dadurch das Streichholz besser entzünden?



Nein, weil

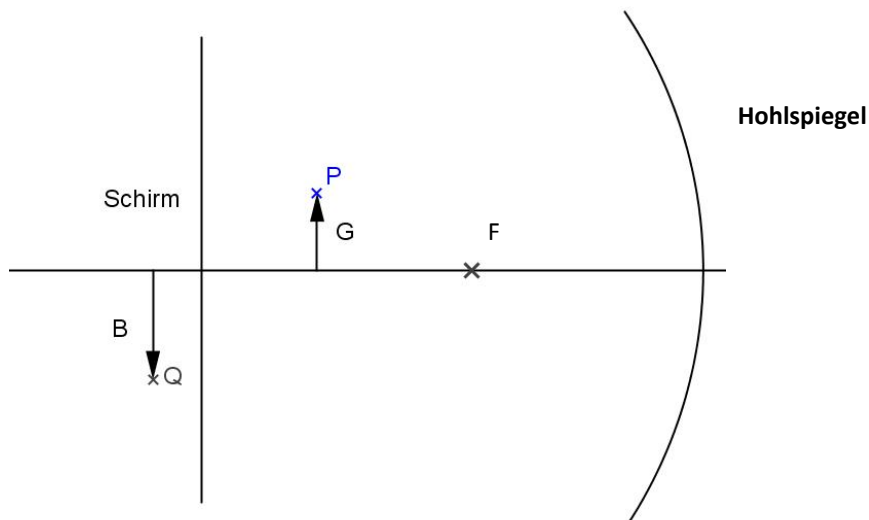
Ja, weil

Wenn ja, mit welcher Einstellung der Lochblende? (Umkreise in der Abbildung oben)

2. Aufgabe (4 P)

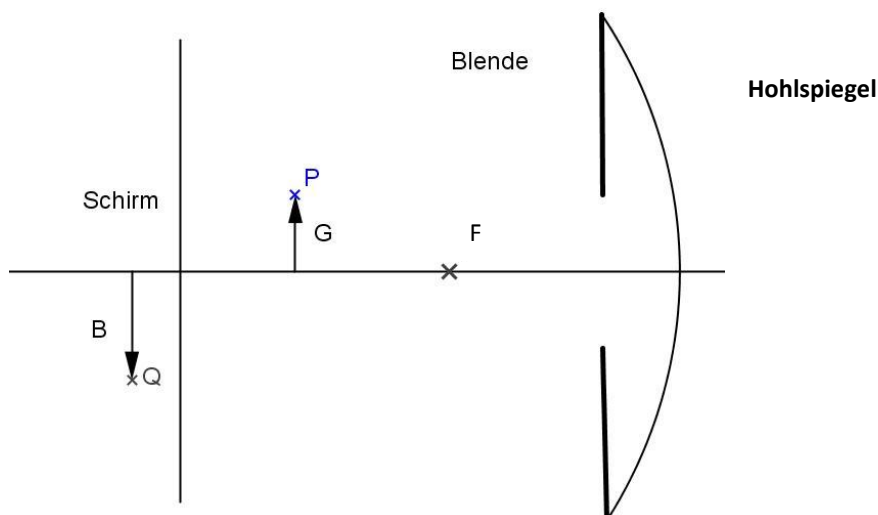
Die Skizze zeigt den Gegenstand G und sein Bild B, das durch den Hohlspiegel entsteht. Der Bildpunkt Q zum Gegenstandspunkt P wurde richtig konstruiert. Die Strahlenkonstruktion ist nicht dargestellt. Der Schirm ist jedoch nicht an der richtigen Stelle aufgestellt, sondern ein Stück zum Spiegel hingerrückt.

- a) Zeige durch eine Zeichnung, dass auf dem Schirm anstatt des Bildpunktes Q ein unscharfer Bildfleck entsteht. Verwende hierfür die gegebene Abbildung (unten).



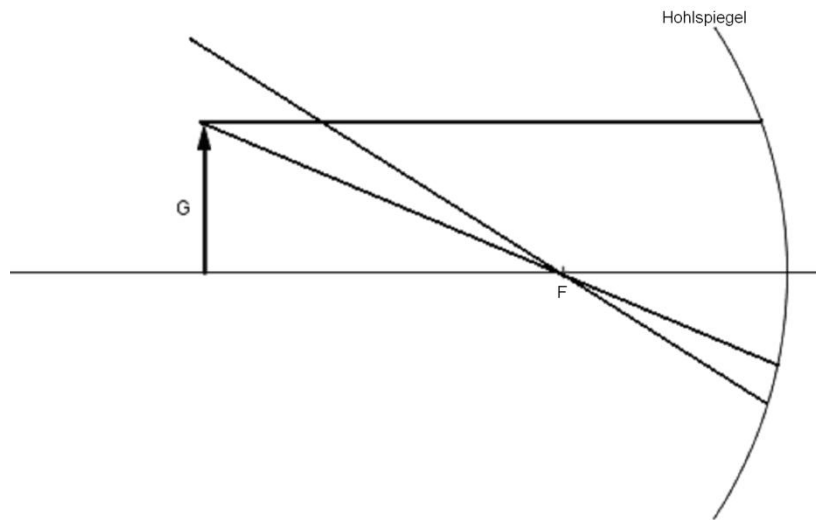
- b) Wie ändert sich das Bild, wenn man jetzt noch eine Lochblende vor den Hohlspiegel stellt?

Begründe Deine Antwort durch eine Zeichnung. Verwende hierfür die gegebene Abbildung (unten).



3. Aufgabe (2 P)

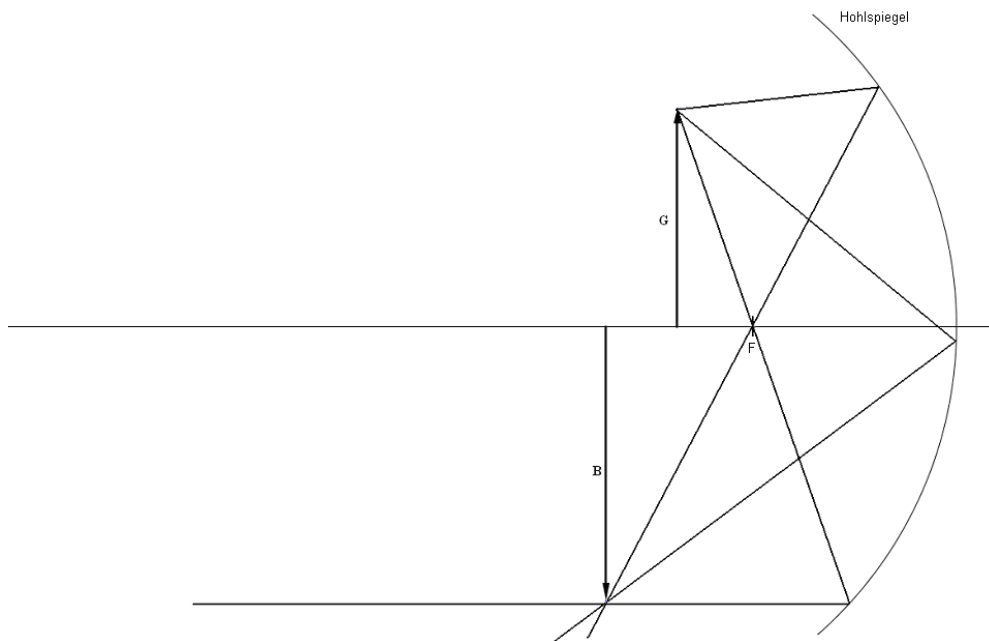
Welchen der folgenden Strahlen kann man nicht zur Bildkonstruktion verwenden?



Begründe:

4. Aufgabe (4 P)

Markiere die Fehler / den Fehler und berichtige in der Farbe Blau!



Erkläre in Worten was falsch gemacht wurde!

5. Aufgabe (4P)

Wozu kann man die Abbildungsgleichung gebrauchen?

- ☐ um ein Hohlspiegelexperiment mit bestimmten Vergrößerungen planen und aufbauen zu können.
- ☐ um die Bildweite auszurechnen, wenn die Gegenstandsgröße und Bildgröße bekannt sind.
- ☐ um bei vorgegebenen Werten ohne Experiment zu wissen, wie die Vergrößerung ist.
- ☐ um bei vorgegebenen Größenverhältnissen ohne Experiment zu wissen, wie das Verhältnis von Bild zu Gegenstandsgröße ist.

Berechne die fehlenden Größen bei einer Abbildung mit Hilfe eines Hohlspiegels:

G	g	B	b	A
Gegenstandsgröße	Gegenstandsweite	Bildgröße	Bildweite	Abbildungsmaßstab
5 cm	40 cm		16 cm	

B4 Konzepttest

Allgemeines Verständnis Optik

Kürzel: _____ Klasse: _____ Datum: _____

Kreuze jeweils diejenigen Antworten an, die richtig sind.

Bei manchen Fragen ist eine Antwort richtig, bei anderen Fragen sind mehrere Antworten richtig! Beachte die Abbildungen, wenn vorhanden!

- SV1 1. Du siehst hier auf dem Bild eine brennende Kerze.
Wo ist das Licht?
Schraffiere den Bereich / die Bereiche, in dem das Licht Deiner Meinung nach ist, mit einem Stift.



- SV8
Wie86 2. Welche der folgenden Gegenstände / Tiere kann man in einem völlig abgedunkelten Raum sehen?
- ☐ ein leuchtendes Glühwürmchen
 - ☐ ein weißes Blatt Papier
 - ☐ einen Rosenstrauß
 - ☐ einen Fahrrad-Reflektor
 - ☐ die Augen einer Katze


- SV28 3. Was ist richtig?
- ☐ Lichtstrahlen sind etwas Wirkliches, so wie dünne Wasserstrahlen aus einer Spritzpistole.
 - ☐ Lichtstrahlen sind etwas Gedachtes, so wie Konstruktionen in der Geometrie, um z.B. Dreiecks-Probleme lösen zu können.
 - ☐ Lichtstrahlen sind exakt das gleiche wie Lichtbündel.
 - ☐ Lichtbündel sind etwas Gedachtes, z. B. um die Bildgröße bestimmen zu können.

- SV26 4. Wozu dient die Linse eines Fotoapparates überhaupt?
- ☐ Sie erzeugt das Bild.
 - ☐ Sie kehrt das Bild um.
 - ☐ Sie verändert die Größe des Bildes.

- SV15 5. Welche Aussagen zum Sehvorgang sind richtig? Kreuze an!

- SV8 a) ☐ richtig Ilkay: „Du kannst nur Dinge sehen, die selbst leuchten, wie eine Kerze oder die das Licht reflektieren, wie ein Buch oder so...“
- SV9
- Wie86
- Erb06 b) ☐ richtig Fabian: „Heißt das: ich sehe das Buch, weil ich es anschau. Es kommt also Licht von meinen Augen zu dem Buch?“
- c) ☐ richtig Ilkay: „Genau umgekehrt: Wenn ich ein Buch sehe, dann muss Licht vom Buch zu meinen Augen gesendet werden.“

- SV9 6. Kreuze an, wo sich das Spiegelbild für Dich als Betrachter befindet:

- SV17
- SV19
- Wie86
- Wie92
- 

☐ vor dem Spiegel

☐ hinter dem Spiegel

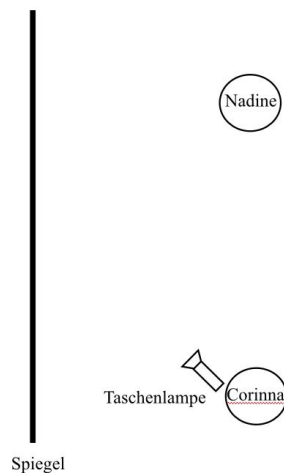
☐ im Spiegel

☐ auf dem Spiegel

Betrachter

Spiegel

- SV19
Wie86
7. a) In einem großen dunklen Raum stehen Corinna und Nadine nebeneinander vor einem Spiegel.
Corinna beleuchtet den Spiegel schräg mit einer Taschenlampe, die ein schmales Lichtbündel erzeugt.



Wer kann das Licht der Taschenlampe sehen?

- ☐ Corinna
☐ Nadine
☐ keine von beiden

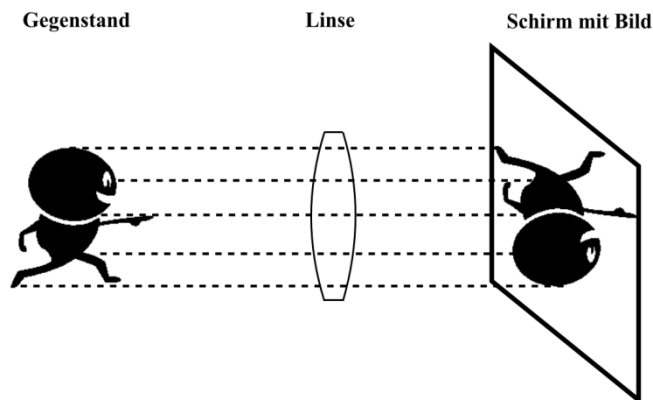
- SV9
Wie86
- b) Wie ändert sich die Situation, wenn Corinna eine weiße Wand beleuchtet und keinen Spiegel?
Wer kann nun das Licht sehen?
- ☐ Corinna
☐ Nadine
☐ keine von beiden

- SV26
8. Du schaust durch eine Lupe einen Gegenstand (z.B. eine Münze) vergrößert an. Was kannst Du tun, um ein größeres Bild zu erhalten?
- ☐ eine schwächer gekrümmt Linse einsetzen.
☐ eine größere Linse verwenden.
☐ eine kleinere Linse verwenden.
☐ die Linse näher an den Gegenstand halten.
☐ die Linse möglichst so weit weg vom Gegenstand halten, dass gerade noch ein scharfes Bild entsteht.
☐ eine stärker gekrümmt Linse einsetzen.

SV26 9. Wie entsteht durch Verwendung einer Sammellinse ein Bild, das auf einem Schirm aufgefangen werden kann?

Wie94

- ☐ Das reelle Bild durch eine Sammellinse entsteht durch Spiegelung der Lichtstrahlen an der Linse nach dem Reflexionsgesetz.
- ☐ Eine Sammellinse hat den Effekt, die Lichtstrahlen aufzuhellen.
- ☐ Lichtstrahlen eines Gegenstandspunktes werden durch die Sammellinse abgelenkt und treffen sich im Bildpunkt.
- ☐ Das Bild geht als Ganzes durch die Linse zum Schirm, dabei wird es in der Linse unter Einhaltung der Linsengesetze umgedreht (siehe Skizze).



SV26 10. a) Welche der Zeichnungen zeigt den richtigen Strahlengang, wenn auf dem Schirm ein scharfes Bild zu sehen ist?

Gegenstand Linse Schirm

a)

b)

c)

☐ Zeichnung a)

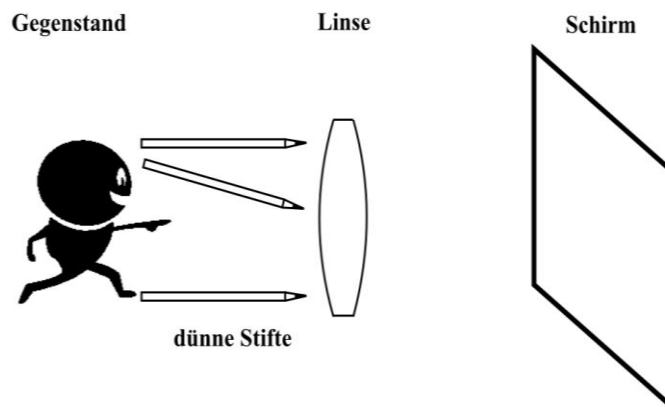
☐ Zeichnung b)

☐ Zeichnung c)

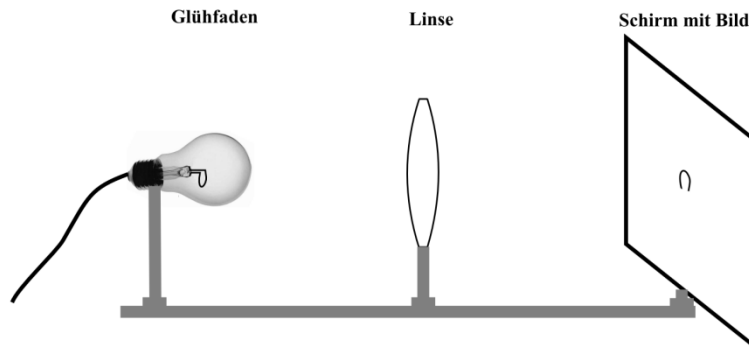
SV26
Gol87

11. Welche Aussagen zur Bildkonstruktion und Bildentstehung treffen zu?

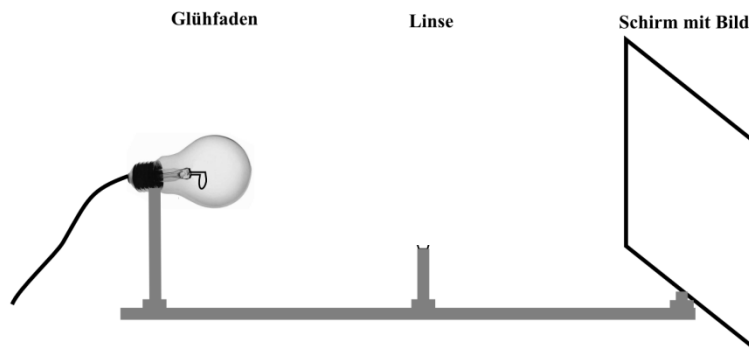
- ☐ Nur die ausgezeichneten Strahlen kann man im Strahlengang zeichnen.
- ☐ Mit den ausgezeichneten Strahlen kann man den Strahlengang besonders leicht zeichnen.
- ☐ Die ausgezeichneten Strahlen erschweren die Zeichnung, machen sie dafür aber besonders genau.
- ☐ Ohne die ausgezeichneten Strahlen (wenn diese z.B. durch dünne Stifte aufgehalten werden) kann es kein Bild geben (Siehe Abbildung).



- SV26
Wie94
Gol87
12. In einer Versuchsanordnung sind eine Glühlampe, eine Sammellinse und ein Schirm auf einer optischen Bank so montiert, dass ein vergrößertes, umgekehrtes, scharfes Bild des Glühfadens entsteht:

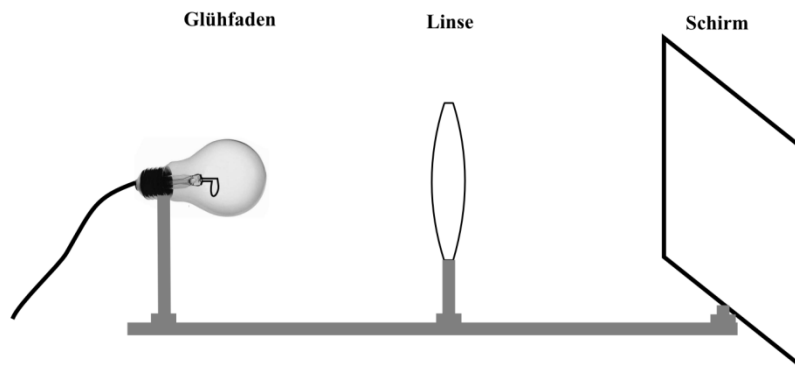


- a) Was passiert, wenn die Linse entfernt wird?



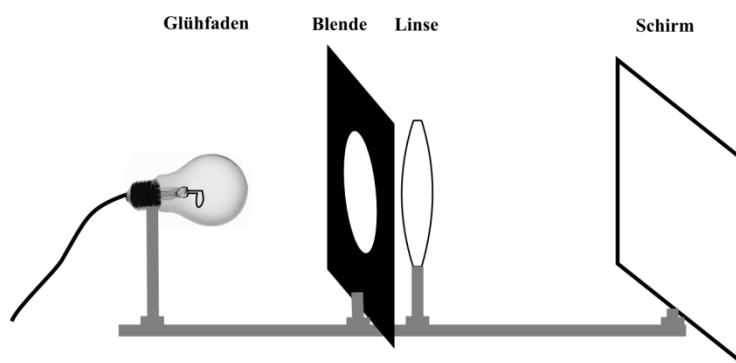
- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird dunkler.
- ☐ Das Bild wird größer als es vorher war.
- ☐ Das Bild wird heller.
- ☐ Das Bild wird aufrecht abgebildet.
- ☐ Es entsteht kein Bild.

b) Was passiert, wenn die untere Hälfte der Linse abgedeckt wird?



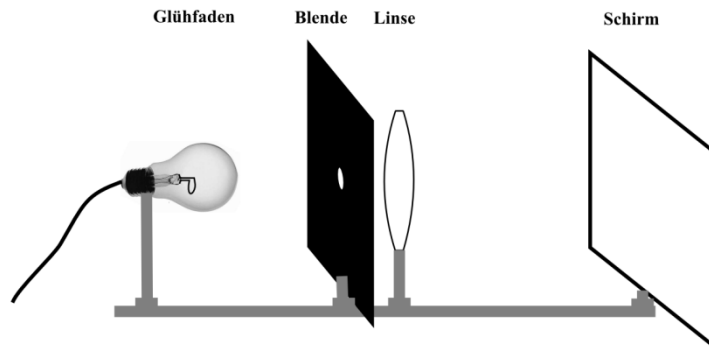
- ☐ Die obere Hälfte des Bildes wird abgeschnitten.
- ☐ Die untere Hälfte des Bildes wird abgeschnitten.
- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird dunkler.
- ☐ Das Bild wird größer.
- ☐ Das Bild wird heller.

c) Was passiert, wenn man einen Karton mit großem Loch (ringförmige Blende) vor die Linse hält?



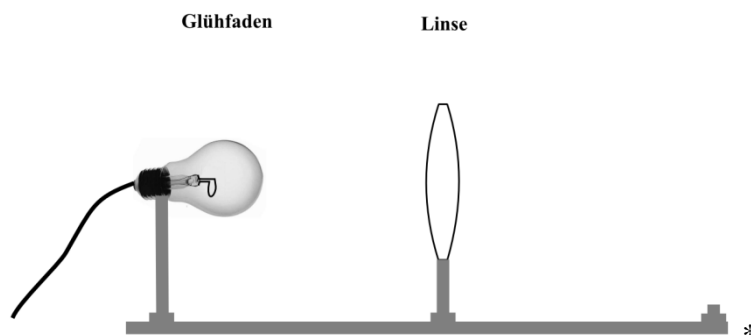
- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird dunkler.
- ☐ Die Ränder des Bildes werden kreisförmig abgeschnitten.
- ☐ Das Bild wird größer.
- ☐ Das Bild wird heller.

- d) Was passiert, wenn man einen Karton mit einem sehr kleinen Loch 5mm (ringförmige Blende) vor die Linse hält?



- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird dunkler.
- ☐ Die Ränder des Bildes werden kreisförmig abgeschnitten.
- ☐ Das Bild wird größer.
- ☐ Das Bild wird heller.

- e) Was passiert, wenn der Schirm entfernt wird?

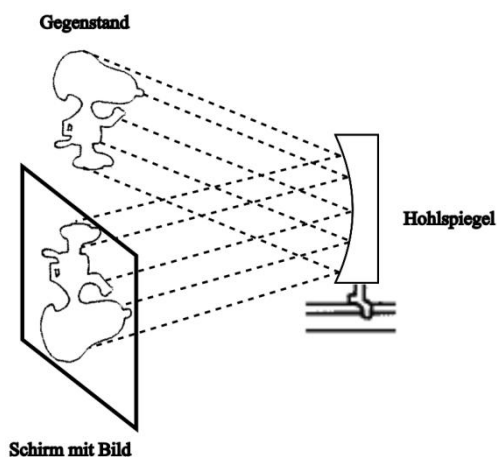


- ☐ Das Bild entsteht gar nicht mehr.
- ☐ Das Bild wird so groß wie der Gegenstand.
- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird größer.
- ☐ Das Bild entsteht frei im Raum.

- f) Wo ist das Bild, nachdem der Schirm weggenommen wurde?
- ☐ Es befindet sich mehrere Meter hinter dem Schirm an der Wand.
 - ☐ Es befindet sich auf der Linse.
 - ☐ Es befindet sich an der Stelle im Raum, wo sich der Schirm befand.
 - ☐ Es befindet sich nahe bei der Linse.
- g) Kann man auch ohne Schirm noch ein Bild sehen?
- ☐ Nein, weil das Bild nicht mehr entsteht.
 - ☐ Nein, weil das Bild nur mit Schirm scharf wird.
 - ☐ Ja: das Bild befindet sich, an der Stelle an der sich zuvor der Schirm befand. Wenn man das Auge in den Strahlengang bringt, kann man das Bild sehen.
 - ☐ Auch wenn man das Auge an die Stelle bringt, an der sich zuvor der Schirm befand, kann man das Bild *nicht* sehen. Ein Bild kann sich nicht ohne Schirm im Raum befinden.

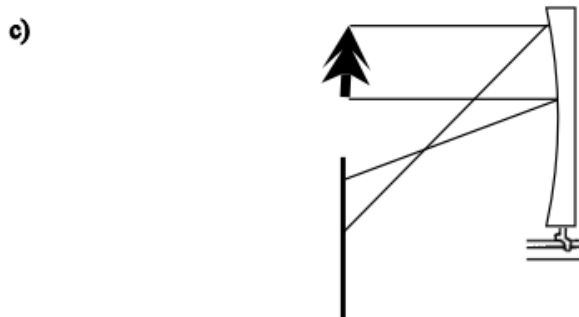
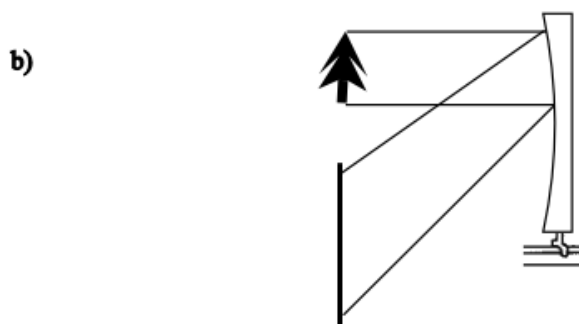
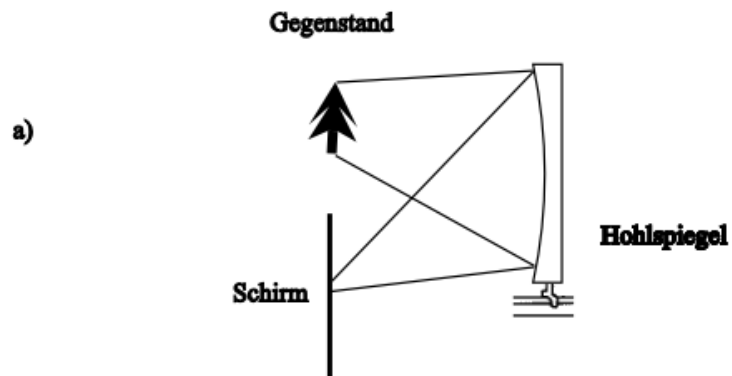
SV27 13. Wie entsteht durch Verwendung eines Hohlspiegels ein Bild, das auf einem Schirm aufgefangen werden kann?

- ☐ Bei einem Hohlspiegel entsteht das reelle Bild durch Brechung nach dem Brechungsgesetz.
- ☐ Ein Hohlspiegel hat den Effekt, die Lichtstrahlen aufzuhellen.
- ☐ Lichtstrahlen eines Gegenstandspunktes werden durch den Hohlspiegel abgelenkt und treffen sich im Bildpunkt.
- ☐ Das Bild geht als Ganzes durch den Hohlspiegel zum Schirm, dabei wird es im Hohlspiegel unter Einhaltung der Spiegelgesetze umgedreht (siehe Skizze).



- SV27 14. Du schaust Dich in einem Rasierspiegel / Kosmetikspiegel (Hohlspiegel) vergrößert an. Was kannst Du tun, um ein größeres Bild zu erhalten?
- ☐ einen schwächer gekrümmten Hohlspiegel einsetzen.
 - ☐ einen größeren Hohlspiegel verwenden.
 - ☐ einen kleineren Hohlspiegel verwenden.
 - ☐ den Rasierspiegel näher an das Gesicht halten.
 - ☐ den Rasierspiegel möglichst so weit vom Gesicht weg halten, dass gerade noch ein scharfes Bild entsteht.
 - ☐ einen stärker gekrümmten Hohlspiegel einsetzen.

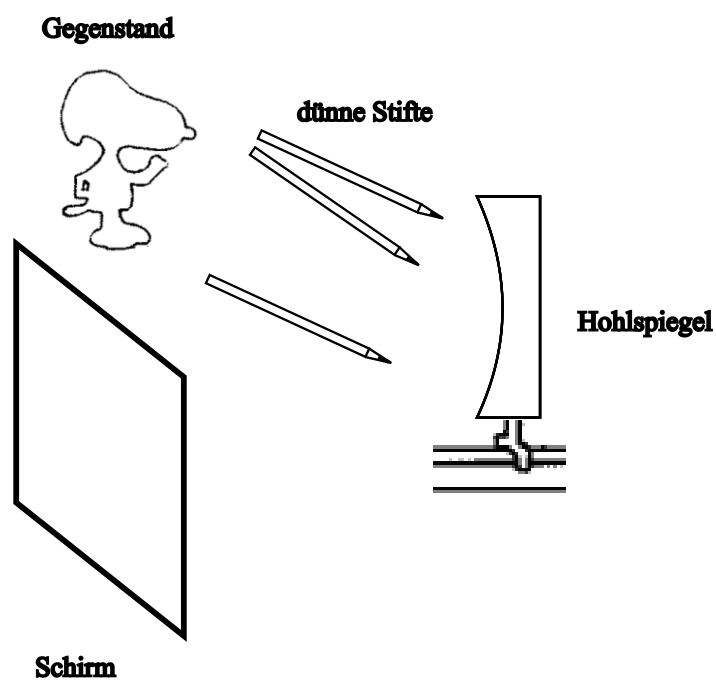
- SV27 15. a) Welche der Zeichnungen zeigt den richtigen Strahlengang, wenn auf dem Schirm ein scharfes Bild zu sehen ist?



- ☐ Zeichnung a)
- ☐ Zeichnung b)
- ☐ Zeichnung c)

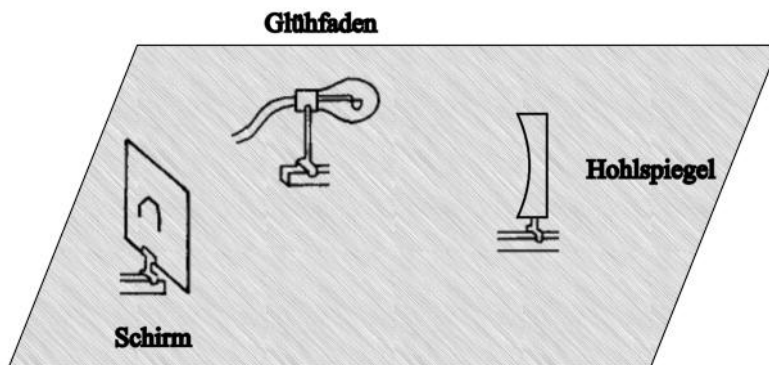
16. Welche Aussagen zur Bildkonstruktion und Bildentstehung treffen zu?

- ☐ Nur die ausgezeichneten Strahlen kann man im Strahlengang zeichnen.
- ☐ Mit den ausgezeichneten Strahlen kann man den Strahlengang besonders leicht zeichnen.
- ☐ Die ausgezeichneten Strahlen erschweren die Zeichnung, machen sie dafür aber besonders genau.
- ☐ Ohne die ausgezeichneten Strahlen (wenn diese z.B. durch dünne Stifte aufgehalten werden) kann es kein Bild geben: Siehe Abbildung.

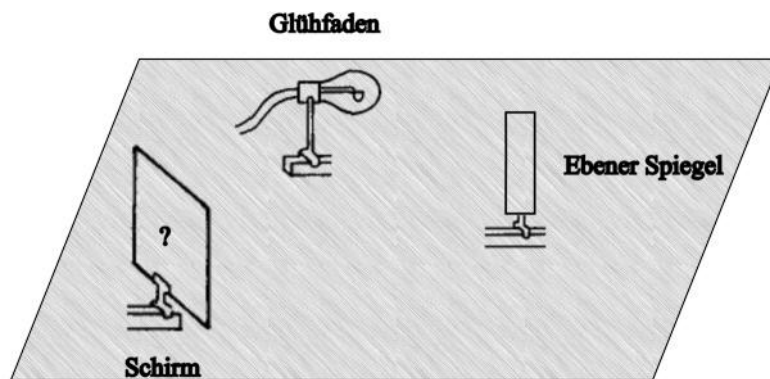


SV27
Gol187

17. In einer Versuchsanordnung sind eine Glühlampe, ein Hohlspiegel und ein Schirm so aufgestellt, dass ein vergrößertes, umgekehrtes, scharfes Bild des Glühfadens entsteht:

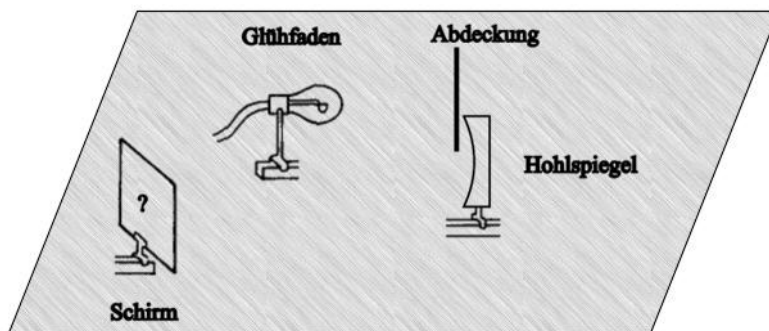


- a) Was passiert, wenn der Hohlspiegel durch einen ebenen Spiegel ersetzt wird?



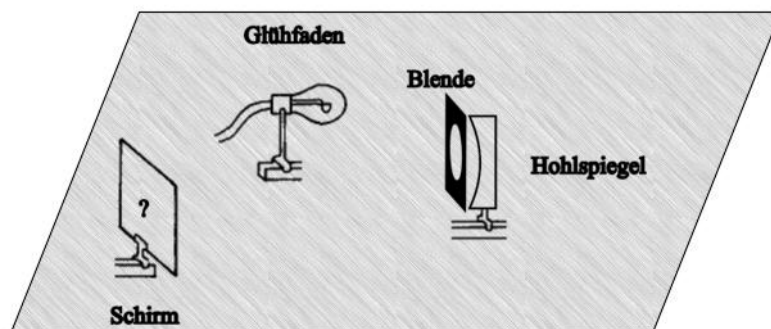
- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird dunkler.
- ☐ Das Bild wird größer.
- ☐ Das Bild wird heller.
- ☐ Das Bild auf dem Schirm steht aufrecht.
- ☐ Es entsteht kein Bild.
- ☐ Das Bild auf dem Schirm ist weiterhin umgekehrt.

- b) Was passiert wenn die obere Hälfte des Hohlspiegels abgedeckt wird?



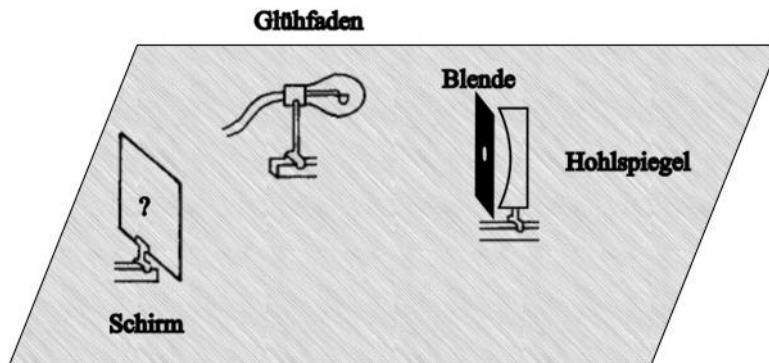
- ☐ Die obere Hälfte des Bildes wird abgeschnitten.
- ☐ Die untere Hälfte des Bildes wird abgeschnitten.
- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird dunkler.
- ☐ Das Bild wird größer.
- ☐ Das Bild wird heller.

- c) Was passiert, wenn man einen Karton mit großem Loch (ringförmige Blende) vor den Hohlspiegel hält?

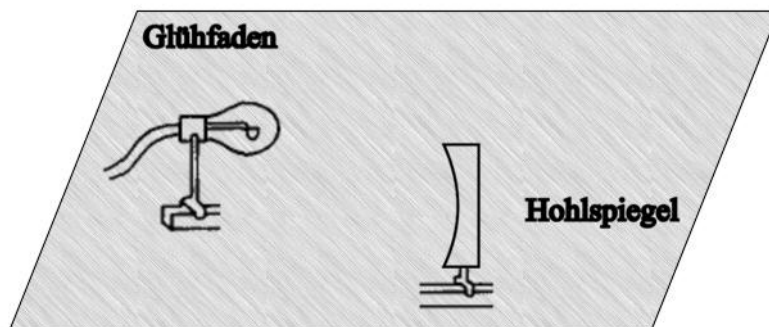


- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird dunkler.
- ☐ Die Ränder des Bildes werden kreisförmig abgeschnitten.
- ☐ Das Bild wird größer.
- ☐ Das Bild wird heller

- d) Was passiert, wenn man einen Karton mit einem sehr kleinen Loch 5mm (ringförmige Blende) vor den Hohlspiegel hält? (Das Loch ist deutlich kleiner als der Gegenstand).



- ☐ Das Bild wird kleiner.
 - ☐ Das Bild wird dunkler.
 - ☐ Die Ränder des Bildes werden kreisförmig abgeschnitten.
 - ☐ Das Bild wird größer.
 - ☐ Das Bild wird heller
- e) Was passiert, wenn der Schirm entfernt wird?



- ☐ Das Bild entsteht gar nicht mehr.
- ☐ Das Bild wird so groß wie der Gegenstand.
- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird größer.
- ☐ Das Bild entsteht frei im Raum

- f) Wo ist das Bild, nachdem der Schirm weggenommen wurde?
- ☐ Es befindet sich mehrere Meter hinter dem Schirm an der Wand.
 - ☐ Es befindet sich auf der Linse.
 - ☐ Es befindet sich an der Stelle im Raum, wo sich der Schirm befand.
 - ☐ Es befindet sich nahe bei der Linse.
- g) Kann man auch ohne Schirm noch ein Bild sehen?
- ☐ Nein, weil das Bild nicht mehr entsteht.
 - ☐ Nein, weil das Bild nur mit Schirm scharf wird.
 - ☐ Ja: das Bild befindet sich, an der Stelle an der sich zuvor der Schirm befand. Wenn man das Auge in den Strahlengang bringt, kann man das Bild sehen.
 - ☐ Auch wenn man das Auge an die Stelle bringt, an der sich zuvor der Schirm befand, kann man das Bild *nicht* sehen. Ein Bild kann sich nicht ohne Schirm im Raum befinden.

Übersicht - Liste der Schülervorstellungen: SV1 bis SV28

Bezeichnung der Schülervorstellung
1. Gleichsetzung mit der Quelle
2. Gleichsetzung mit den Wirkungen
3. Licht als etwas Substanzartiges (Medium)
4. Endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit
5. Aufleuchten gleichzeitig/nacheinander
6. Begrenzte Reichweite
7. Sehen innerhalb/außerhalb der Reichweite
8. Sekundäre Lichtquellen
9. Streuung und (diffuse) Reflexion an Oberflächen
10. Unterschiedliches Streuvermögen
11. Sehen natürlicher Lichtquellen
12. Sehen schwacher natürlicher Lichtquellen
13. Sehen beleuchteter Körper
14. Verbindung Gegenstand-Auge bei nicht selbst leuchtenden Gegenständen
15. Sehstrahlvorstellung
16. Versuche zur Geradlinigkeit nicht überzeugend, wenn keine Verbindung (vgl. 14)
17. Spiegelbild auf Spiegeloberfläche
18. Entfernungsmesser / Sehstrahlvorstellung
19. Spiegelaufgaben A-C nach Wiesner 1986, S. 125
20. Versuch: Vgl. Spiegelbild in Glasscheibe und Spiegel
21. Vertauschung von links/rechts und oben/unten
22. Optische Hebung
23. Optische Hebung, Richtung der Strahlen
24. Punkt-zu-Punkt Abbildung
25. Zuordnung Gegenstandspunkte – Strahl/Bündel
26. Linsenabbildung
27. Hohlspiegelabbildung
28. Lichtstrahlen

Literatur

- Erb06 R. Erb. (2006). Hat das Licht eine Geschwindigkeit? – Schülervorstellungen zur Lichtausbreitung. In: Lernen im Physikunterricht. R. Girwidz, M. Gläser-Zikuda, M. Laukenmann und T. Rubitzko (Hg.). Hamburg: Kovac. 45-54.
- Gol87 Goldberg, F.M. & McDermott, L. C. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55 (2). 108-119.
- Wie87 Wiesner, H. (1986). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten im Bereich Optik. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 34, 13, 25-29
- Wie92 Wiesner, H. (1992). Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik (I). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In: *Physik in der Schule* 30, 286-290.

Itemzuordnung zu Grundkonzepten und zugehörigen Schülervorstellungen im Konzepttest

korrekte Lösung: wiss. Konzept	Distraktoren: (wiss. inadäquate) Schülervorstellungen	Item
Lichtausbreitung	Licht wird mit seiner Quelle / mit seinen Wirkungen / mit einem Zustand gleichgesetzt.	1
Sekundäre Lichtquellen, Streuung	Unbeleuchtete Gegenstände werfen kein Licht zurück. Beleuchtete Gegenstände wie Tische, Bücher oder Bilder strahlen kein Licht ab.	2; 5;7b)
Physikalische Sehvorstellung	Bei Lichtquellen mit geringer Intensität gelangt kein Licht mehr ins Auge. Sehstrahlvorstellung, dem Auge wird ein aktiver Part zugeschrieben wird, während dem Gegenstand nur eine passive Rolle zukommt.	2 5
Wissenschaftstheoretisch adäquates Modellverständnis von Licht	Licht wird als Flüssigkeitsstrom beschrieben, der in Bewegung ist, sich aber auch in Ruhelage befinden kann. Verwechslung von Lichtbündel und Lichtstrahl	3 3
Entstehung reeller Bilder bei der Sammellinse	Eine Sammellinse macht das Licht größer. Das reelle Bild bei der Sammellinse entsteht durch Spiegelung oder Reflexion. Holistische Konzeption des Abbildungsvorgangs: Das Bild geht als Ganzes durch die Linse zum Schirm und wird dabei in der Linse umgedreht. Bei Abdeckung der oberen bzw. unteren Hälfte der Linse wird entsprechend die obere bzw. untere Hälfte des Bildes angeschnitten. Bei Verwendung einer ringförmigen Blende, werden die Bildränder kreisförmig abgeschnitten. Fehlerhafte bildliche Repräsentation der Strahlenkonstruktion Fehlerhaftes Verständnis der Funktionsweise von Sammellinsen Schwierigkeiten beim Verständnis des Bildortes und der Funktion des Schirms: Vorstellung das Bild sei auf der Linse; nur wenige Lernende erkennen, dass sich das Bild ohne Schirm an der gleichen Position befindet wie der Schirm.	4 9 8; 9 12b) 12c); 12d) 10; 11 4; 12a) 12e); 12f); 12g)
Ort und Lage des Spiegelbilds Gerichtete Reflexion (Planspiegel)	Das Spiegelbild liegt auf der Spiegeloberfläche. Der Spiegel wird als ein Gegenstand aufgefasst, der das Spiegelbild zum Betrachter zurückwirft (Licht braucht also nicht aus Richtung des Spiegels ins Auge fallen, damit das Spiegelbild wahrgenommen werden kann.)	6 7a
Entstehung reeller Bilder am Hohlspiegel	Das reelle Bild beim Hohlspiegel entsteht durch Spiegelung oder Reflexion. Holistische Konzeption des Abbildungsvorgangs: Das Bild geht als Ganzes vom Hohlspiegel zum Schirm und wird dabei umgedreht. Bei Abdeckung der oberen bzw. unteren Hälfte des Hohlspiegels wird entsprechend die obere bzw. untere Hälfte des Bildes angeschnitten. Bei Verwendung einer ringförmigen Blende, werden die Bildränder kreisförmig abgeschnitten. Fehlerhafte bildliche Repräsentation der Strahlenkonstruktion Fehlerhaftes Verständnis der Funktionsweise von Hohlspiegeln Schwierigkeiten beim Verständnis des Bildortes und der Funktion des Schirms: Vorstellung, das Bild sei auf dem Spiegel; nur wenige Lernende erkennen, dass sich das Bild ohne Schirm an der gleichen Position befindet wie der Schirm.	13 13 15b) 15c); 15 c) 14; 15; 16 14; 17 15e); 15f); 15g)

B5 Ergänzende Statistiken zur Pilotstudie

Tabelle 1

Itemschwierigkeiten des Leistungstests prä und post (N = 52)

Item	P_i PrätestSammellinse	P_i Posttest Hohlspiegel
Item 1	0.19	0.49
Item 2a	0.49	0.72
Item 2b	0.09	0.33
Item 3	0.73	0.96
Item 4	0.69	0.88
Item 5a	0.12	0.24
Item 5b	0.13	0.58

Tabelle 2

Trennschärfen des Leistungstests prä und post (N = 52)

Item	r_{it} Prätest Sammellinse	r_{it} Posttest Hohlspiegel
Item 1	0.26	0.32
Item 2a	0.20	0.15
Item 2b	0.15	0.31
Item 3	0.45	0.26
Item 4	0.23	0.23
Item 5a	0.01	-0.11
Item 5b	0.19	0.35

Tabelle 3

Itemmittelwerte und Standardabweichungen des Konzepttests prä und post

Item	Prätest (Gesamt)		Posttest (SV)		Posttest (ohne SV)	
	(N = 108)		(n = 52)		(n = 56)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Item 1	1.11	0.52	1.15	0.37	1.14	0.49
Item 2	1.45	0.71	1.70	0.66	1.34	0.75
Item 3	0.15	0.50	1.60	0.75	0.41	0.73
Item 4	0.28	0.47	0.35	0.49	0.37	0.49
Item 5	1.41	0.60	1.65	0.49	1.63	0.51
Item 6	1.30	0.94	1.00	0.97	1.15	0.99
Item 7a	1.24	0.77	1.30	0.73	1.17	0.79
Item 7b	1.54	0.74	1.50	0.69	1.55	0.71
Item 8	0.75	0.78	0.75	0.85	0.75	0.81
Item 9	1.05	0.96	1.05	0.94	0.89	0.90
Item 10	1.19	0.96	1.25	0.97	1.39	0.92
Item 11	0.95	0.87	1.10	0.97	1.15	0.80
Item 12a	1.00	0.98	0.40	0.82	1.00	1.00
Item 12b	0.13	0.36	1.65	0.59	0.11	0.32
Item 12c	0.19	0.50	1.50	0.69	0.30	0.60
Item 12d	0.24	0.51	1.15	0.67	0.21	0.48
Item 12e	0.97	0.90	1.20	0.83	0.83	0.89
Item 12f	0.36	0.75	0.65	0.93	0.65	0.93
Item 12g	0.30	0.71	0.90	1.02	0.34	0.75
Item 13	0.84	0.88	1.25	0.91	0.76	0.89
Item 14	0.53	0.74	0.30	0.57	0.52	0.79
Item 15	0.70	0.95	0.85	0.99	1.11	0.99
Item 16	0.93	0.91	1.05	0.94	1.01	0.84
Item 17a	0.39	0.78	0.20	0.62	0.35	0.76
Item 17b	0.09	0.32	1.65	0.59	0.14	0.35
Item 17c	0.16	0.45	1.50	0.76	0.18	0.49
Item 17d	0.24	0.53	1.15	0.81	0.15	0.44
Item 17e	0.87	0.93	1.15	0.93	0.72	0.93
Item 17f	0.40	0.78	0.70	0.92	0.59	0.89
Item 17g	0.37	0.76	1.00	1.03	0.39	0.78

Tabelle 4

Itemschwierigkeiten des Konzepttests prä und post

Item	P_i Prätest (Gesamt) ($N = 108$)	P_i Posttest (SV) ($n = 52$)	P_i Posttest (ohne SV) ($n = 56$)
Item 1	0.53	0.59	0.58
Item 2	0.72	0.89	0.68
Item 3	0.07	0.78	0.22
Item 4	0.14	0.17	0.17
Item 5	0.70	0.81	0.82
Item 6	0.65	0.52	0.60
Item 7a	0.62	0.69	0.64
Item 7b	0.77	0.74	0.80
Item 8	0.36	0.48	0.38
Item 9	0.50	0.52	0.55
Item 10	0.59	0.61	0.73
Item 11	0.45	0.50	0.72
Item 12a	0.49	0.28	0.57
Item 12b	0.06	0.69	0.11
Item 12c	0.10	0.59	0.19
Item 12d	0.12	0.46	0.15
Item 12e	0.49	0.50	0.45
Item 12f	0.18	0.43	0.35
Item 12g	0.15	0.57	0.18
Item 13	0.41	0.59	0.39
Item 14	0.26	0.28	0.25
Item 15	0.35	0.69	0.58
Item 16	0.42	0.63	0.67
Item 17a	0.18	0.48	0.29
Item 17b	0.04	0.87	0.18
Item 17c	0.07	0.96	0.19
Item 17d	0.11	0.48	0.08
Item 17e	0.40	0.80	0.36
Item 17f	0.18	0.48	0.28
Item 17g	0.17	0.61	0.20

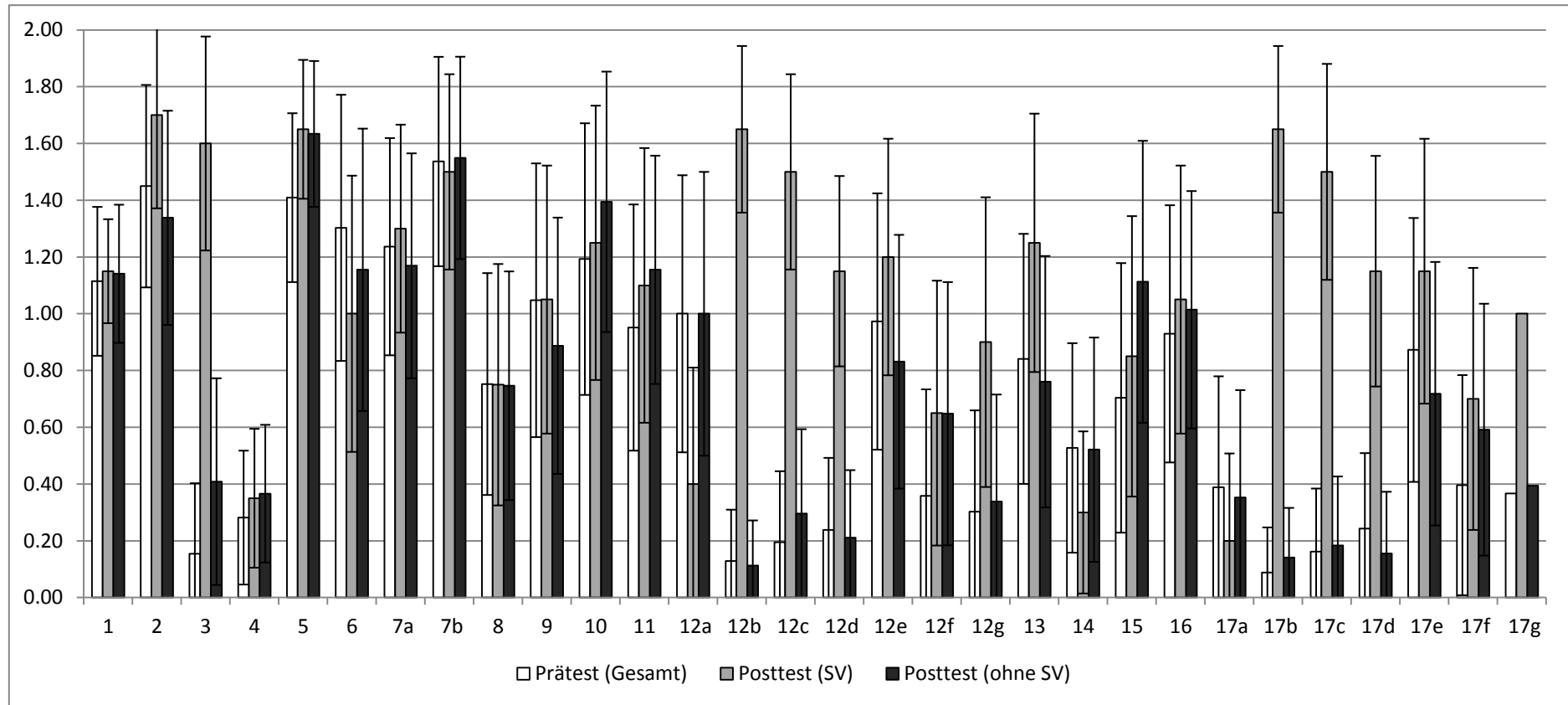


Abbildung 1: Itemmittelwerte und Standardabweichungen des Konzepttests prä und post: Pilotstudie

Tabelle 5

Trennschärfen des Konzepttests prä und post

Item	r_{it} Prätest (Gesamt)	r_{it} Posttest (SV)	r_{it} Posttest (Gesamt)
	($N = 108$)	($n = 52$)	($n = 56$)
Item 1	-0.05	0.20	0.04
Item 2	0.03	0.25	0.00
Item 3	0.00	-0.08	0.49
Item 4	-0.16	-0.05	0.31
Item 5	0.14	0.07	-0.04
Item 6	0.07	0.10	0.34
Item 7a	-0.17	-0.08	0.23
Item 7b	-0.18	0.25	-0.31
Item 8	0.32	0.16	0.16
Item 9	0.20	0.17	0.41
Item 10	-0.06	0.26	0.47
Item 11	0.05	0.34	0.34
Item 12a	-0.01	0.11	-0.37
Item 12b	-0.11	0.13	0.22
Item 12c	0.26	0.10	0.42
Item 12d	0.18	0.17	0.51
Item 12e	0.16	0.32	0.49
Item 12f	0.27	0.35	0.36
Item 12g	0.09	0.15	0.41
Item 13	0.18	0.36	0.43
Item 14	0.16	0.23	-0.34
Item 15	0.03	0.31	0.23
Item 16	0.25	0.47	0.45
Item 17a	0.25	0.09	-0.11
Item 17b	-0.10	-0.16	0.57
Item 17c	0.07	0.25	0.44
Item 17d	0.13	0.14	0.54
Item 17e	0.41	0.26	0.77
Item 17f	0.14	0.27	0.61
Item 17g	0.15	0.10	0.46

B1

Anhang C Hauptstudie

C1 Gegenüberstellung des Unterrichtsmaterials Treatment- und Kontrollgruppe

Beispiel Sammellinsen im Alltag: Die Lupe [Mat1_K1] TG



Abb. 1

<http://static.howstuffworks.com/gif/fire-starting-3.jpg>

Datum des Aufrufs: 01.08.2010



Abb. 2

<http://content.artofmanliness.com/uploads/2008/04/magnifying-glass.jpg>

Datum des Aufrufs: 01.08.2010

Beispiel Sammellinsen im Alltag: Die Lupe [Mat1_K2] KG



Abb. 1

<http://static.howstuffworks.com/gif/fire-starting-3.jpg>

Datum des Aufrufs: 01.08.2010



Abb. 2

<http://content.artofmanliness.com/uploads/2008/04/magnifying-glass.jpg>

Datum des Aufrufs: 01.08.2010

Aufgabenblatt 1: Die Sammellinse [Mat2_K1] TG

A1

a) Beschreibe Abbildung 1:

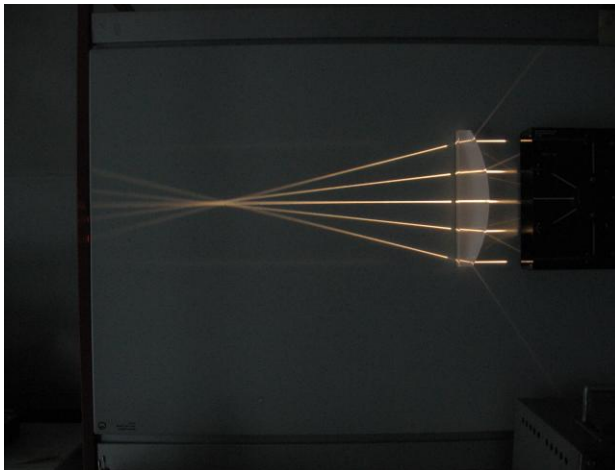


Abb. 1

b) Was versteht man unter dem Brennpunkt einer Sammellinse?

c) Beschreibe den Unterschied zwischen einem Lichtbündel und einem Lichtstrahl.

d) Warum kann man den Verlauf der Lichtbündel sehen (siehe Abb. 1)?
Kannst Du den Verlauf der Lichtbündel noch sehen, wenn der Versuch mitten in einem leeren Raum steht und man die Tafel entfernt?

Aufgabenblatt 1: Die Sammellinse [Mat2_K2]

A1

a) Beschreibe die Abbildung 1.

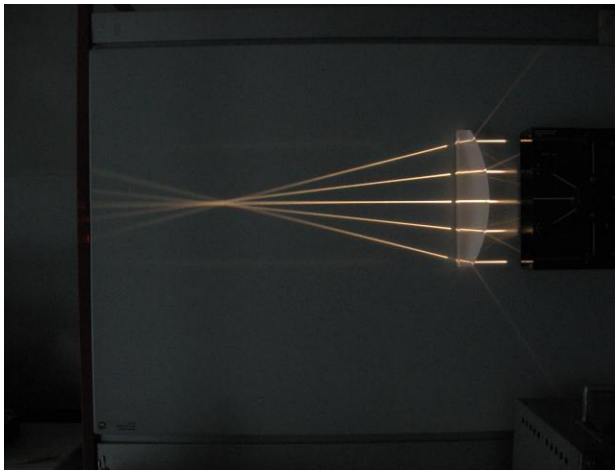


Abb. 1

b) Was versteht man unter dem Brennpunkt einer Sammellinse?

c) Welcher Satz ist richtig?

- ☐ Lichtstrahlen gibt es nur in der gedanklichen Vorstellung. Sie dienen zur Beschreibung und zeichnerischen Darstellung von Lichtbündeln.
- ☐ Lichtbündel gibt es nur in der gedanklichen Vorstellung. Sie dienen zur Beschreibung und zeichnerischen Darstellung von Lichtstrahlen.

d) Warum kann man den Verlauf der Lichtbündel (siehe Abbildung 1) sehen?
Kannst Du den Verlauf der Lichtbündel noch sehen, wenn der Versuch mitten in einem leeren Raum steht und man die Tafel entfernt?

Aufgabenblatt 2: Strahlengang von ausgezeichneten Strahlen durch die Sammellinse [Mat3_K1] TG

a) Ergänze den Verlauf der parallel einfallenden Strahlen in Abb. 1.

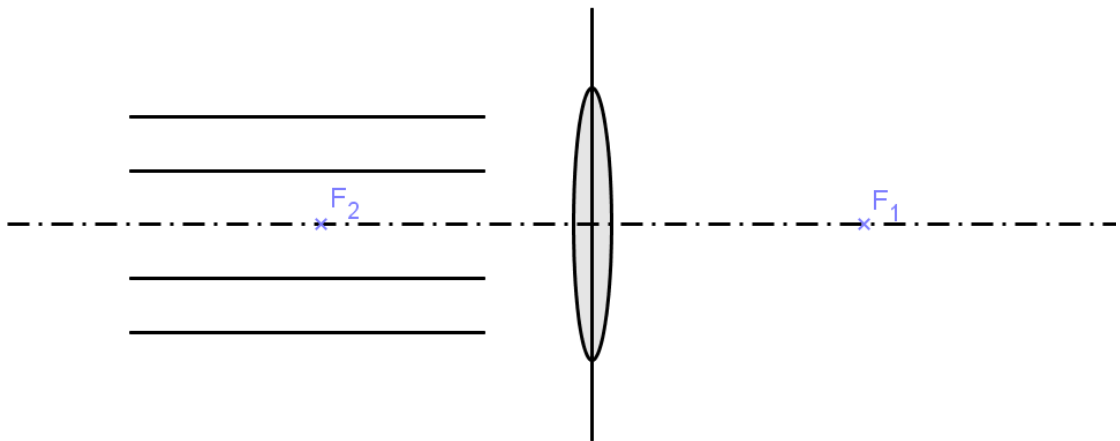


Abb. 1

b) Ergänze den Verlauf des durch den Brennpunkt F_2 gehenden Strahls beim Durchgang durch die Linse in Abb. 2.

Tipp: Verwende die Umkehrbarkeit des Lichtwegs, schaue Dir hierzu Abb. 1 an.

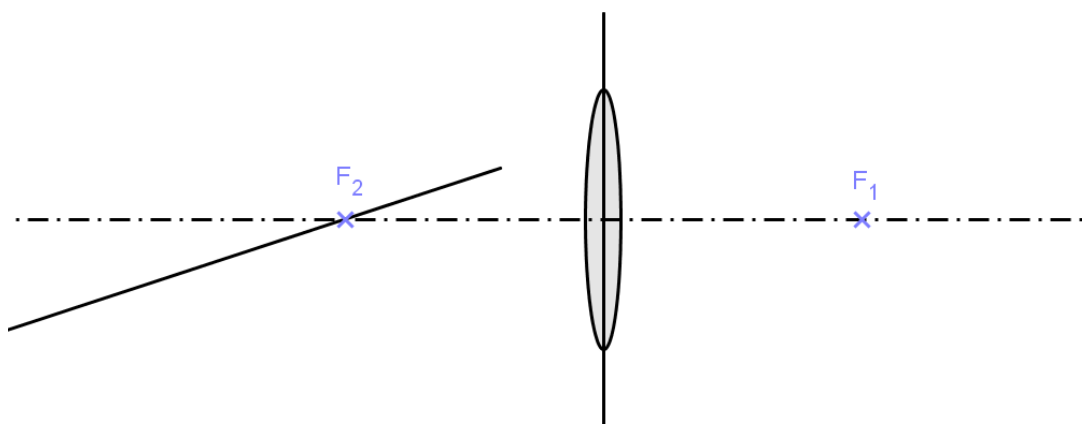


Abb. 2

Aufgabenblatt 2: Strahlengang von ausgezeichneten Strahlen durch die Sammellinse [Mat3_K2] KG

a) Ergänze den Verlauf der parallel einfallenden Strahlen in Abb. 1.

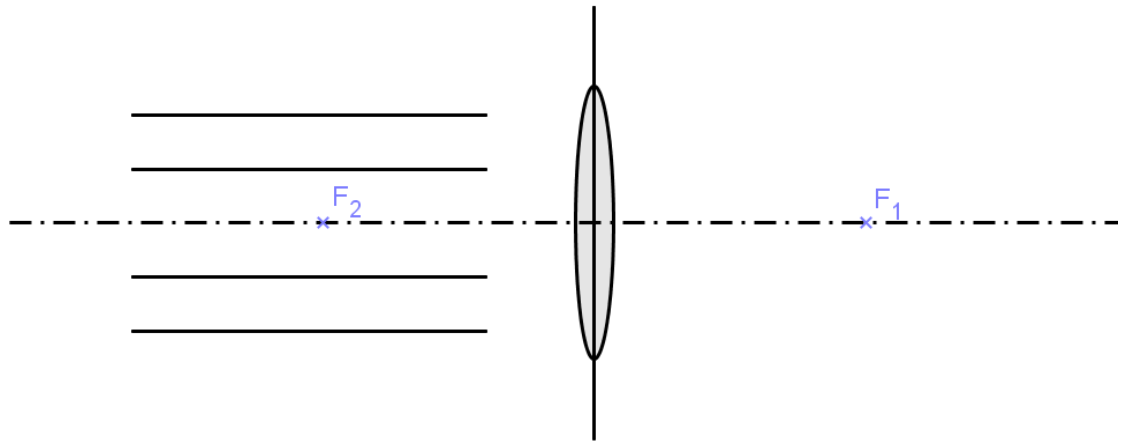


Abb. 1

b) Ergänze den Verlauf des durch den Brennpunkt F_2 gehenden Strahls beim Durchgang durch die Linse in Abb. 2.

Tipp: Verwende die Umkehrbarkeit des Lichtwegs, schaue Dir hierzu Abb. 1 an.

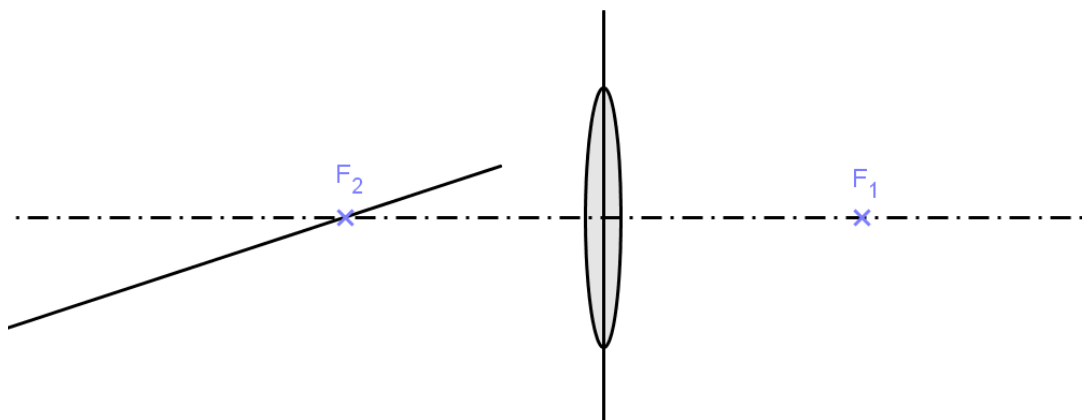


Abb. 2

c) Ergänze den Verlauf des Mittelpunktstrahls in Abb. 3.

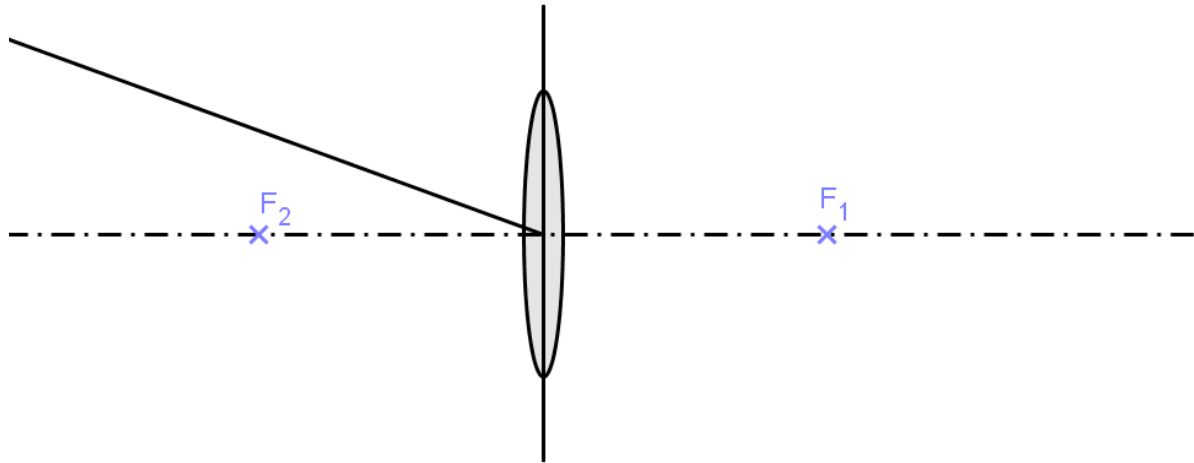


Abb. 3

d) Vervollständige die folgenden Merksätze aufgrund Deiner Lösungen für die Aufgaben a), b) und c).

Merksätze

Durch die Brechung an der Sammellinse wird ein Parallelstrahl

_____.

Durch die Brechung an der Sammellinse wird ein Brennpunktstrahl

_____.

Durch die Brechung an der Sammellinse wird ein Mittelpunktstrahl

_____.

c) Ergänze den Verlauf des Mittelpunktstrahls in Abb. 3.

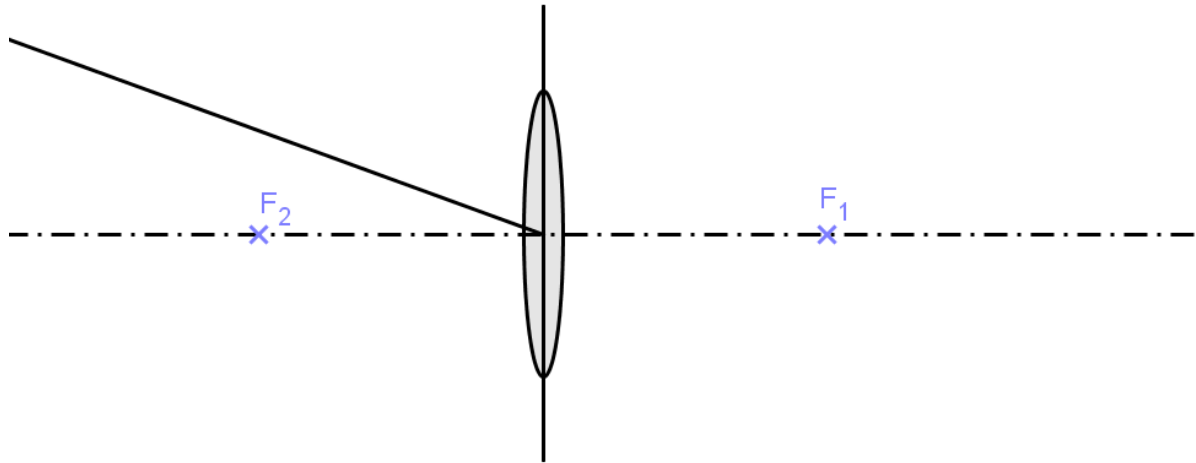


Abb. 3

d) Vervollständige die folgenden Merksätze aufgrund Deiner Lösungen für die Aufgaben a), b) und c).

Merksätze

Durch die Brechung an der Sammellinse wird ein Parallelstrahl

_____.

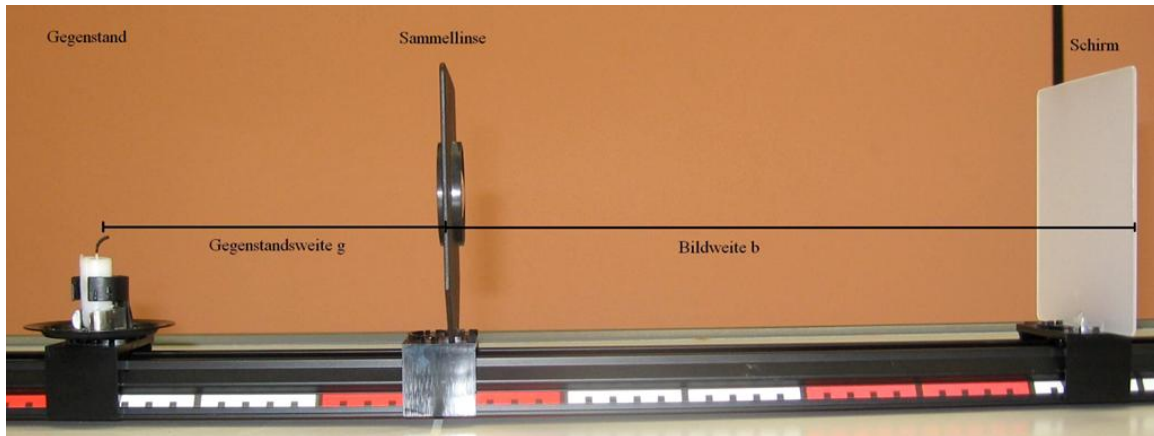
Durch die Brechung an der Sammellinse wird ein Brennpunktstrahl

_____.

Durch die Brechung an der Sammellinse wird ein Mittelpunktstrahl

_____.

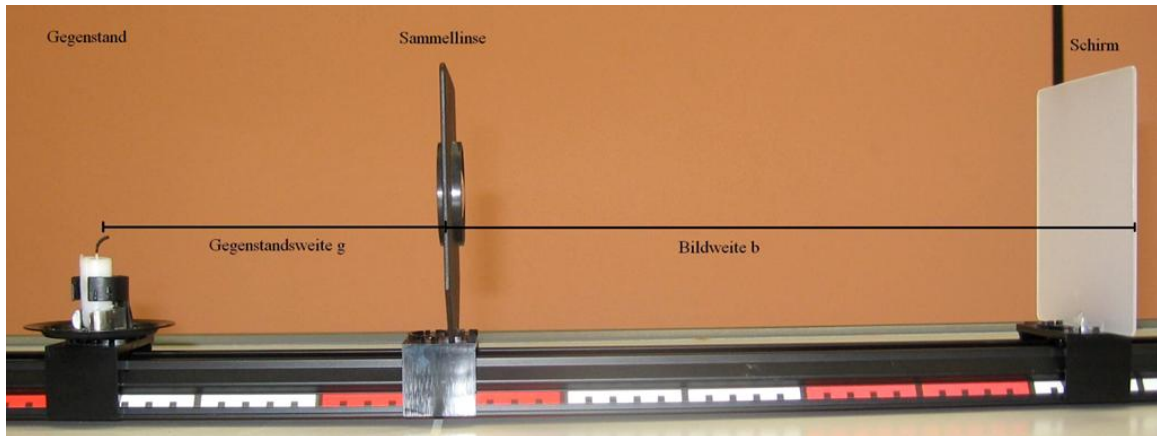
Experimentieranleitung [Mat4_K1] TG



Ziel: Erzeugen von Bildern unterschiedlicher Größen

1. Baue den Versuch - wie auf dem Foto abgebildet - auf.
2. Zünde die Kerze an.
3. Stelle am Anfang die Gegenstandsweite (Abstand von Kerze und Linse) größer ein als die doppelte Brennweite und finde mit dem Schirm das Bild: suche hierzu durch Verändern der Bildweite (Abstand von Linse und Schirm) ein scharfes Bild der Kerzenflamme auf dem Schirm.
4. Versuche durch Verändern der Gegenstandsweite, jeweils ein gleich großes, ein verkleinertes und ein vergrößertes Bild auf dem Schirm zu erhalten.
5. Bestimme in jedem der Bildfälle (gleich groß, verkleinert und vergrößert) folgende Größen in cm:
Gegenstandsweite g , Bildweite b ,
Gegenstandsgröße G und Bildgröße B .
6. Trage die Messwerte mit Bleistift in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt ein.

Experimentieranleitung [Mat4_K2] KG



Ziel: Erzeugen von Bildern unterschiedlicher Größen

1. Baue den Versuch - wie auf dem Foto abgebildet - auf.
2. Zünde die Kerze an.
3. Stelle am Anfang die Gegenstandsweite (Abstand von Kerze und Linse) größer ein als die doppelte Brennweite und finde mit dem Schirm das Bild: suche hierzu durch Verändern der Bildweite (Abstand von Linse und Schirm) ein scharfes Bild der Kerzenflamme auf dem Schirm.
4. Versuche durch Verändern der Gegenstandsweite, jeweils ein gleich großes, ein verkleinertes und ein vergrößertes Bild auf dem Schirm zu erhalten.
5. Bestimme in jedem der Bildfälle (gleich groß, verkleinert und vergrößert) folgende Größen in cm:
Gegenstandsweite g , Bildweite b ,
Gegenstandsgröße G und Bildgröße B .
6. Trage die Messwerte mit Bleistift in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt ein.

Messwerte

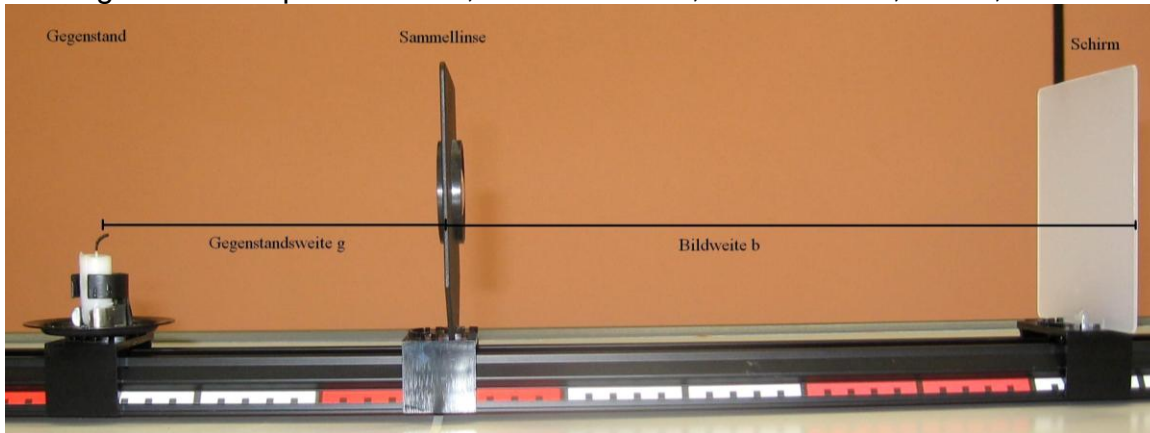
Bildfall	Gegenstandsweite <i>g</i>	Bildweite <i>b</i>	Gegenstandsgröße <i>G</i>	Bildgröße <i>B</i>
gleich großes Bild				
verkleinertes Bild				
vergrößertes Bild				

Messwerte

Bildfall	Gegenstandsweite g	Bildweite b	Gegenstandsgröße G	Bildgröße B
gleich großes Bild				
verkleinertes Bild				
vergrößertes Bild				

Experimentieranleitung [Mat5_K1] TG

Benötigte Geräte: optische Bank, drei Klammern, Sammellinse, Kerze, Schirm



Ziel: Erzeugen von Bildern unterschiedlicher Größen

1. Baue den Versuch - wie auf dem Foto abgebildet - auf.
2. Zünde die Kerze an.
3. Stelle am Anfang die Gegenstandsweite (Abstand von und Kerze Linse) größer ein als die doppelte Brennweite und finde mit dem Schirm das Bild: suche hierzu durch Verändern der Bildweite (Abstand von Linse und Schirm) ein scharfes Bild der Kerzenflamme auf dem Schirm.
4. Versuche durch Verändern der Gegenstandsweite, jeweils ein gleich großes, ein verkleinertes und ein vergrößertes Bild auf dem Schirm zu erhalten.
5. Bestimme in jedem der Bildfälle (gleich groß, verkleinert und vergrößert) folgende Größen in cm:
Gegenstandsweite g , Bildweite b ,
Gegenstandsgröße G und Bildgröße B .
6. Trage die Messwerte mit Bleistift in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt ein.

Experimentieranleitung [Mat5_K2] KG

Benötigte Geräte: optische Bank, drei Klammern, Sammellinse, Kerze, Schirm

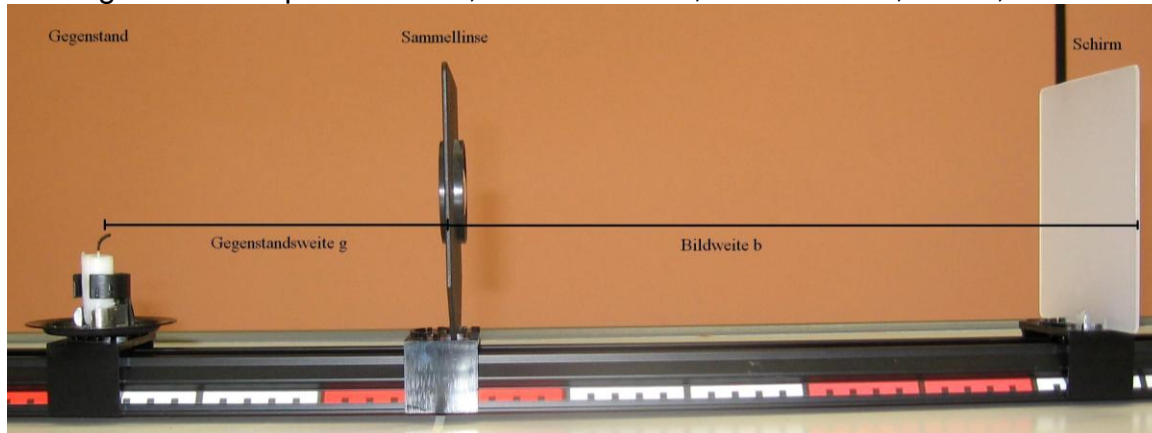


Abb. 1

Ziel: Erzeugen von Bildern unterschiedlicher Größen

1. Baue den Versuch - wie auf dem Foto abgebildet - auf.
2. Zünde die Kerze an.
3. Stelle am Anfang die Gegenstandsweite (Abstand von Kerze und Linse) größer ein als die doppelte Brennweite und finde mit dem Schirm das Bild: suche hierzu durch Verändern der Bildweite (Abstand von Linse und Schirm) ein scharfes Bild der Kerzenflamme auf dem Schirm.
4. Versuche durch Verändern der Gegenstandsweite, jeweils ein gleich großes, ein verkleinertes und ein vergrößertes Bild auf dem Schirm zu erhalten.
5. Bestimme in jedem der Bildfälle (gleich groß, verkleinert und vergrößert) folgende Größen in cm:
Gegenstandsweite g , Bildweite b ,
Gegenstandsgröße G und Bildgröße B .
6. Trage die Messwerte mit Bleistift in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt ein.

Messwerte

Bildfall	Gegenstandsweite g	Bildweite b	Gegenstandsgröße G	Bildgröße B
gleich großes Bild				
verkleinertes Bild				
vergrößertes Bild				

Erstelle eine Skizze des Versuchsaufbaus und beschrifte sie mit den Dir bekannten Größen.

Messwerte

Bildfall	Gegenstandsweite g	Bildweite b	Gegenstandsgröße G	Bildgröße B
gleich großes Bild				
verkleinertes Bild				
vergrößertes Bild				

Beschrifte den Versuchsaufbau:

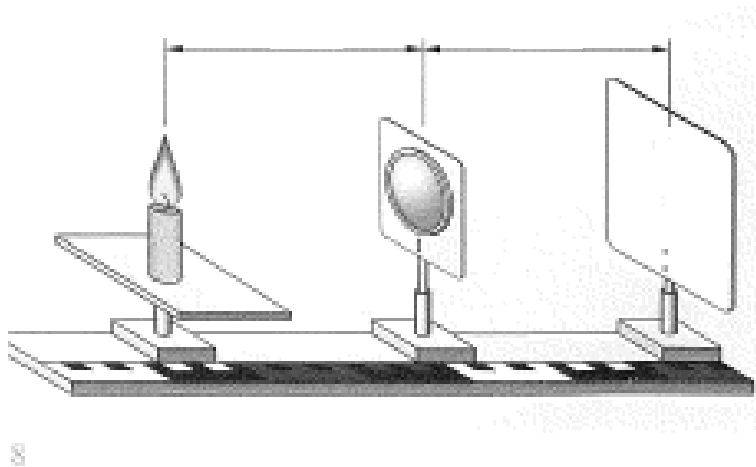


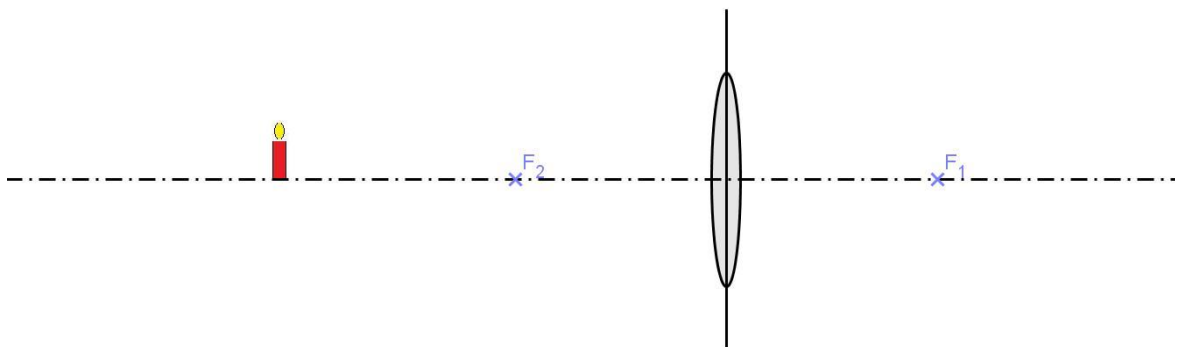
Abb. 2

Aufgabenblatt 3: Bildkonstruktion für die Sammellinse [Mat6_K1] TG

- Auch ohne Experiment lässt sich genau bestimmen, wie ein Lichtbündel verläuft, das von einem Gegenstandspunkt ausgeht und auf eine Sammellinse fällt.
- Wenn man die Brennweite der Sammellinse kennt, kann man durch eine geometrische Konstruktion den Verlauf des Lichtbündels und damit die Lage des Bildpunktes ermitteln.

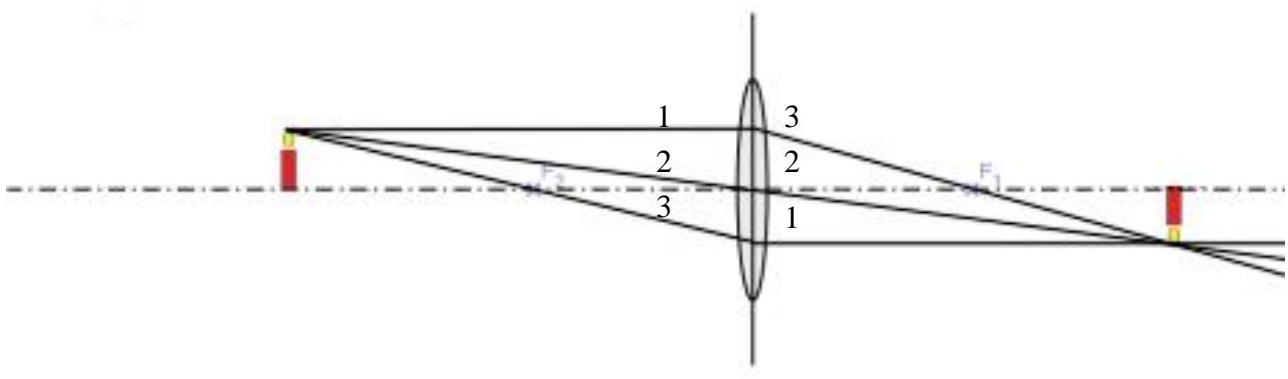
Der oberste Punkt einer Kerzenflamme sendet, wie jeder Punkt der Flamme, Licht nach allen Seiten aus. Ein Teil dieses Lichtes fällt auf die Sammellinse.

- d) Wie viele Strahlen benötigt man mindestens für die Konstruktion **eines** Bildpunktes? _____
- e) Zeichne von dem obersten Punkt der Kerze Strahlen in alle Richtungen in die Abbildung unten ein, von denen Du glaubst, dass es Strahlen gibt ,
- f) Es gibt einige Strahlen, die auf die Sammellinse fallen und deren Verlauf Du leicht angeben kannst.
Zeichne diese Strahlen in Abbildung unten ein und benenne sie!
Welche Lichtstrahlen tragen ebenfalls zur Bildentstehung bei? Zeichne ein.



Aufgabenblatt 3: Bildkonstruktion für die Sammellinse [Mat6_K2] KG

- Auch ohne Experiment lässt sich genau bestimmen, wie ein Lichtbündel verläuft, das von einem Gegenstandspunkt ausgeht und auf eine Sammellinse fällt.
 - Wenn man die Brennweite der Sammellinse kennt, kann man durch eine geometrische Konstruktion den Verlauf des Lichtbündels und damit die Lage des Bildpunktes ermitteln.
- a) Wie viele Strahlen benötigt man mindestens für die Konstruktion **eines** Bildpunktes? _____



Der oberste Punkt einer Kerzenflamme sendet, wie jeder Punkt der Flamme, Licht nach allen Seiten aus. Ein Teil dieses Lichtes fällt auf die Sammellinse.

Alles Licht, das von der Kerze auf die Sammellinse fällt, trägt zur Bildentstehung bei. Von bestimmten Strahlen kennst Du den Verlauf.

- b) Benenne diese Strahlen (siehe Abbildung oben)!

1 _____
2 _____
3 _____

Neben achsenparallel einfallenden Lichtbündeln und Lichtbündeln durch den optischen Mittelpunkt, trägt auch alles andere Licht, das auf die Sammellinse trifft, zur Bildentstehung bei.

Aufgabenblatt 4: Die Konstruktion der Bildfälle [Mat7_K1] TG

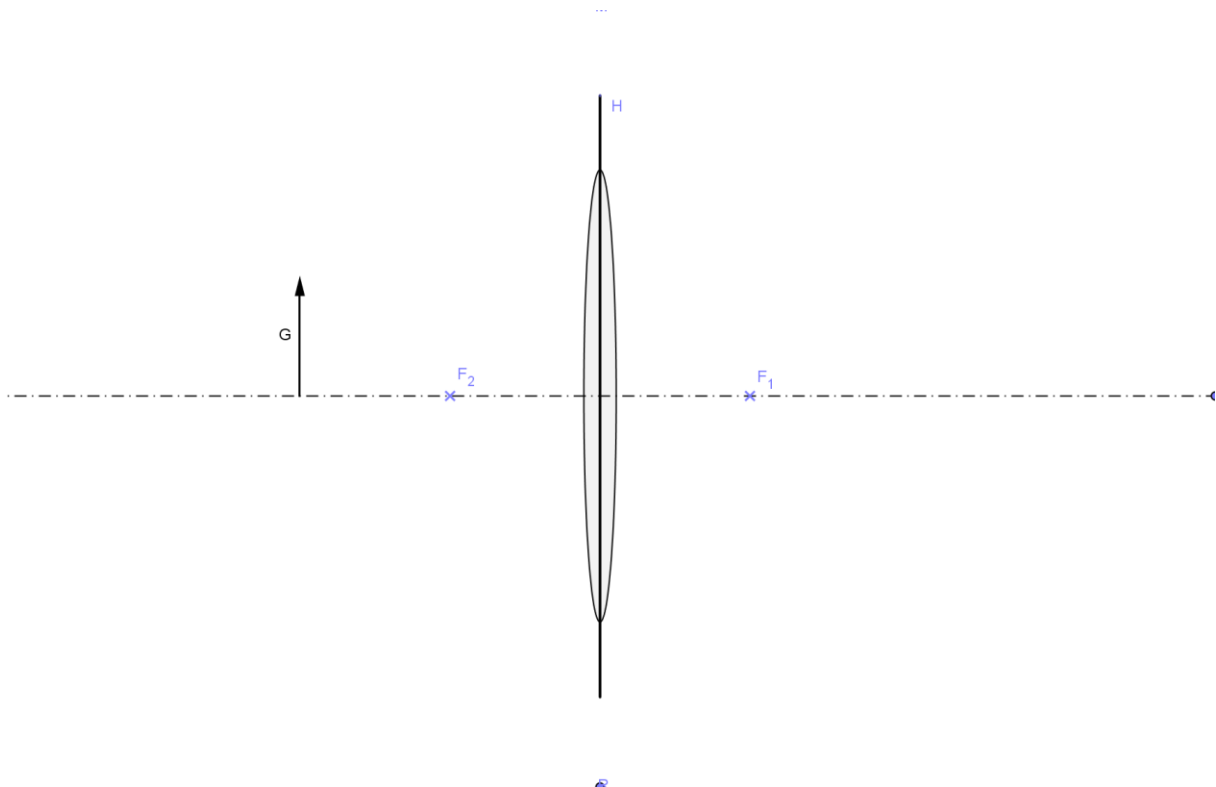
Schüler-Nr. _____

Datum _____

Eine brennende Kerze steht vor einer Sammellinse. (Die Kerze ist durch einen Pfeil senkrecht zur optischen Achse dargestellt).

Konstruiere den Verlauf der Lichtstrahlen, die von der Pfeilspitze ausgehen und auf die Sammellinse treffen (Abb. 1). Benenne den Bildfall.

a) Bildfall: _____



Wurde in der Treatmentgruppe zwecks Datenerhebung zum Einblick in den Umgang mit der zentralen Repräsentation „Strahlenkonstruktion“ in der Treatmentgruppe eingesammelt.

Aufgabenblatt 4: Die Konstruktion der reellen Bildfälle [Mat7_K2] KG

Bildfall: gleich groß

Aus der Konstruktion erkennt man, dass sich auch das Bild im Abstand der doppelten Brennweite $b = 2f$ hinter der Linse befindet.

Gegenstand G und Bild B sind in diesem Fall gleich groß: $G = B$. Der Abbildungsmaßstab ist eins.

$$B = 1,6 \text{ cm}$$

$$G = 1,6 \text{ cm}$$

$$b = 4 \text{ cm}$$

$$g = 4 \text{ cm}$$

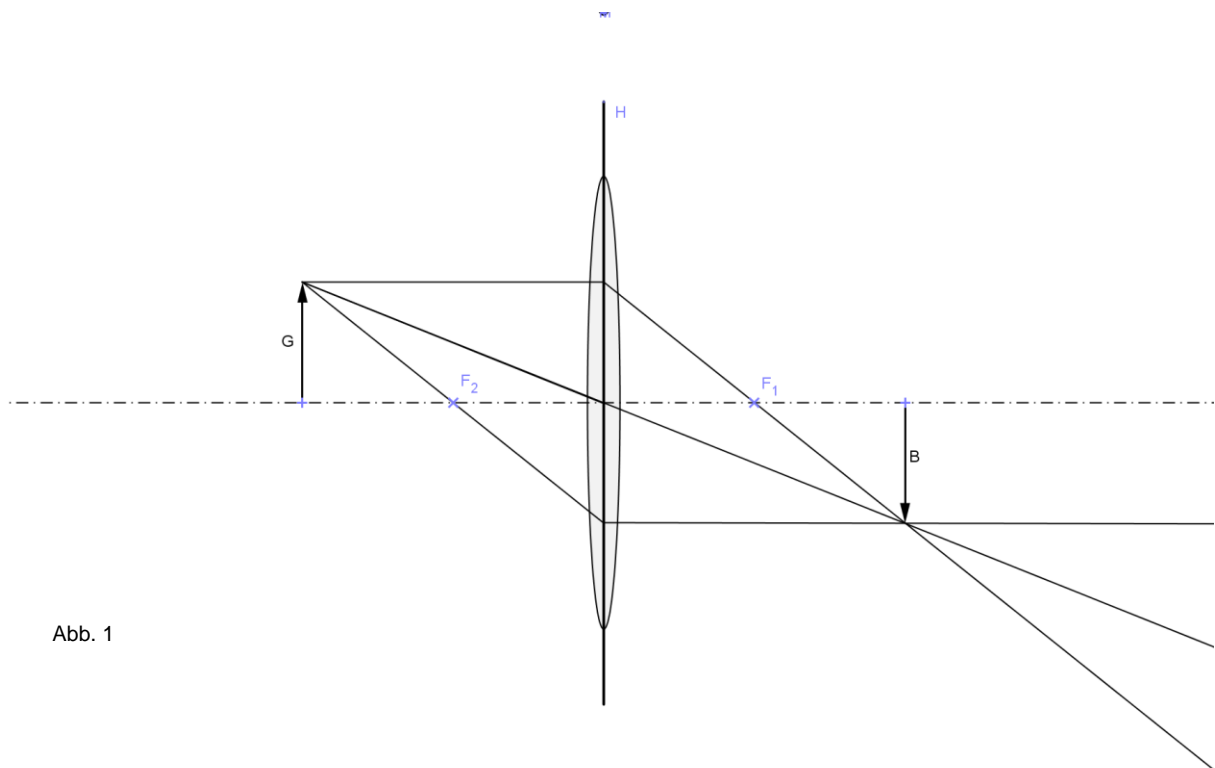


Abb. 1

Merksatz

Befindet sich ein Gegenstand im Abstand der **doppelten Brennweite**, das heißt $g = 2f$ vor einer Sammellinse, dann wird er **gleich groß** abgebildet und das Bild ist auch im Abstand der **doppelten Brennweite** $b = g = 2f$ hinter der Sammellinse.

Schüler-Nr. _____

Datum _____

Vervollständige die Konstruktion (Abb. 2). Messe die angegebenen Größen in cm.

a) Bildfall:

 $B =$ $G =$ $b =$ $g =$

...

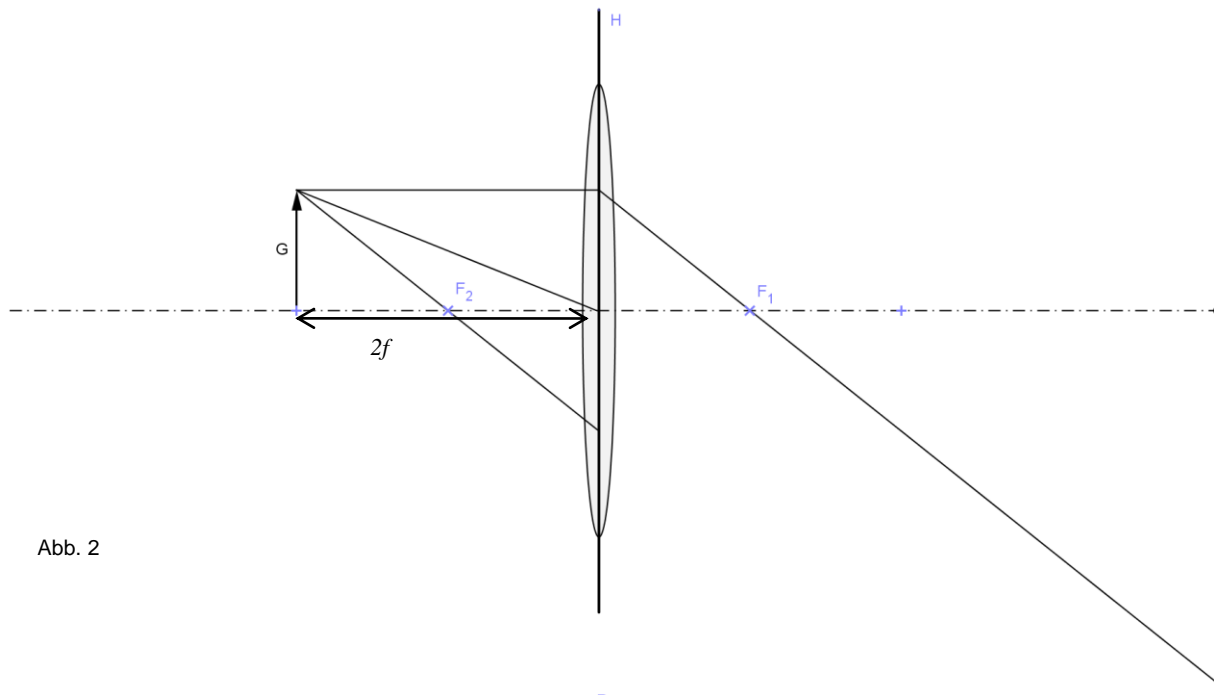


Abb. 2

Vervollständige den Merksatz:

Merksatz

Befindet sich ein Gegenstand im Abstand der **doppelten Brennweite**, das heißt $g =$ _____ vor einer Sammellinse, dann wird er **gleich groß** abgebildet und das Bild ist auch im Abstand der **doppelten Brennweite** $b =$ _____ = _____ hinter der Sammellinse.

Wurde in der Treatmentgruppe zwecks Datenerhebung zum Einblick in den Umgang mit der zentralen Repräsentation „Strahlenkonstruktion“ in der Treatmentgruppe eingesammelt.

Die Treatmentgruppe erhielt parallel hierzu einen ausführlichen Lehrervortrag, in dem die Strahlenkonstruktion und die Merksätze erläutert wurden. Die Aufgabe der Schüler bestand darin, die dargestellten Zusammenhänge zu verstehen und die gefragten Größen (Bildweite, Gegenstandsweite, Gegenstandsgröße und Bildgröße) auf den ausgeteilten Arbeitsblättern zu ergänzen.

Bildfall: gleich groß

Aus der Konstruktion erkennt man, dass sich auch das Bild im Abstand der doppelten Brennweite $b = 2f$ hinter der Linse befindet.

Gegenstand G und Bild B sind in diesem Fall gleich groß: $G = B$. Der Abbildungsmaßstab ist eins.

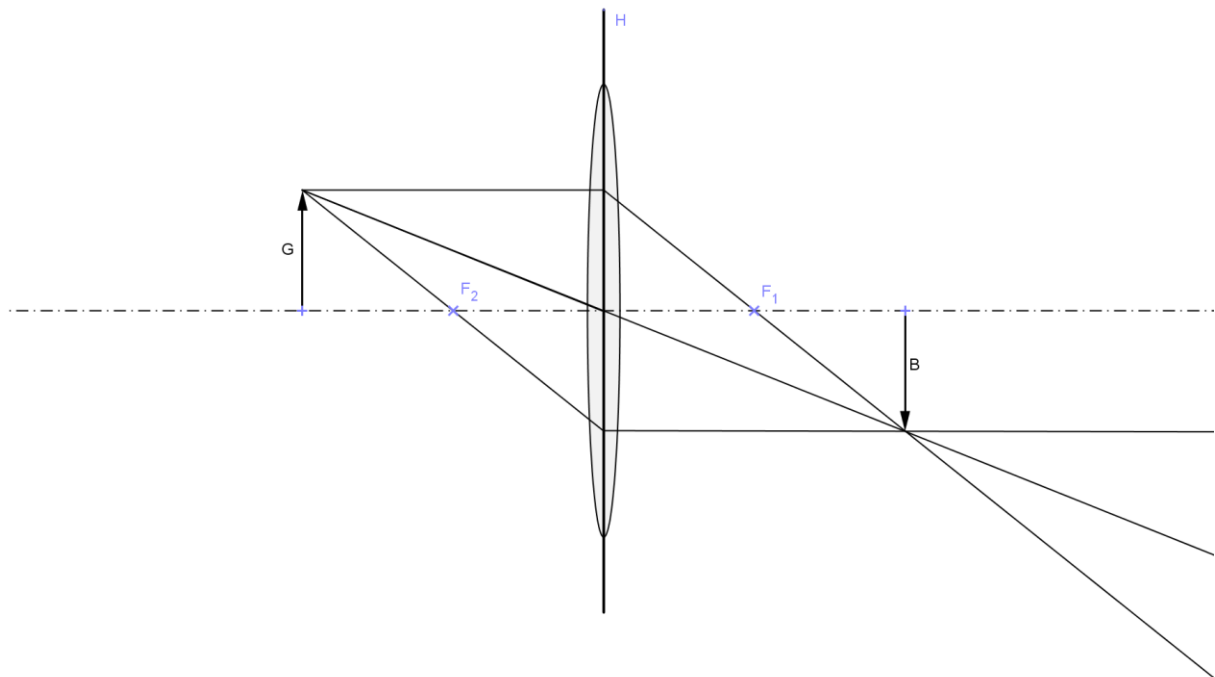
$$B = 1,6 \text{ cm}$$

$$G = 1,6 \text{ cm}$$

$$b = 4 \text{ cm}$$

$$g = 4 \text{ cm}$$

Lösung für Schüler zur Ergebnissicherung

**Merksatz**

Befindet sich ein Gegenstand im Abstand der **doppelten Brennweite**, das heißt **$g = 2f$** vor einer Sammellinse, dann wird er **gleich groß** abgebildet und das Bild ist auch im Abstand der **doppelten Brennweite $b = g = 2f$** hinter der Sammellinse.

Die Treatmentgruppe erhielt parallel hierzu einen ausführlichen Lehrervortrag, in dem die Strahlenkonstruktion und die Merksätze erläutert wurden. Die Aufgabe der Schüler bestand darin, die dargestellten Zusammenhänge zu verstehen und die gefragten Größen (Bildweite, Gegenstandsweite, Gegenstandsgröße und Bildgröße) auf den ausgeteilten Arbeitsblättern zu ergänzen.

Schüler-Nr. _____

Datum _____

Konstruiere den Verlauf der Lichtstrahlen, die von der Pfeilspitze ausgehen und auf die Sammellinse treffen (Abb. 4). Benenne den Bildfall.

b) Bildfall: _____

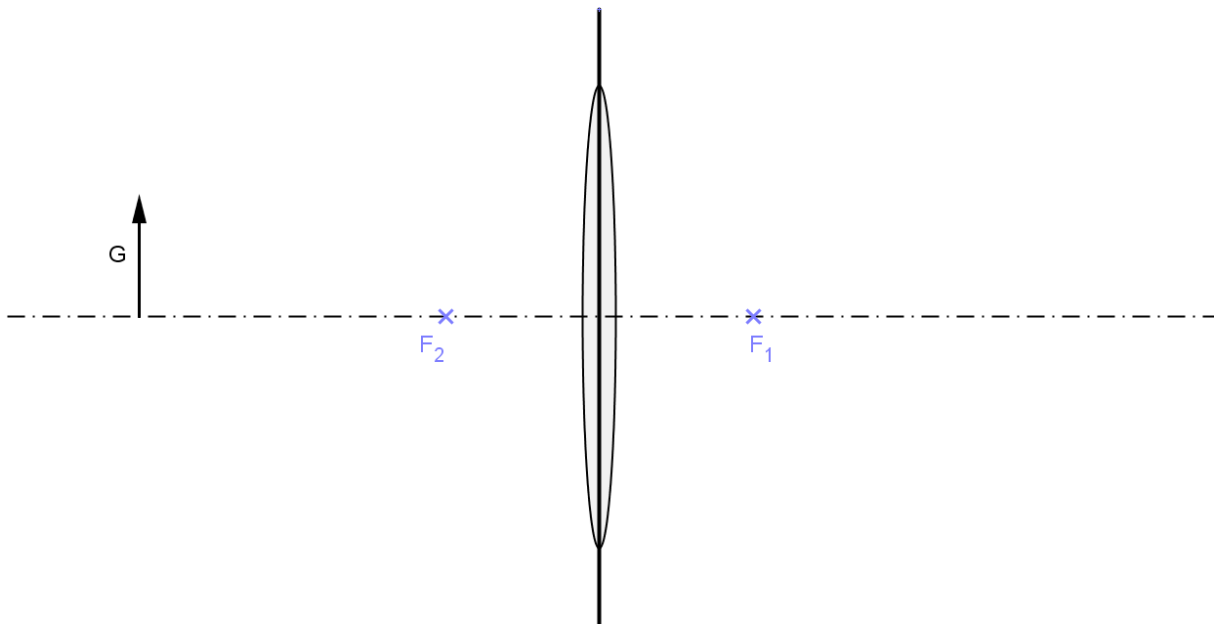


Abb. 4

Wurde in der Treatmentgruppe zwecks Datenerhebung zum Einblick in den Umgang mit der zentralen Repräsentation „Strahlenkonstruktion“ in der Treatmentgruppe eingesammelt.

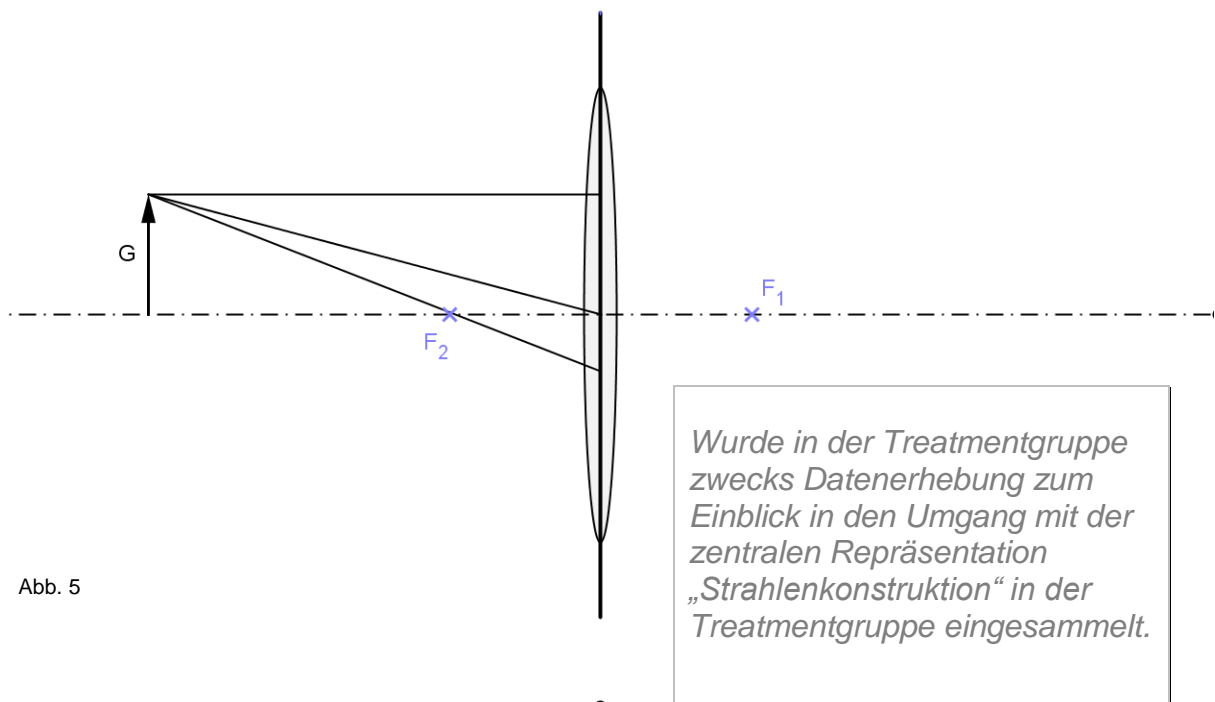
Schüler-Nr. _____

Datum _____

Vervollständige die Konstruktion (Abb. 5). Messe die angegebenen Größen in cm.

Zeichne vor und nach der Linsenmitte jeweils einen Punkt im Abstand der doppelten Brennweite ein.

b) Bildfall: _____
 $B =$ _____ $G =$ _____

 $b =$ _____ $g =$ _____

Vervollständige den Merksatz:

Merksatz

Ist die **Gegenstandsweite** g größer als _____

_____, das heißt $g > 2f$, dann ist das Bild

_____ und der Wert der **Bildweite** b liegt zwischen der einfachen

Brennweite f und der _____ hinter der

Sammellinse.

Benenne den Bildfall und messe die angegebenen Größen in cm (Abb. 2).

Bildfall: _____

$B =$

$G =$

$b =$

$g =$

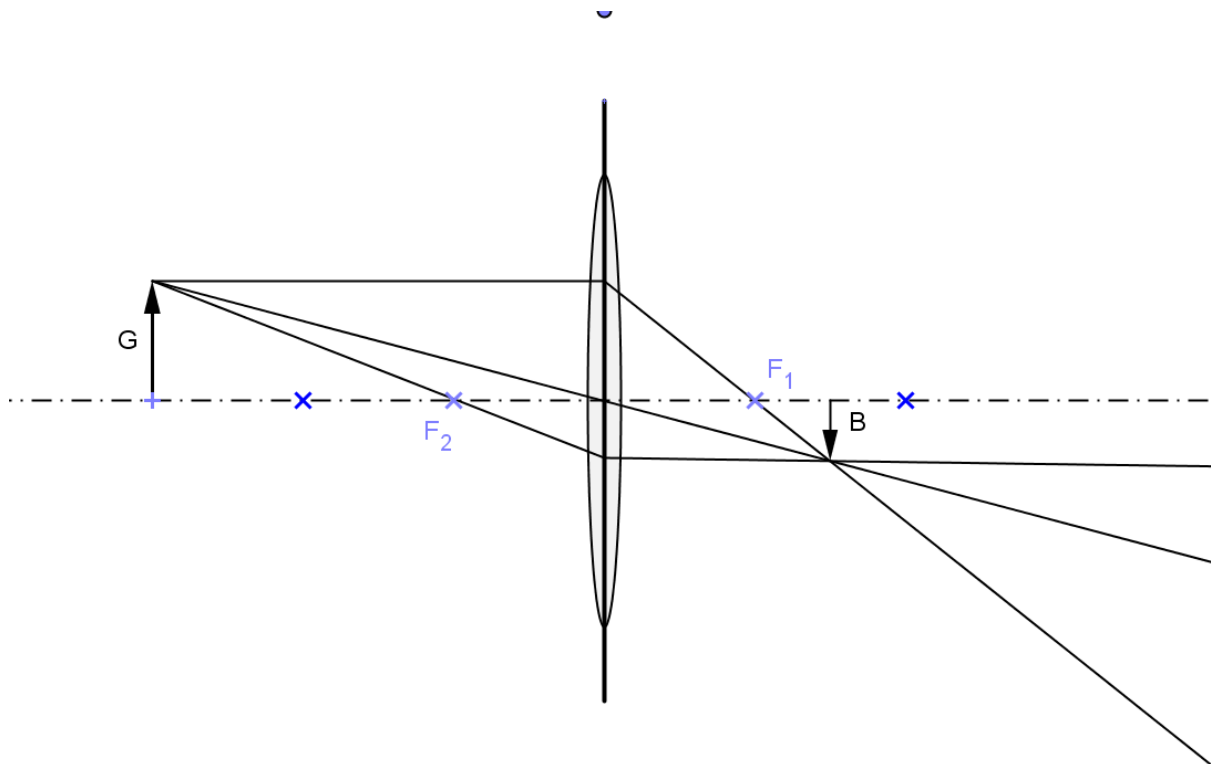


Abb. 2

Merksatz

Ist die **Gegenstandsweite g** größer als die **doppelte Brennweite**, das heißt **$g > 2f$** , dann ist das Bild **verkleinert** und der Wert der **Bildweite b** liegt **zwischen der einfachen Brennweite f und der doppelten Brennweite $2f > b > f$** hinter der Sammellinse.

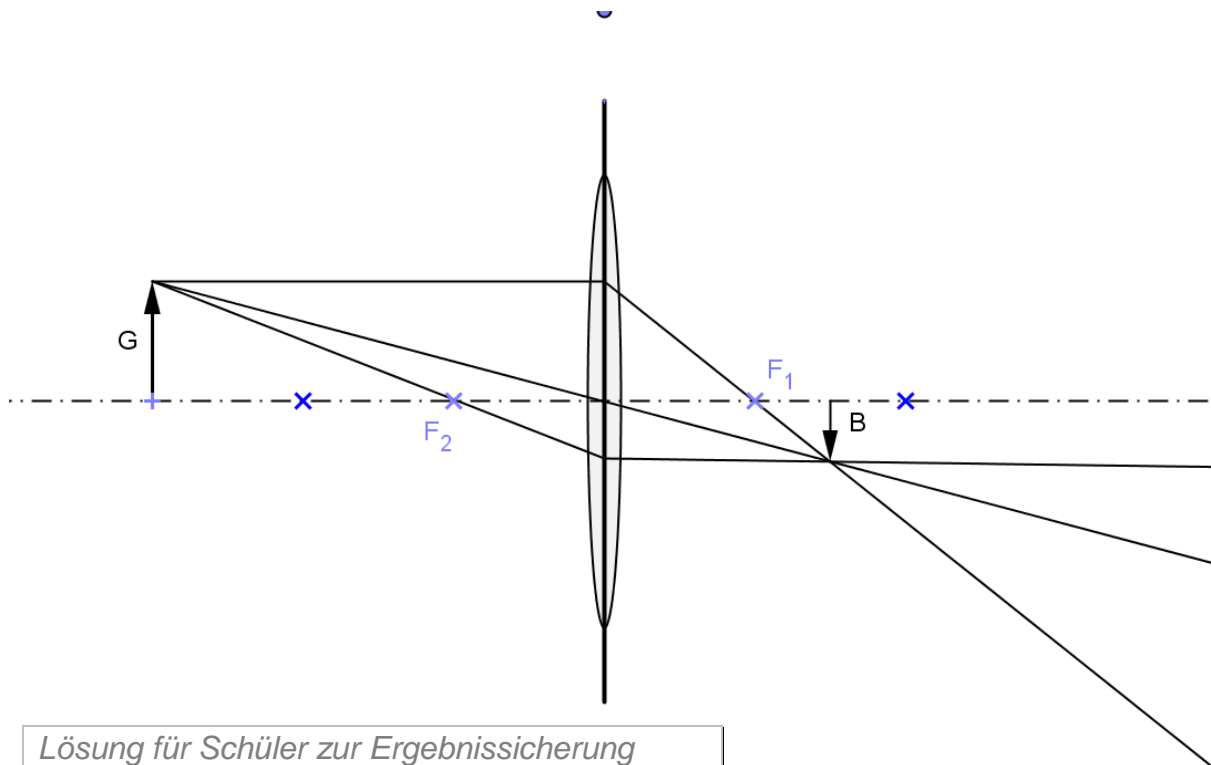
Bildfall: verkleinert

$$B = 0,8 \text{ cm}$$

$$G = 1,6 \text{ cm}$$

$$b = 3 \text{ cm}$$

$$g = 6 \text{ cm}$$



Lösung für Schüler zur Ergebnissicherung

Abb. 6

Merksatz

Ist die **Gegenstandsweite g** größer als die **doppelte Brennweite**, das heißt **$g > 2f$** , dann ist das Bild **verkleinert** und der Wert der **Bildweite b** liegt **zwischen der einfachen Brennweite f und der doppelten Brennweite $2f > b > f$** hinter der Sammellinse.

Die Treatmentgruppe erhielt parallel hierzu einen ausführlichen Lehrervortrag, in dem die Strahlenkonstruktion und die Merksätze erläutert wurden. Die Aufgabe der Schüler bestand darin, die dargestellten Zusammenhänge zu verstehen und die gefragten Größen (Bildweite, Gegenstandsweite, Gegenstandsgröße und Bildgröße) auf den ausgeteilten Arbeitsblättern zu ergänzen.

Schüler-Nr. _____

Datum _____

Es gibt noch einen dritten Bildfall.

Konstruiere den Verlauf der Lichtstrahlen, die von der Pfeilspitze ausgehen und auf die Sammellinse treffen (Abb. 7). Benenne den Bildfall.

c) Bildfall: _____

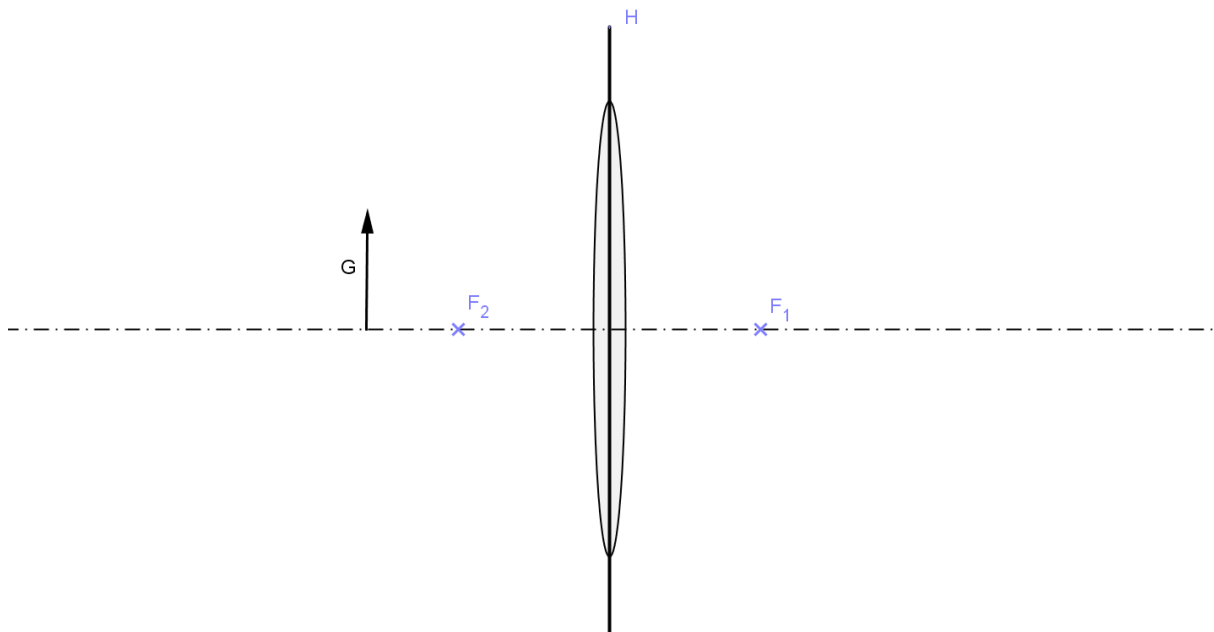


Abb. 7

Wurde in der Treatmentgruppe zwecks Datenerhebung zum Einblick in den Umgang mit der zentralen Repräsentation „Strahlenkonstruktion“ in der Treatmentgruppe eingesammelt.

Die Treatmentgruppe erhielt parallel hierzu einen ausführlichen Lehrervortrag, in dem die Strahlenkonstruktion und die Merksätze erläutert wurden. Die Aufgabe der Schüler bestand darin, die dargestellten Zusammenhänge zu verstehen und die gefragten Größen (Bildweite, Gegenstandsweite, Gegenstandsgröße und Bildgröße) auf den ausgeteilten Arbeitsblättern zu ergänzen.

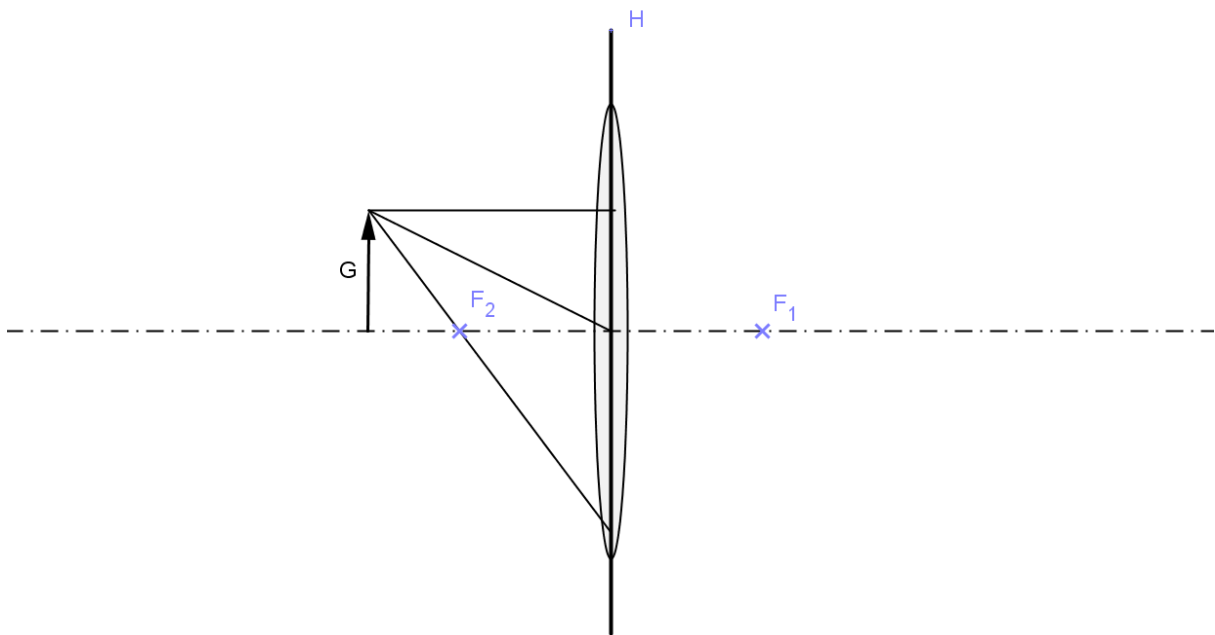
Schüler-Nr. _____

Datum _____

Vervollständige die Konstruktion (Abb. 8). Messe die angegebenen Größen in cm.

Zeichne vor und nach der Linsenmitte jeweils einen Punkt im Abstand der doppelten Brennweite ein.

c) Bildfall: _____

 $B =$ $G =$ $b =$ $g =$ 

Notiere den Merksatz!

Merksatz

Wurde in der Treatmentgruppe zwecks Datenerhebung zum Einblick in den Umgang mit der zentralen Repräsentation „Strahlenkonstruktion“ in der Treatmentgruppe eingesammelt.

Benenne den Bildfall und messe die angegebenen Größen in cm (Abb. 3).

Bildfall: _____

$B =$

$G =$

$b =$

$g =$

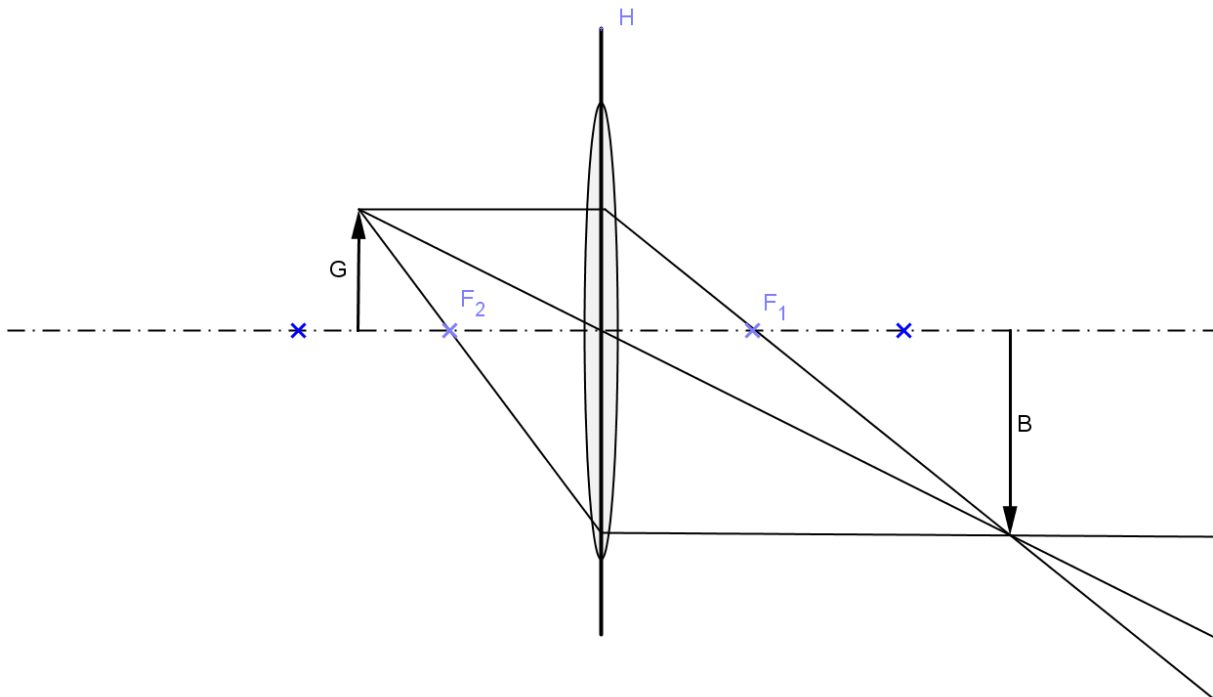


Abb. 3

Merksatz

Liegt die **Gegenstandsweite g** zwischen der einfachen Brennweite f und der **doppelten Brennweite $2f$** , das heißt $f < g < 2f$, dann ist das Bild **vergrößert** und im Abstand **größer als die doppelte Brennweite**, das heißt $b > 2f$ hinter der Sammellinse.

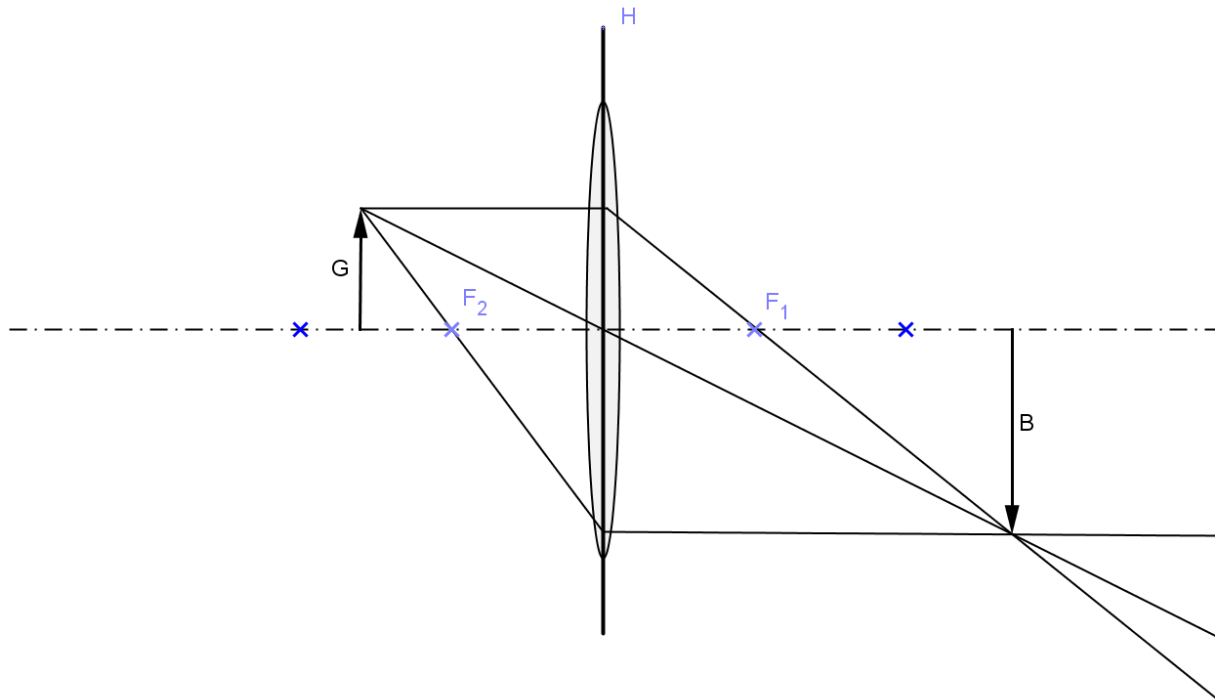
Bildfall: vergrößert

$$B = 2,7 \text{ cm}$$

$$G = 1,6 \text{ cm}$$

$$b = 5,4 \text{ cm}$$

$$g = 3,2 \text{ cm}$$



Lösung für Schüler zur Ergebnissicherung

Abb. 9

Merksatz

Liegt die **Gegenstandsweite g** zwischen der einfachen **Brennweite f** und der **doppelten Brennweite $2f$** , das heißt **$f < g < 2f$** , dann ist das Bild **vergrößert** und im Abstand **größer als die doppelte Brennweite**, das heißt **$b > 2f$** hinter der Sammellinse.

Die Treatmentgruppe erhielt parallel hierzu einen ausführlichen Lehrervortrag, in dem die Strahlenkonstruktion und die Merksätze erläutert wurden. Die Aufgabe der Schüler bestand darin, die dargestellten Zusammenhänge zu verstehen und die gefragten Größen (Bildweite, Gegenstandsweite, Gegenstandsgröße und Bildgröße) auf den ausgeteilten Arbeitsblättern zu ergänzen.

Die verschiedenen Bildfälle können wir in folgender Tabelle zusammenfassen:
Vervollständige zunächst die Bildfälle a), b) und c) in der Tabelle:

Tabelle der Bildfälle

Bildfall	Gegenstandsweite g	Bildweite b	Abbildungseigenschaften	Abbildungsmaßstab A
a) reell				gleich großes Bild $A = 1$
b) reell		$f < b < 2f$	umgekehrt, seitenverkehrt, reell	verkleinert $A < 1$
c) reell				vergrößert $A > 1$
d)				

Die verschiedenen Bildfälle können wir in folgender Tabelle zusammenfassen:

Tabelle der Bildfälle

Bildfall	Gegenstandsweite g	Bildweite b	Abbildungs- eigenschaften	Abbildungsmaßstab A
a) reell	$g = 2f$	$b = 2f$	umgekehrt, seitenverkehrt, reell	gleich großes Bild $A = 1$
b) reell	$g > 2f$	$f < b < 2f$	umgekehrt, seitenverkehrt, reell	verkleinert $A < 1$
c) reell	$f < g < 2f$	$b > 2f$	umgekehrt, seitenverkehrt, reell	vergrößert $A > 1$
d)				

Aufgabenblatt 5: Das virtuelle Bild [Mat8_K1] TG

- Schaust Du Dir eine Seite Deines Heftes oder eines Buches durch eine Sammellinse an und hältst Du dabei die Linse in kurzer Entfernung vor das Buch, dann siehst Du ein vergrößertes aufrechtes Bild.
 - Legst Du die Linse einfach auf eine Buchseite (kleinster Abstand) dann ist die Vergrößerung sehr gering.
 - Bei all diesen Bildfällen ist die Linse näher am Gegenstand als die Brennweite $g < f$, auch solche Bilder kann man konstruieren.
- a) Zeichne zunächst – wie bisher ausgehend von der Pfeilspitze von G – den Parallelstrahl und den Mittelpunktstrahl zur Linse hin und den Verlauf nach der Linsenmitte (H) der Linse (Abb. 1).
- b) Zeichne jetzt den Strahl ausgehend von der Pfeilspitze von G , der so verläuft, dass er „scheinbar“ vom Brennpunkt F_2 ausgeht. Hierzu musst Du die gestrichelte Linie von F_2 nach G einfach bis zur Linsenmitte verlängern. Zeichne ein, wie dieser Strahl von der Linse gebrochen wird.
- c) Die drei ausgezeichneten Strahlen, die jetzt rechts von der Linse weggehen, laufen auseinander (divergieren), d. h. sie schneiden sich nicht. Es gibt keinen reellen Bildpunkt zu G .
Verlängere diese drei ausgezeichneten Strahlen ab der Linsenmitte nach links und bestimme deren Schnittpunkt B . Verwende hierzu gestrichelte Linien.
- g) Erkläre, warum ein Beobachter, der von rechts auf die Linse schaut, meint, die Pfeilspitze von G an der Stelle des Punktes B zu sehen.
- e) Bestimme anhand der Konstruktion die Abbildungseigenschaften dieses Bildes.

Aufgabenblatt 5: Das virtuelle Bild [Mat8_K2] KG

- Schaust Du Dir eine Seite Deines Heftes oder eines Buches durch eine Sammellinse an und hältst Du dabei die Linse in kurzer Entfernung vor das Buch, dann siehst Du ein vergrößertes aufrechtes Bild.
- Legst Du die Linse einfach auf eine Buchseite (kleinster Abstand) dann ist die Vergrößerung sehr gering.
- Bei all diesen Bildfällen ist die Linse näher am Gegenstand als die Brennweite $g < f$. Auch solche Bilder kann man konstruieren.

Zeichne zunächst wie bisher, ausgehend von der Pfeilspitze von G , den Parallelstrahl und den Mittelpunktstrahl zur Linse hin und den Verlauf nach der Linsenmitte (H) der Linse (Abb. 1).

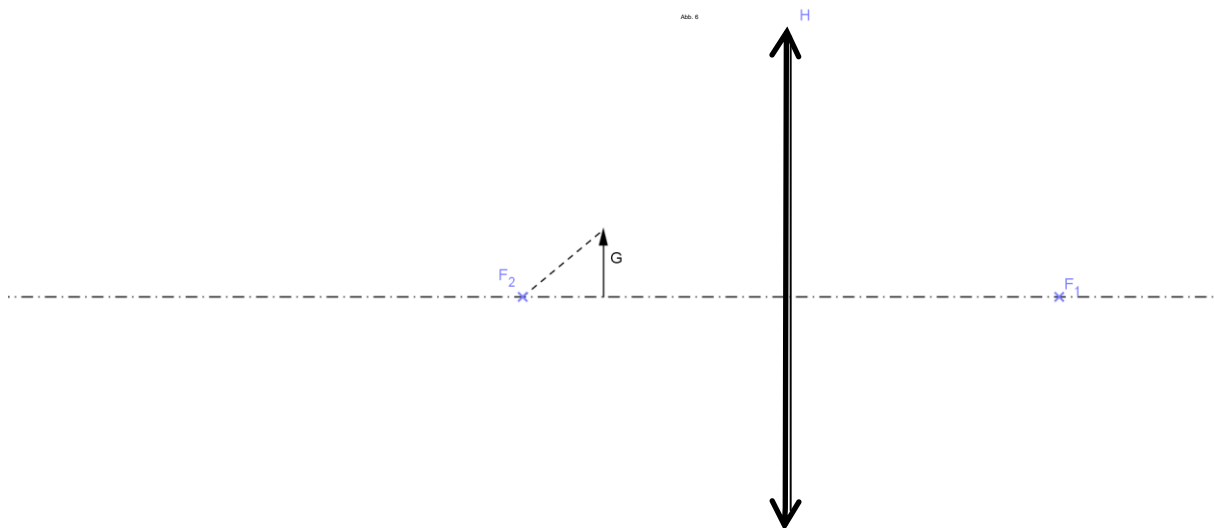
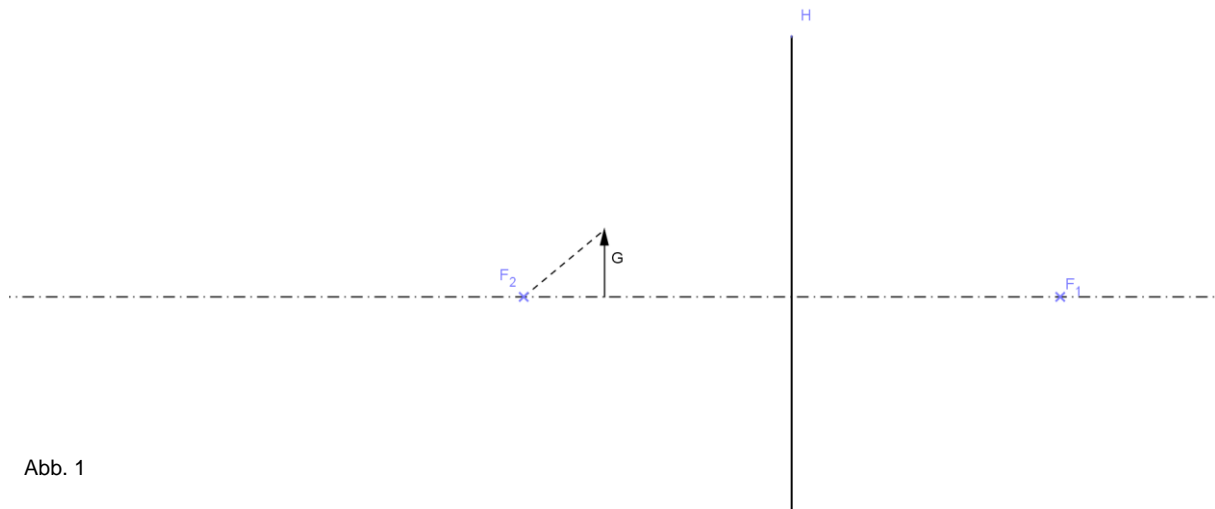


Abb. 1



- f) Vervollständige den Bildfall d) in der Tabelle aus Aufgabenblatt 4.
- g) Was unterscheidet dieses Bild von den bisherigen Linsenbildern. Warum nennt man dieses Bild „virtuell“ im Gegensatz zu den bisherigen reellen Bildern?
Erläutere: Ein virtuelles Bild kann man nicht auf einem Schirm auffangen.
- h) Beschreibe mit eigenen Worten einen Versuchsaufbau zum virtuellen Bild.
Erläutere die Versuchsskizze (Abb. 2).

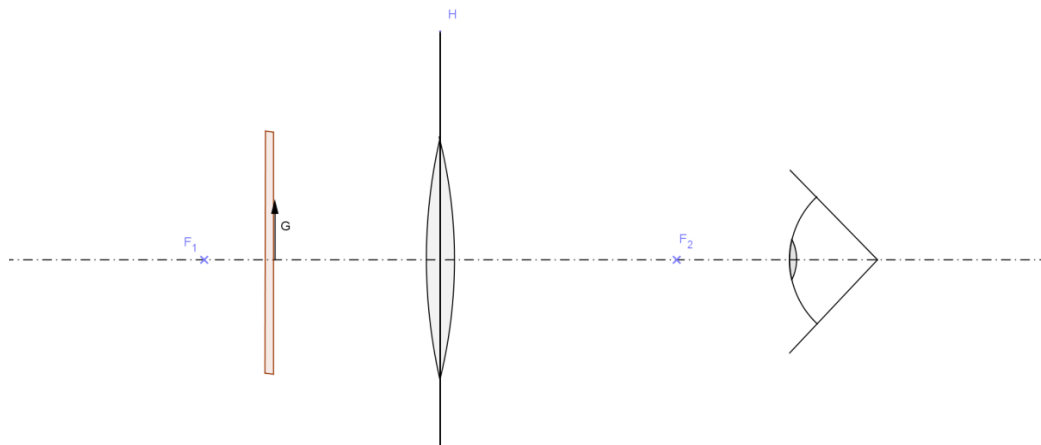
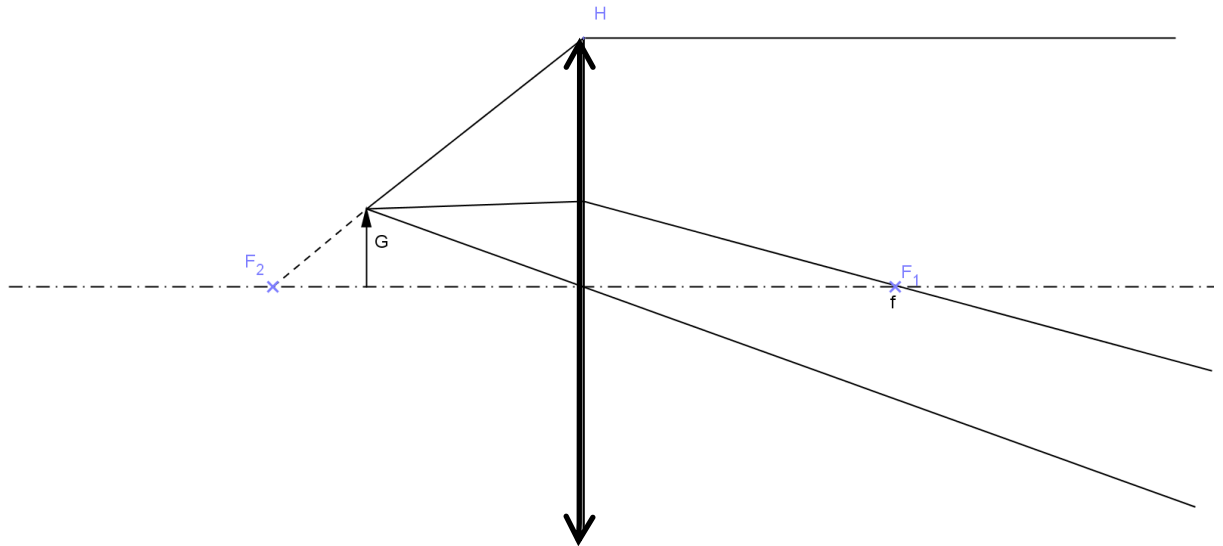


Abb. 2

In der folgenden Konstruktion (Abb. 2) ist zusätzlich ein Strahl eingezeichnet, der so verläuft, dass er „scheinbar“ vom Brennpunkt F_2 ausgeht. Die drei ausgezeichneten Strahlen, die jetzt rechts von der Linse weggehen, laufen auseinander (divergieren), das heißt sie schneiden sich nicht. Es gibt zu G keinen reellen Bildpunkt.

Abb. 2



Verlängern wir diese drei ausgezeichneten Strahlen ab der Linsenmitte nach links mit gestrichelten Linien, dann schneiden sie sich im Bildpunkt B (Abb. 3).

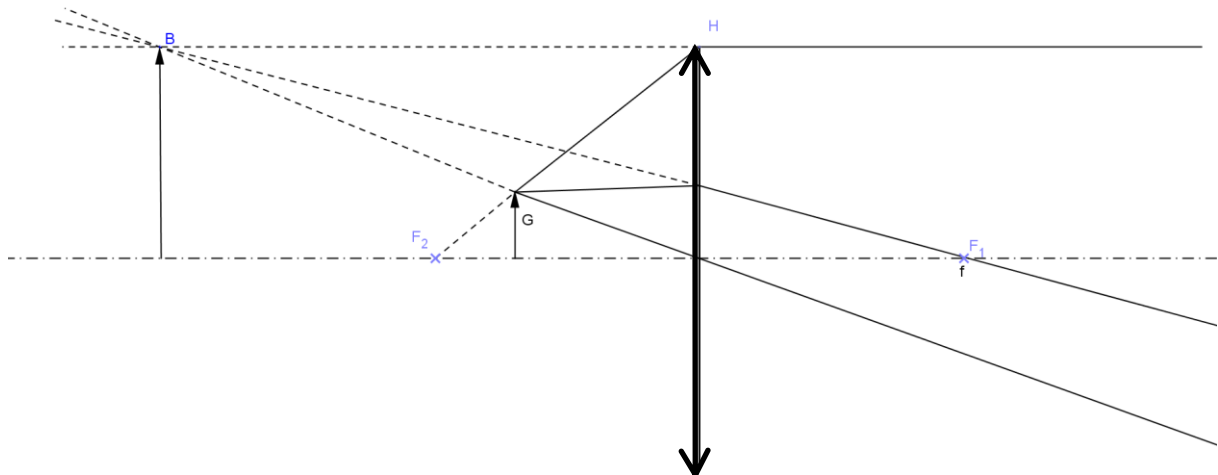


Abb. 3

Während der Kontrollgruppe die Konstruktion weitgehend vorgegeben war (mehr Platzbedarf für vorgegebene Zeichnungen), sollte die Treatmentgruppe die Strahlenkonstruktion in mehreren Schritten bearbeiten und die gegebenen Konstruktionen ergänzen (Arbeit im Heft).

Ein Beobachter, der von rechts auf die Linse schaut, meint die Pfeilspitze von G an der Stelle des Punktes B zu sehen.

Anhand der Konstruktion können wir folgende Abbildungseigenschaften dieses Bildes bestimmen: aufrecht, seitenrichtig und vergrößert.

Da die Strahlen nicht „wirklich“ sondern nur „scheinbar“ vom Punkt B ausgehen, nennt man dieses Bild „virtuell“ im Gegensatz zu den bisherigen reellen Bildern. Virtuelle Bilder kann man nicht auf einem Schirm auffangen.

- a) Vervollständige den Bildfall d) in der Tabelle aus Aufgabenblatt 4.
- b) Beschrifte den folgenden Versuchsaufbau (Abb. 4) zum virtuellen Bild.

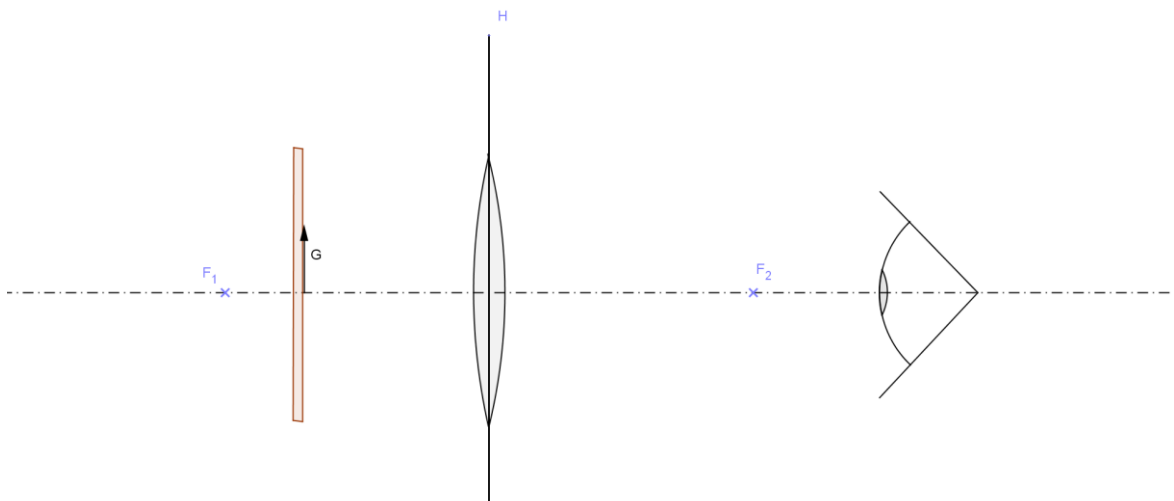


Abb. 4

Aufgabenblatt 6: Übungen zur Bildkonstruktion [Mat9_K1] TG

A1

Ein Gegenstand – dargestellt durch einen Pfeil – steht im Abstand $g = 2f$ vor einer Sammellinse (Abb. 1).

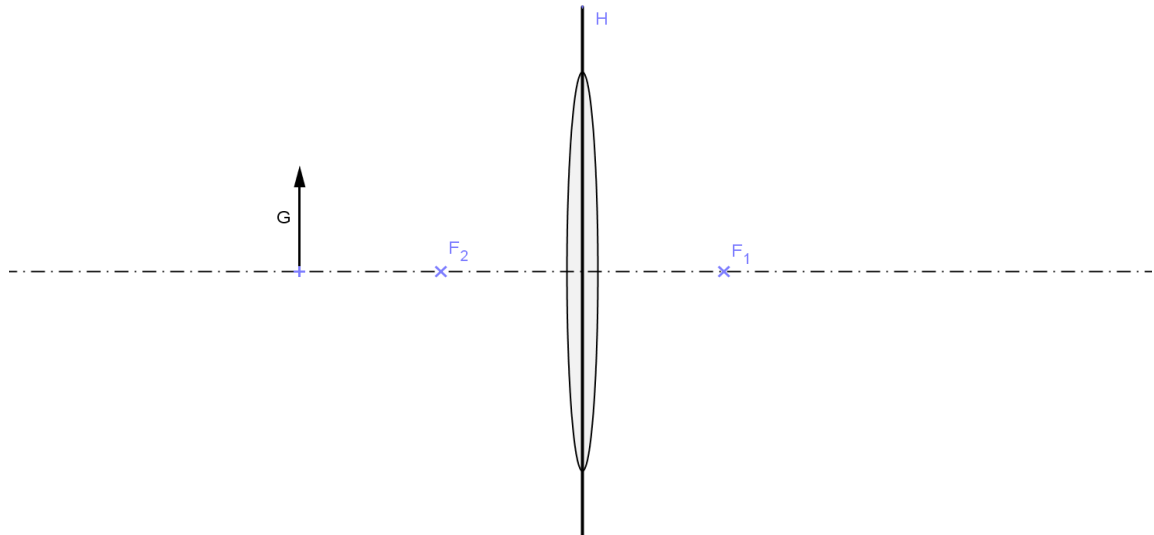


Abb. 1

- a) Wie verändern sich Bildgröße und Lage des Bildes, wenn man den Gegenstand auf die Linse zu schiebt, d.h. g nähert sich f ? Gib die ungefähre Lage und Größe des Bildes in der Abbildung an (ohne Konstruktion) und kennzeichne den Vorgang durch Pfeile.
- b) Welche Abbildungseigenschaften liegen vor, wenn g innerhalb der einfachen Brennweite f liegt (siehe Tabelle)?
- c) Wie verändern sich Bildgröße und Lage des Bildes, wenn man den Gegenstand weiter von der Linse weg schiebt ($g > 2f$)? Gib die ungefähre Lage und Größe des Bildes in der Abbildung an (ohne Konstruktion) und kennzeichne den Vorgang durch Pfeile.
- d) Was passiert, wenn man den Gegenstand sehr weit von der Linse entfernt? Welchem Wert nähert sich die Bildweite?

Aufgabenblatt 6: Übungen zur Bildkonstruktion [Mat9_K2] KG

A1

a) Nadine möchte den Brennpunkt ihrer Lupe (Sammellinse) bestimmen.

Ein brennendes Teelicht (Gegenstandshöhe $G = 2 \text{ cm}$) befindet sich 10 cm vor der Linse (Abb.1).

Mit einer weißen Pappe kann sie das Bild 7 cm hinter der Linse auffangen. Es hat eine Bildgröße von 1,4 cm.

Bestimme den Brennpunkt mit einer Strahlenkonstruktion?

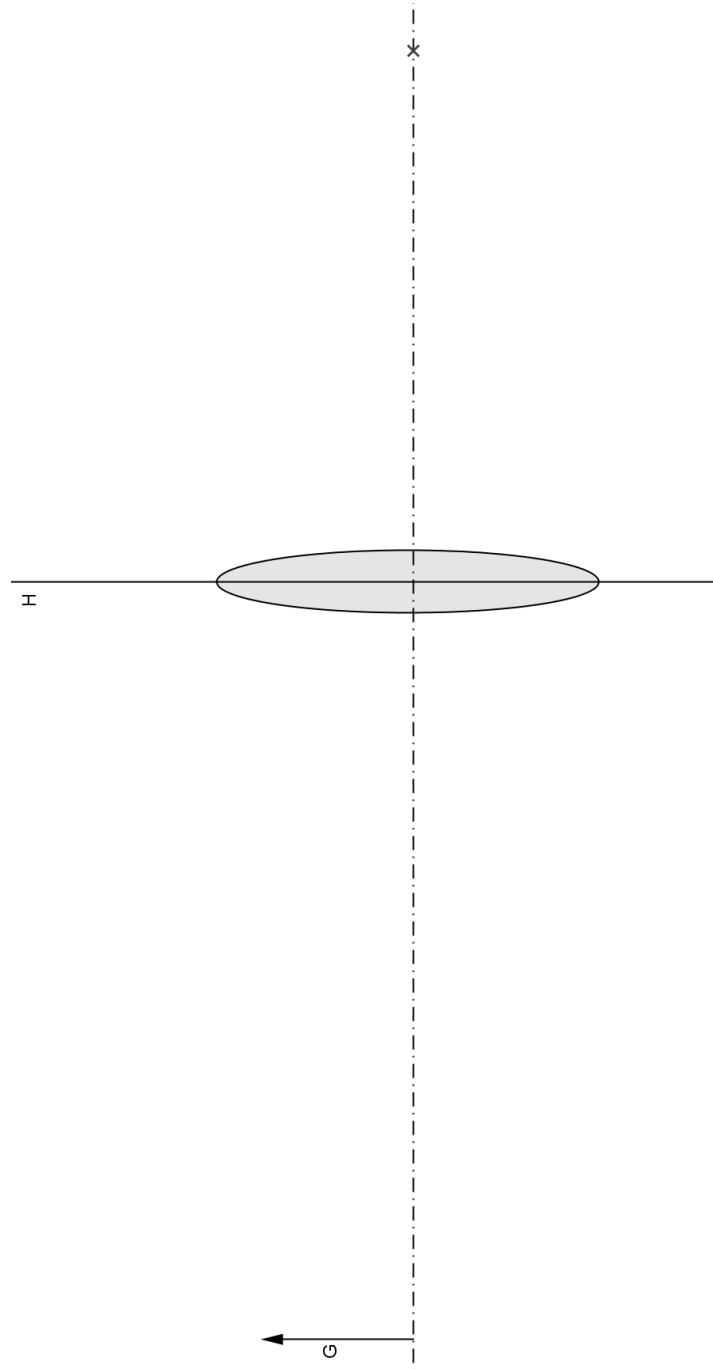


Abb. 1

Während der Kontrollgruppe die Konstruktionen vorgegeben war, (mehr Platz für vorgegebene) Zeichnungen, bearbeitete die Treatmentgruppe an der Strahlenkonstruktion (Arbeit im Heft) und an der Entwicklung eines mentalen Modells (Aufgabenteile a-d).

Die Kontrollgruppe arbeitete parallel dazu an zwei Strahlenkonstruktionen. In der ersten Aufgabe konstruierte die Kontrollgruppe das Bild eines vergrößerten selbstleuchtenden Gegenstands; die zweiten Aufgabe enthielt ein Transferproblem: hier waren die Werte der physikalischen Größen des Bildes gegeben. Mit Hilfe der Strahlenkonstruktion sollte der Brennpunkt bestimmt werden.

- b) 6 cm vor einer Sammellinse steht ein Gegenstand mit der Größe von 2 cm. Die Linse hat eine Brennweite von 4 cm. Bestimme durch Zeichnung Ort und Größe des Bildes (Abb. 2).

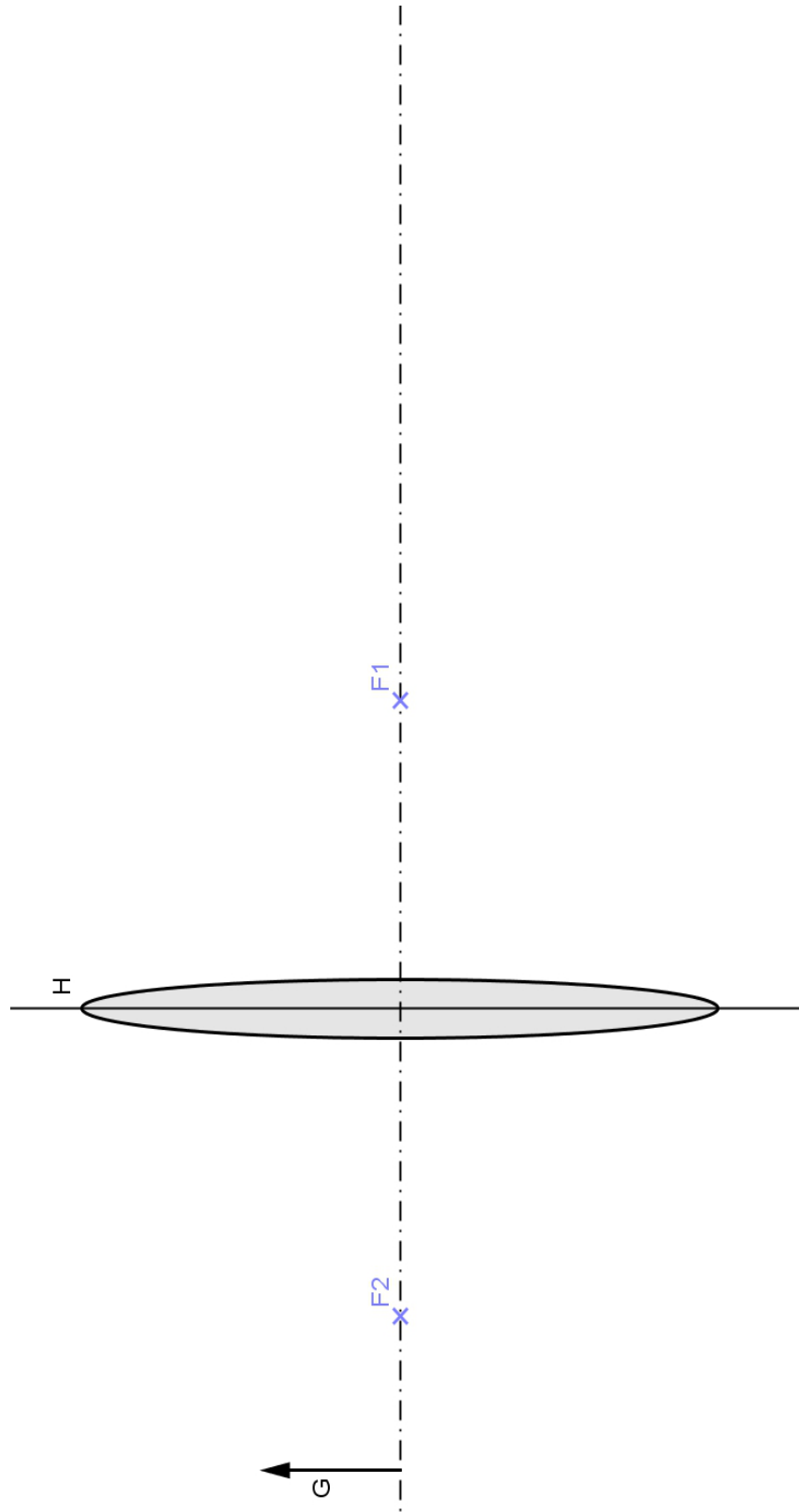


Abb. 2

Aufgabenblatt 7: Wiederholung zur Bildkonstruktion [Mat10_K1] TG

Schüler-Nr. _____

Datum _____

Aufgabenblatt 7 wurde zwecks Datenerhebung in der Treatment- und in der Kontrollgruppe eingesammelt, um Einblick in den Umgang mit unterschiedlichen Repräsentationen während des Lernprozesses zu erhalten.

A1

In welchen physikalisch wichtigen Punkten stimmt der folgende Strahlengang (Abb. 2) nicht mit dem Versuchsaufbau (Abb. 1) überein?

Kreuze in beiden Abbildungen an und Begründe!

Tipp: Die Linsengröße ist hier unwichtig.

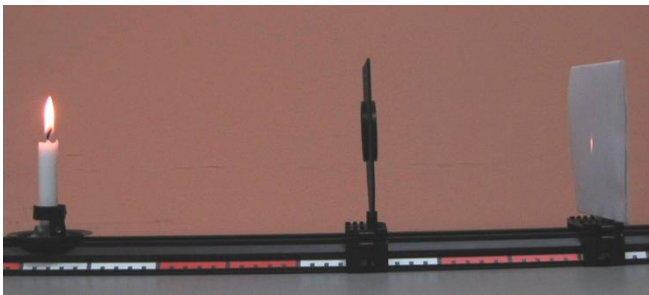


Abb. 1

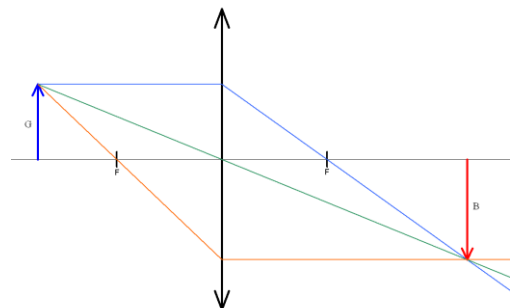


Abb. 2

Begründung:

Aufgabenblatt 7: Wiederholung zur Bildkonstruktion [Mat10_K2] KG

Schüler-Nr. _____

Datum _____

Aufgabenblatt 7 wurde zwecks Datenerhebung in der Treatment- und in der Kontrollgruppe eingesammelt, um Einblick in den Umgang mit unterschiedlichen Repräsentationen während des Lernprozesses zu erhalten.

A1

In welchen physikalisch wichtigen Punkten stimmt der folgende Strahlengang (Abb. 2) nicht mit dem Versuchsaufbau (Abb. 1) überein?

Kreuze in beiden Abbildungen an und Begründe!

Tipp: Die Linsengröße ist hier unwichtig.

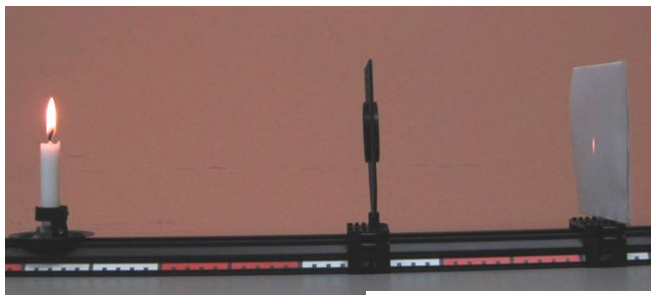


Abb. 1

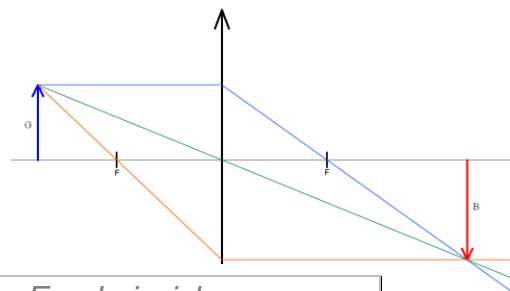


Abb. 2

Lösung für Schüler zur Ergebnissicherung

Begründung:

Schüler-Nr. _____

Datum _____

A2

- a) Kannst Du auch ein Bild konstruieren, wenn man anstelle einer großen Sammellinse eine deutlich kleinere Linse mit gleicher Brennweite verwendet (siehe Abbildung unten)?
Verdeutliche Deine Überlegungen mit einer Zeichnung (Abb. 3).

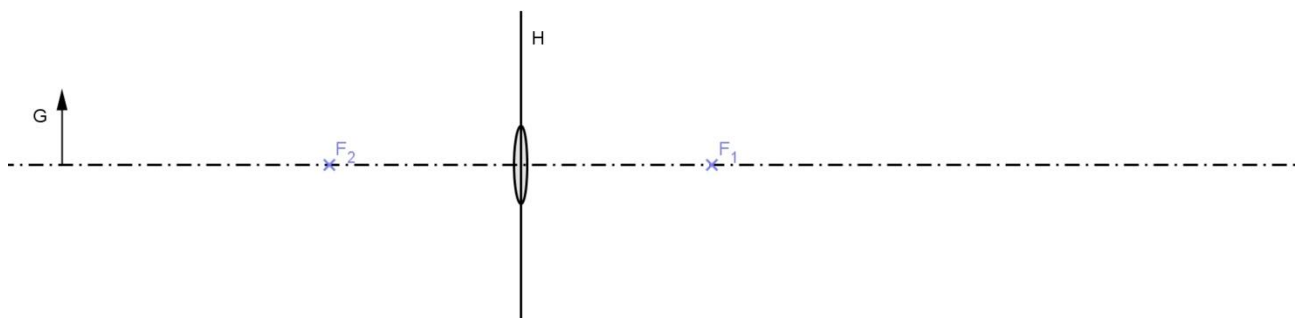


Abb. 3

Schüler-Nr. _____

Datum _____

A2

Warum kannst Du auch ein Bild konstruieren, wenn man anstelle einer großen Sammellinse eine deutlich kleinere Linse mit gleicher Brennweite verwendet (Abb. 3)?

Begründe:

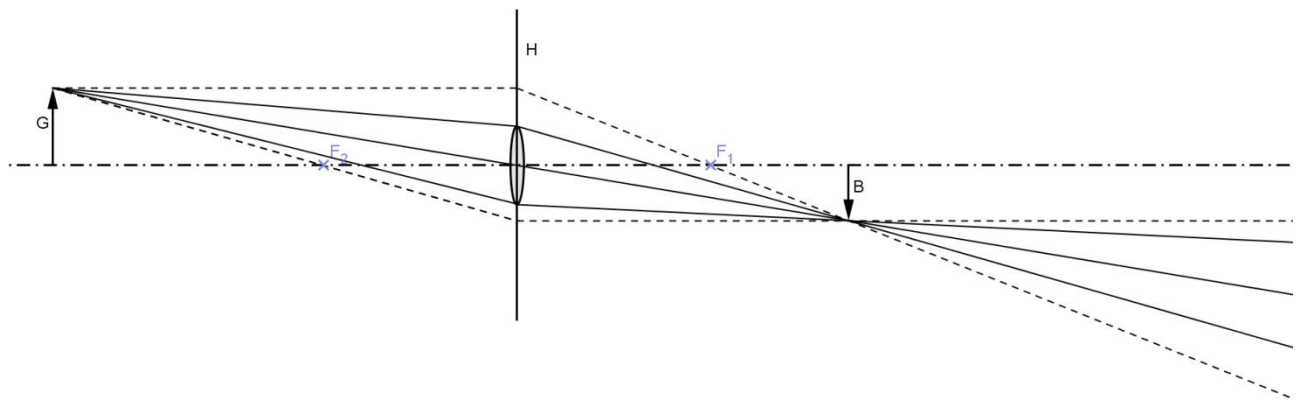


Abb. 3

Die Konstruktionsmethode führt also auch dann noch zum Ziel, wenn der Gegenstand, der abgebildet werden soll, viel größer ist als die Linse.

Schüler-Nr. _____

Datum _____

b) Vervollständige die Konstruktion (Abb. 4).

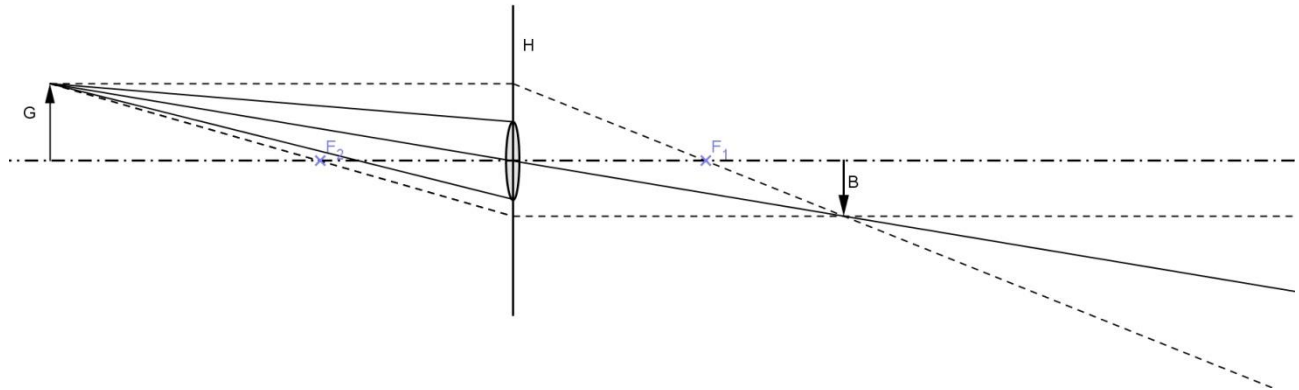


Abb. 4

Warum ist es möglich, auch dann noch ein Bild zu konstruieren, wenn man anstelle einer großen Sammellinse eine deutlich kleinere Linse mit gleicher Brennweite verwendet?

Erläutere anhand Abbildung 4:

Im Gegensatz zur Treatmentgruppe erhielt die Kontrollgruppe die Abbildung inklusive vollständiger Strahlenkonstruktion und sollte die Frage beantworten, warum es jeweils möglich ist, unter den gegebenen Bedingungen (Linse < Gegenstand), das Bild zu konstruieren.

Im Gegensatz zur Treatmentgruppe wurde die Kontrollgruppe nicht aufgefordert, mit der Konstruktion selbst zu operieren.

Die Aufgabe, beide Repräsentationen aufeinander zu beziehen, bestand zwar auch in der Kontrollgruppe; die zentrale graphische Repräsentation war der Kontrollgruppe jedoch vorgegeben.

Schüler-Nr. _____

Datum _____

A3

- a) Kannst Du noch das Bild einer Kerze (hier als Pfeil dargestellt) konstruieren, wenn man entsprechend der Abbildung die obere Hälfte der Sammellinse abdeckt? Verdeutliche Deine Überlegungen mit einer Zeichnung (Abb. 5).

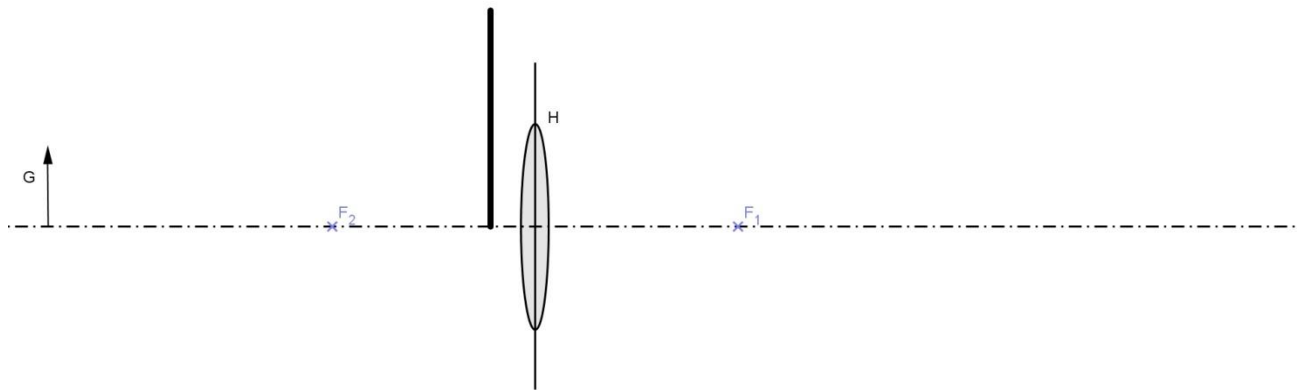


Abb. 5

Schüler-Nr. _____

Datum _____

A3

Was passiert mit dem Bild auf dem Schirm, wenn man entsprechend der Abbildung die obere Hälfte der Sammellinse abdeckt (Abb. 4)?

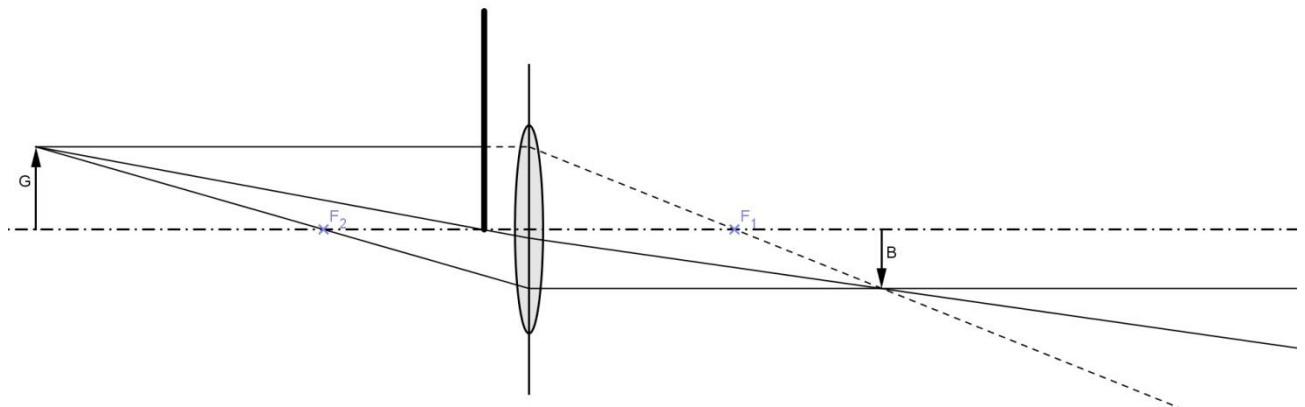


Abb.4

Schüler-Nr. _____

Datum _____

b) Vervollständige die Konstruktion (Abb. 6).

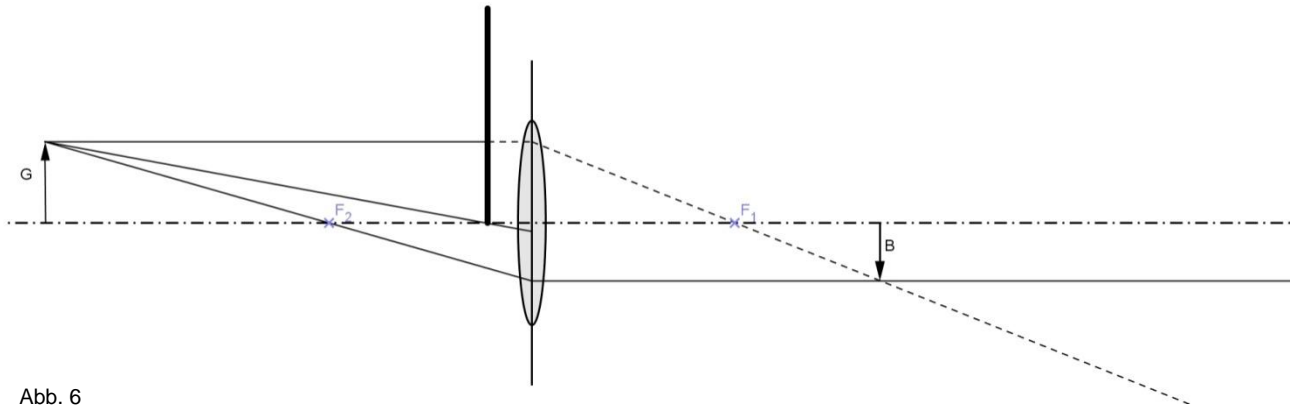


Abb. 6

Was passiert mit dem Bild, wenn man entsprechend der Abbildung die obere Hälfte der Sammellinse abdeckt? Erläutere anhand der Abbildung oben:

Im Gegensatz zur Treatmentgruppe erhielt die Kontrollgruppe die Abbildung inklusive vollständiger Strahlenkonstruktion und sollte die Frage beantworten, warum es jeweils möglich ist, unter den gegebenen Bedingungen (Abdeckung der oberen Linsenhälfte), das Bild zu konstruieren.

Im Gegensatz zur Treatmentgruppe wurde die Kontrollgruppe nicht aufgefordert, mit der Konstruktion selbst zu operieren.

Die Aufgabe, beide Repräsentationen aufeinander zu beziehen, bestand zwar auch in der Kontrollgruppe; die zentrale graphische Repräsentation war der Kontrollgruppe jedoch vorgegeben.

Lösungen für Aufgabenblatt 7: Wiederholung zur Bildkonstruktion - [Mat11_K1] TG

A1

In welchen physikalisch wichtigen Punkten stimmt der folgende Strahlengang (Abb. 1) nicht mit dem Versuchsaufbau (Abb. 2) überein?

Kreuze in beiden Abbildungen an und Begründe!

Tipp: Die Linsengröße ist hier unwichtig.

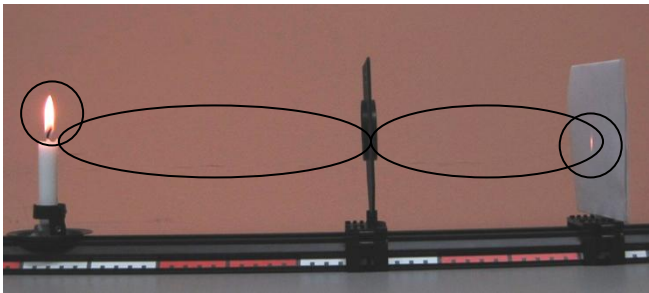


Abb. 1

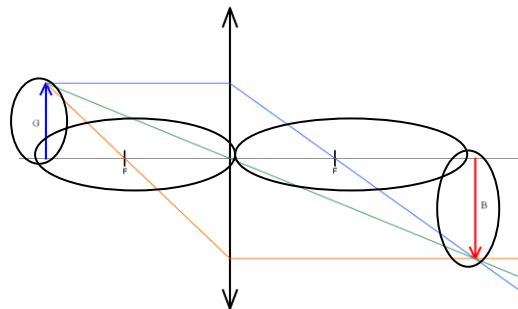


Abb. 2

Begründung:

Im Versuch ist $g > b$ und das Bild ist verkleinert. In der Strahlenkonstruktion ist $g < b$ und das Bild ist vergrößert.

Lösungen für Aufgabenblatt 7: Wiederholung zur Bildkonstruktion - [Mat11_K2] KG

A1

In welchen physikalisch wichtigen Punkten stimmt der folgende Strahlengang (Abb. 2) nicht mit dem Versuchsaufbau (Abb. 1) überein?

Kreuze in beiden Abbildungen an und Begründe!

Tipp: Die Linsengröße ist hier unwichtig.

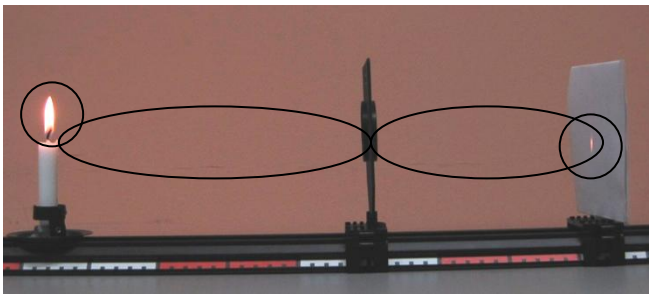


Abb. 1

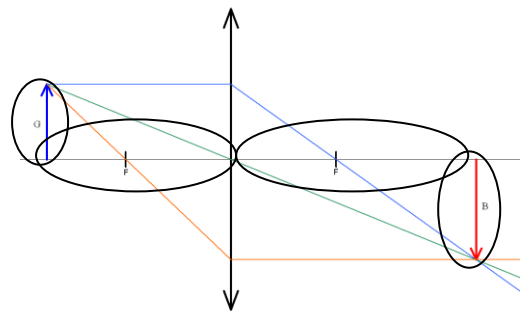


Abb. 2

Begründung:

Im Versuch ist $g > b$ und das Bild ist verkleinert. In der Strahlenkonstruktion ist $g < b$ und das Bild ist vergrößert.

A2

- a) Kannst Du auch ein Bild konstruieren, wenn man anstelle einer großen Sammellinse eine deutlich kleinere Linse mit gleicher Brennweite verwendet (siehe Abbildung unten)?
Verdeutliche Deine Überlegungen mit einer Zeichnung (Abb. 3).

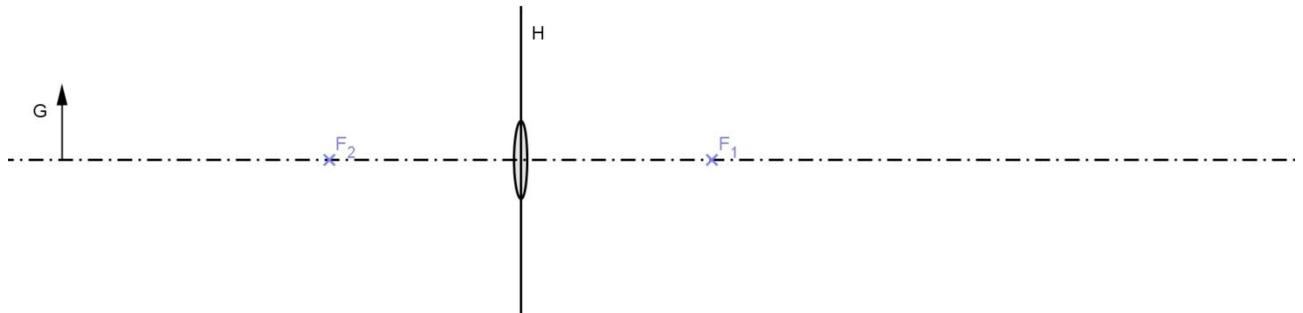


Abb. 3

Ja, man kann ein Bild konstruieren, hierzu verwendet man einfach die Linsenmitte der gezeichneten Linse und ihre Brennpunkte. Unter diesen Vorgaben verwendet man die ausgezeichneten Strahlen jedoch nur zur Bildkonstruktion „pro forma“. Von den Strahlen, welche die Linsenoberfläche erreichen, weiß man dann, dass sie zu den konstruierten Bildpunkten hin gebrochen werden.

A2

Warum kannst Du auch ein Bild konstruieren, wenn man anstelle einer großen Sammellinse eine deutlich kleinere Linse mit gleicher Brennweite verwendet (Abb. 3)?

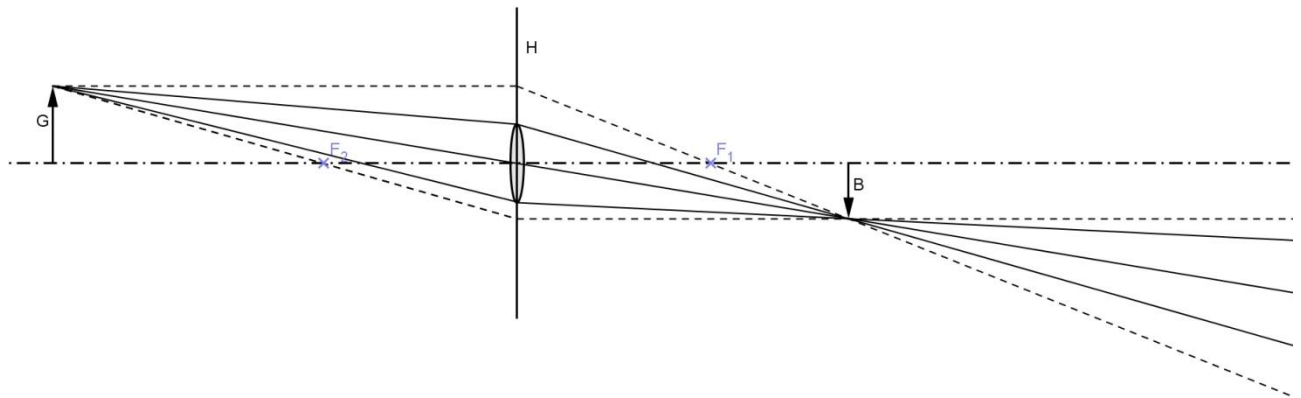


Abb. 3

Begründung:

Zur Bildkonstruktion verwendet man einfach die Linsenmitte der gezeichneten Linse und ihre Brennpunkte. Auch wenn es diese Strahlen so nicht gibt kennt man ihren möglichen Verlauf. Unter diesen Vorgaben verwendet man die ausgezeichneten Strahlen jedoch nur zur Bildkonstruktion „pro forma“. Von den Strahlen, welche die Linsenoberfläche erreichen, weiß man dann, dass sie zu den konstruierten Bildpunkten hin gebrochen werden.

Die Konstruktionsmethode führt also auch dann noch zum Ziel, wenn der Gegenstand, der abgebildet werden soll, viel größer ist als die Linse.

b) Vervollständige die Konstruktion (Abb. 4).

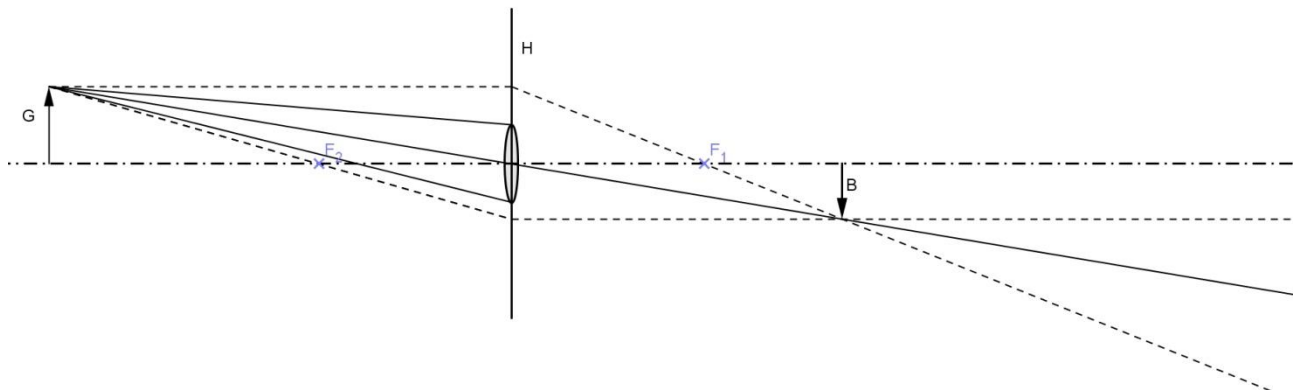
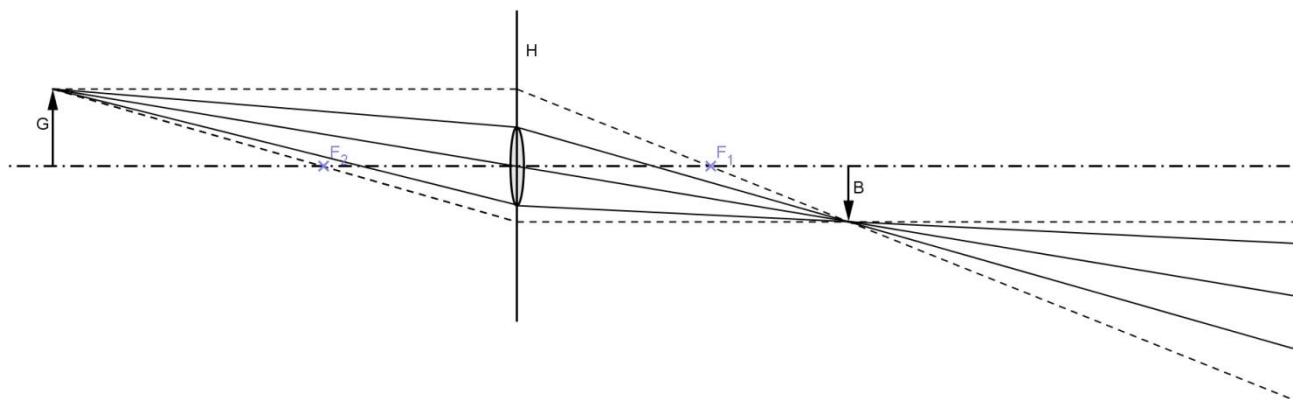


Abb. 4

Lösung :



Warum ist es möglich, auch dann noch ein Bild zu konstruieren, wenn man anstelle einer großen Sammellinse eine deutlich kleinere Linse mit gleicher Brennweite verwendet?

Erläutere anhand Abbildung 4:

Zur Bildkonstruktion verwendet man einfach die Linsenmitte der gezeichneten Linse und ihre Brennpunkte. Auch wenn es diese Strahlen so nicht gibt kennt man ihren möglichen Verlauf. Von den beiden Randstrahlen, die die Linsenoberfläche gerade noch erreichen, weiß man dann, dass sie zu dem konstruierten Bildpunkt hin gebrochen werden.

Siehe Erläuterungen der Aufgabenstellung

A3

- a) Kannst Du noch das Bild einer Kerze (hier als Pfeil dargestellt) konstruieren, wenn man entsprechend der Abbildung die obere Hälfte der Sammellinse abdeckt? Verdeutliche Deine Überlegungen mit einer Zeichnung (Abb. 5).

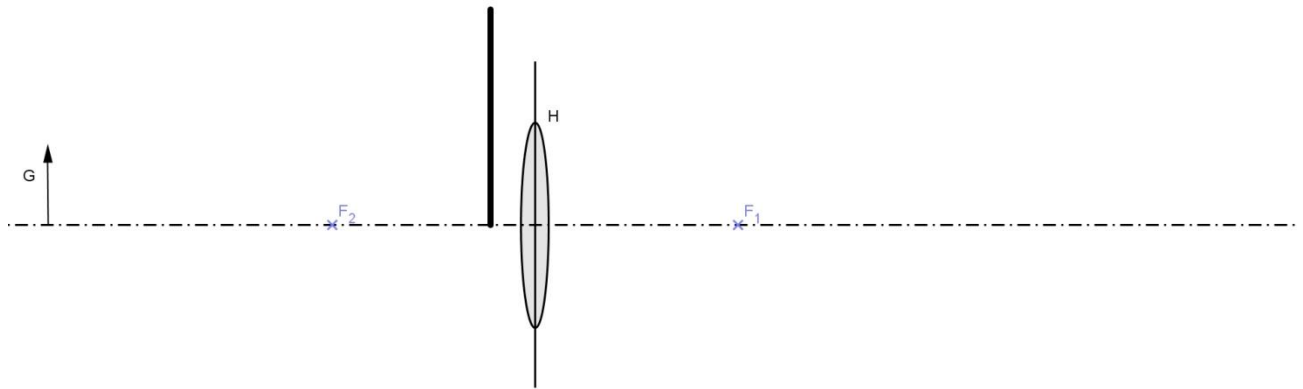


Abb. 5

Ja, auch in diesem Fall kann man ein Bild konstruieren. Hierzu verwendet man die Linsenmitte der gezeichneten Linse und ihre Brennpunkte, so als ob die Abdeckung nicht vorhanden wäre. Von den Strahlen, welche die Linsenoberfläche erreichen, weiß man dann, dass sie zu dem konstruierten Bildpunkt hin gebrochen werden. Das heißt, man erhält auch in diesem Fall ein vollständiges Bild, das nur etwas dunkler ist.

A3

Was passiert mit dem Bild auf dem Schirm, wenn man entsprechend der Abbildung die obere Hälfte der Sammellinse abdeckt (Abb. 4)?

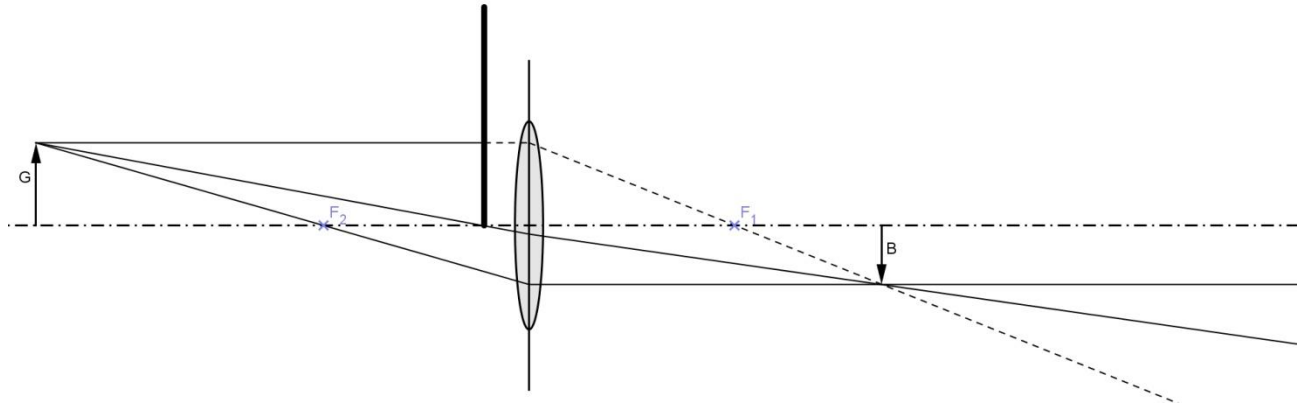


Abb.4

Auch in diesem Fall kann man also ein Bild konstruieren. Hierzu verwendet man die Linsenmitte der gezeichneten Linse und ihre Brennpunkte, so als ob die Abdeckung nicht vorhanden wäre. In der Konstruktion sind zwei ausgezeichnete Strahlen eingezeichnet. Der Achsenparallelstrahl ist hinter der Abdeckung gestrichelt gezeichnet, so als ob die Abdeckung nicht vorhanden wäre. Von dem mittleren Strahl, der die Linsenoberfläche gerade noch erreicht weiß man, dass er zu dem konstruierten Bildpunkt hin gebrochen wird. Das heißt, man erhält auch in diesem Fall ein vollständiges Bild, das nur etwas dunkler ist.

b) Vervollständige die Konstruktion (Abb. 6).

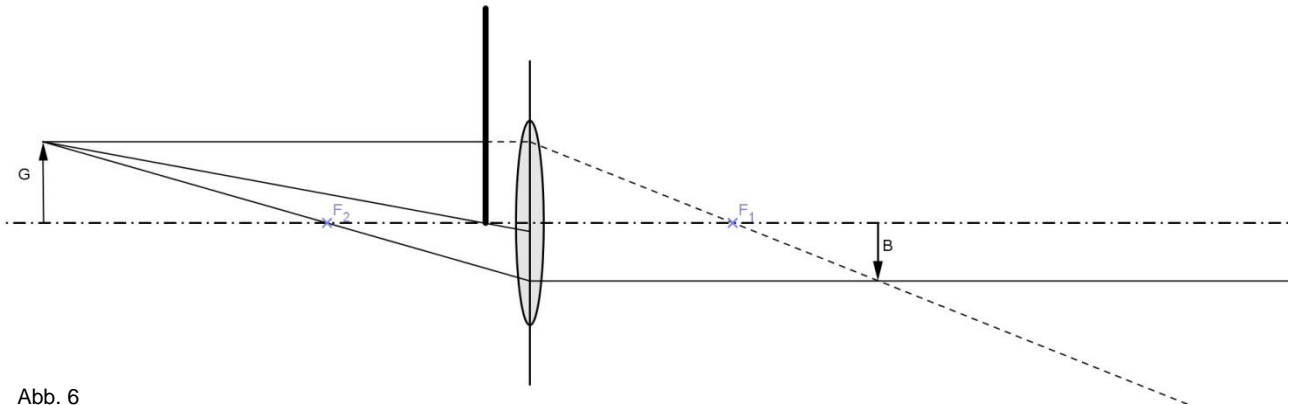
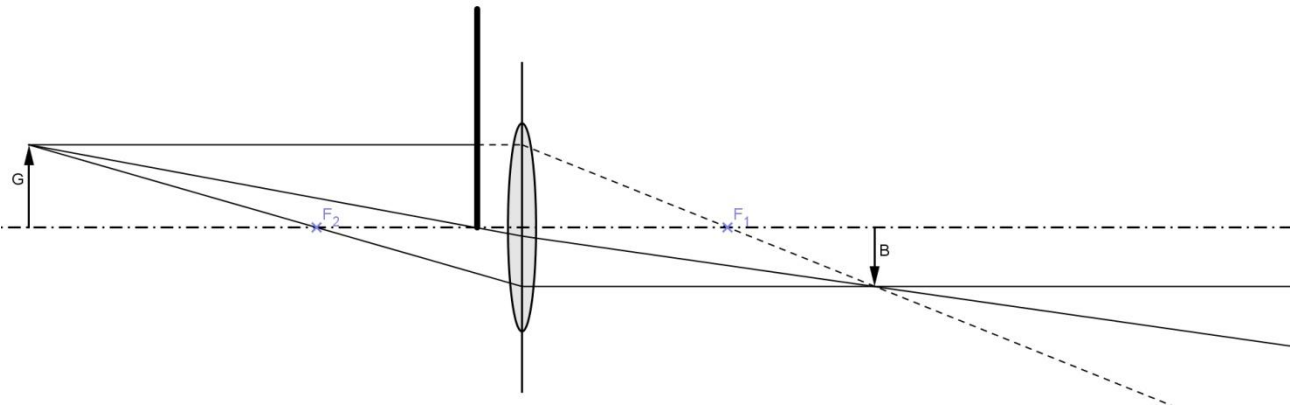


Abb. 6

Lösung:



Was passiert mit dem Bild, wenn man entsprechend der Abbildung die obere Hälfte der Sammellinse abdeckt? Erläutere anhand der Abbildung oben:

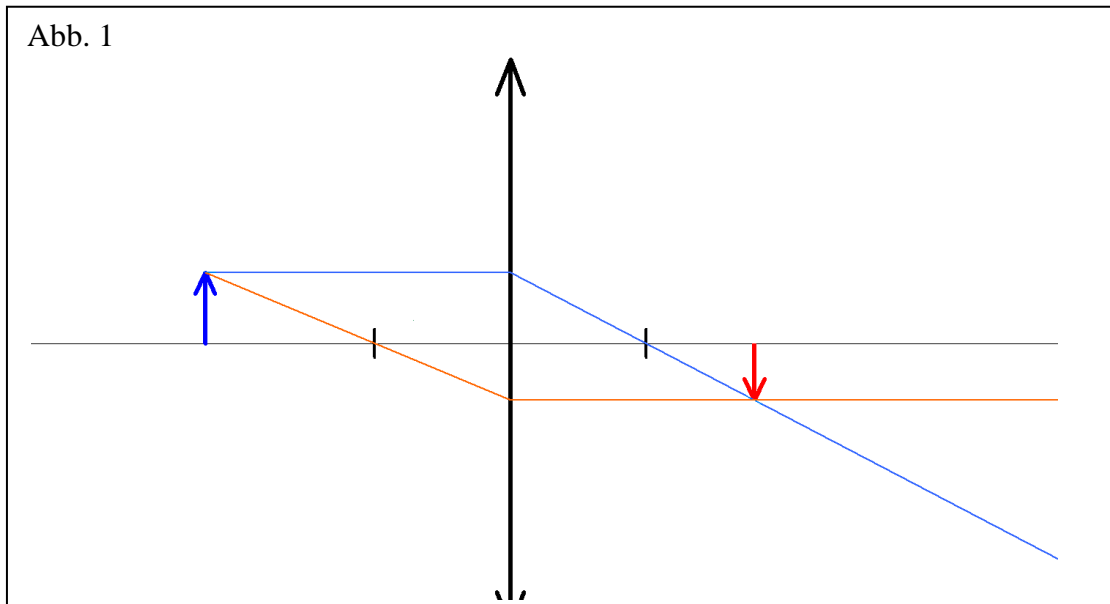
In dieser Konstruktion sind zwei ausgezeichnete Strahlen eingezeichnet. Der Parallelstrahl ist hinter der Abdeckung gestrichelt gezeichnet, so als ob die Abdeckung nicht vorhanden wäre. Von dem mittleren Strahl, der die Linsenoberfläche gerade noch erreicht weiß man, dass er zu dem konstruierten Bildpunkt hin gebrochen wird.

Siehe Erläuterungen der Aufgabenstellung

Aufgabenblatt 8: Die Abbildungsgleichung bei der Sammellinse [Mat12_K1] TG

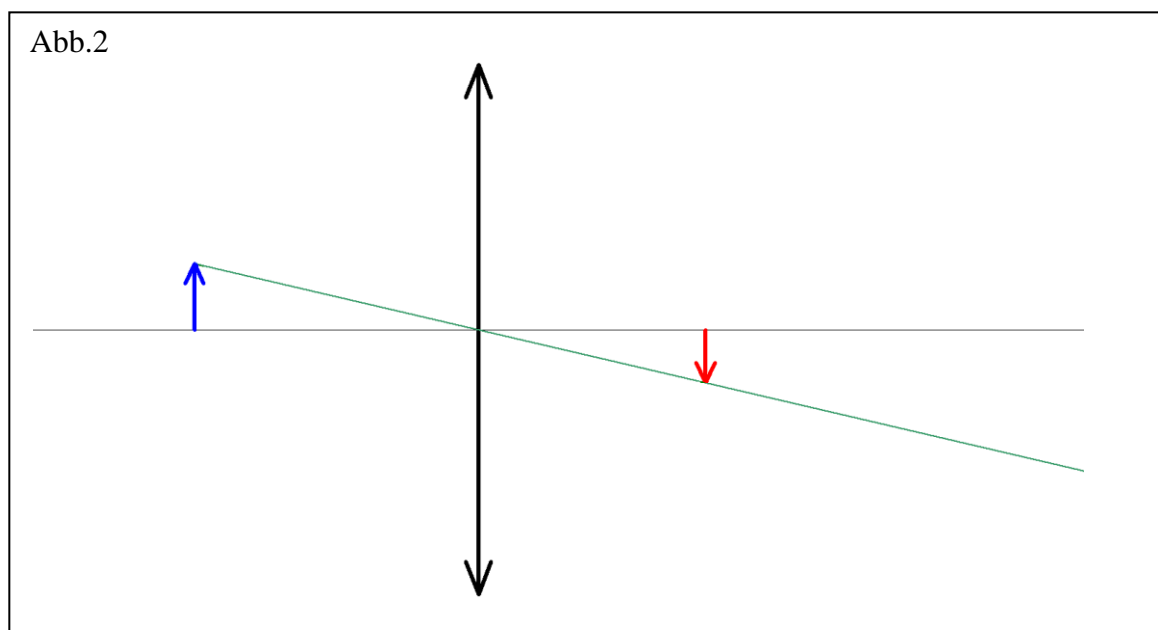
Zeichne in die Abbildung 1 den Verlauf des Mittelpunktstrahles ein und beschrifte die Abbildung mit den Dir bekannten Größen.

Wenn wir einen vollständigen Strahlengang betrachten, finden wir viele Dreiecke in der Abbildung 1.



Bleiben nur Gegenstand, Bild und Mittelpunktstrahl, erkennt man, dass zwei Dreiecke den Mittelpunktstrahl als längste Seite haben.

Zeichne die beiden Dreiecke, welche den Mittelpunktstrahl als längste Seite haben, in die Abbildungen 1 und 2 grün ein! Beschrifte die Seiten der beiden Dreiecke mit Fachbegriffen aus dem Bereich Optik!



Aufgabenblatt 8: Die Abbildungsgleichung bei der Sammellinse **[Mat12_K2] KG**

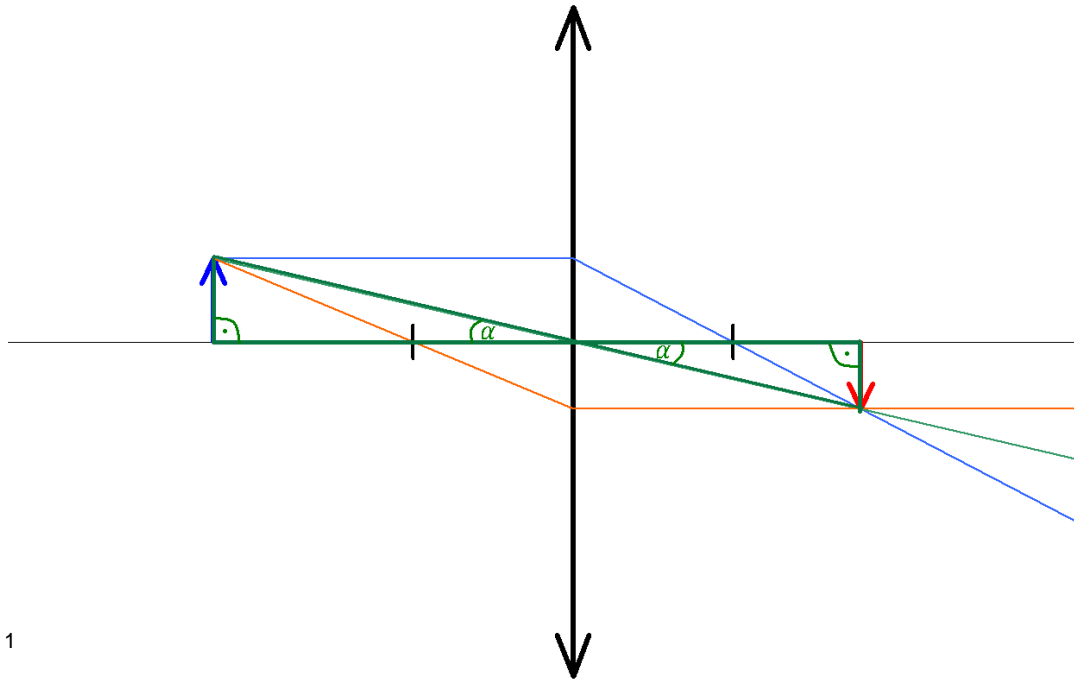


Abb. 1

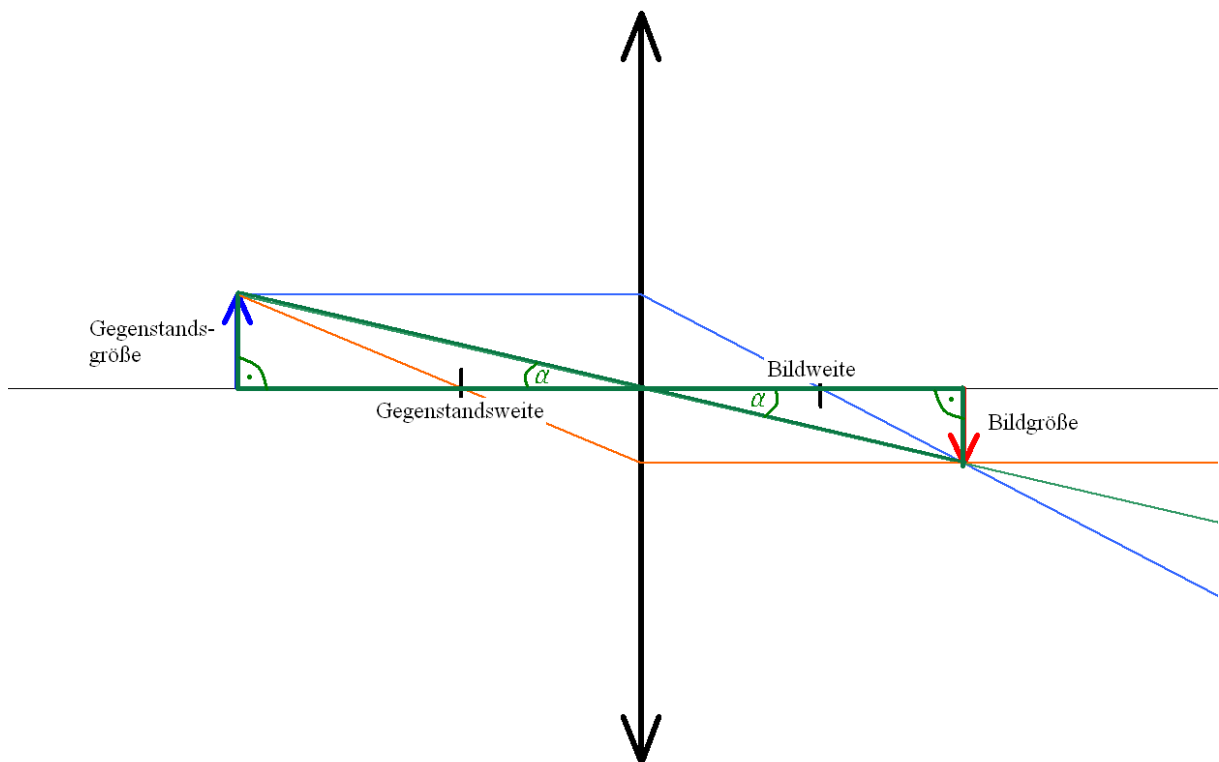


Abb. 2

Vergleiche die Winkel der beiden Dreiecke!

Beschrifte gleiche Winkel jeweils mit den gleichen griechischen Buchstaben (α , β , γ).

Könnte man das kleine Dreieck gleichmäßig so vergrößern, dass es mit dem großen übereinstimmt?

Welche Schlussfolgerung ergibt sich für die Seitenverhältnisse der Dreiecke?

Die Seitenverhältnisse „Bildgröße geteilt durch Gegenstandsgröße“ und „Bildweite geteilt durch Gegenstandsweite“ sind folglich _____.

Merksatz

Das Seitenverhältnis „Bildgröße geteilt durch Gegenstandsgröße“ nennt man auch Abbildungsmaßstab (A).

Drücke die Seitenverhältnisse als Wortgleichung aus:

_____ = _____

Ersetze die Fachbegriffe der Formel nun durch ihre Abkürzungen:

_____ = _____

Merksatz

Drücke den Abbildungsmaßstab A als Formel aus:

$A =$ _____

Diese Formel nennt man „Abbildungsgesetz“.

Drücke die Seitenverhältnisse als Wortgleichung aus:

_____ = _____

Ersetze die Fachbegriffe der Formel nun durch ihre Abkürzungen:

_____ = _____

Merksatz

Drücke den Abbildungsmaßstab A als Formel aus:

$A =$ _____

Diese Formel nennt man „Abbildungsgesetz“.

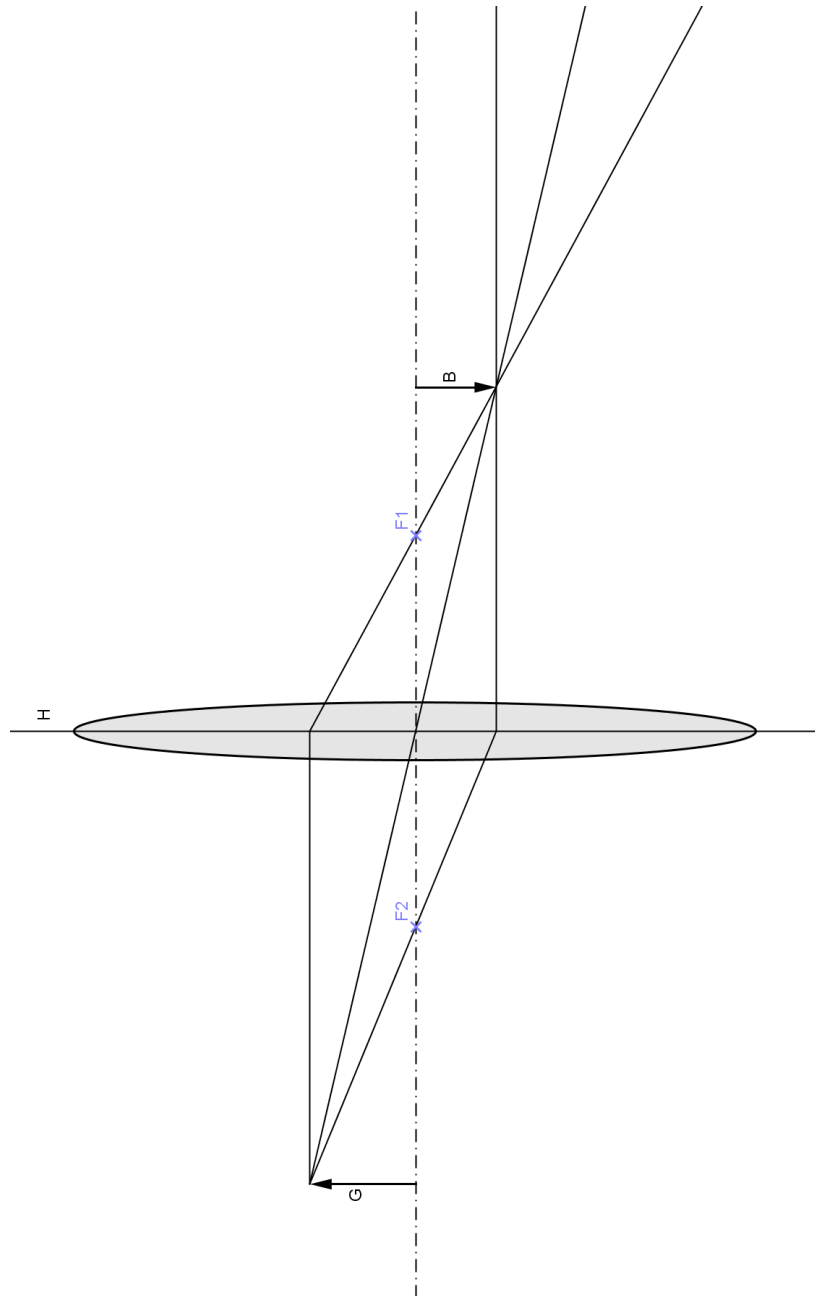
Übung zur Abbildungsgleichung

Luise hat mit einer Sammellinse ein Bild erzeugt. Sie hat folgende Werte gemessen:

$g = 6 \text{ cm}$; $b = 4,5 \text{ cm}$ und $G = 1,4 \text{ cm}$.

Ermittle B durch Rechnung.

Überprüfe, ob das Ergebnis deiner Rechnung mit der Konstruktion übereinstimmt (Abb. 3).



Übung zur Abbildungsgleichung

Luise hat mit einer Sammellinse ein Bild erzeugt. Sie hat folgende Werte gemessen:

$g = 6 \text{ cm}$; $b = 4,5 \text{ cm}$ und $G = 1,4 \text{ cm}$.

Ermittle B durch Rechnung.

Aufgabenblatt 9: Übungen zur Abbildungsgleichung und zur Bildkonstruktion [Mat13_K1] TG

A1

Begründe jeweils Deine Antwort:

- iv. Welcher Beobachter (A, B, C) kann das Bild der Kerze sehen, wenn Max einen undurchsichtigen Schirm, z.B. ein weißes Stück Pappe, an der Position S aufstellt?
- v. Welcher Beobachter (A, B, C) kann das Bild der Kerze sehen, wenn Maren die Pappe gegen einen transparenten weißen Schirm vertauscht?
- vi. Welcher Beobachter (A, B, C) kann das Bild der Kerze bei einer Versuchsanordnung ohne Schirm sehen?

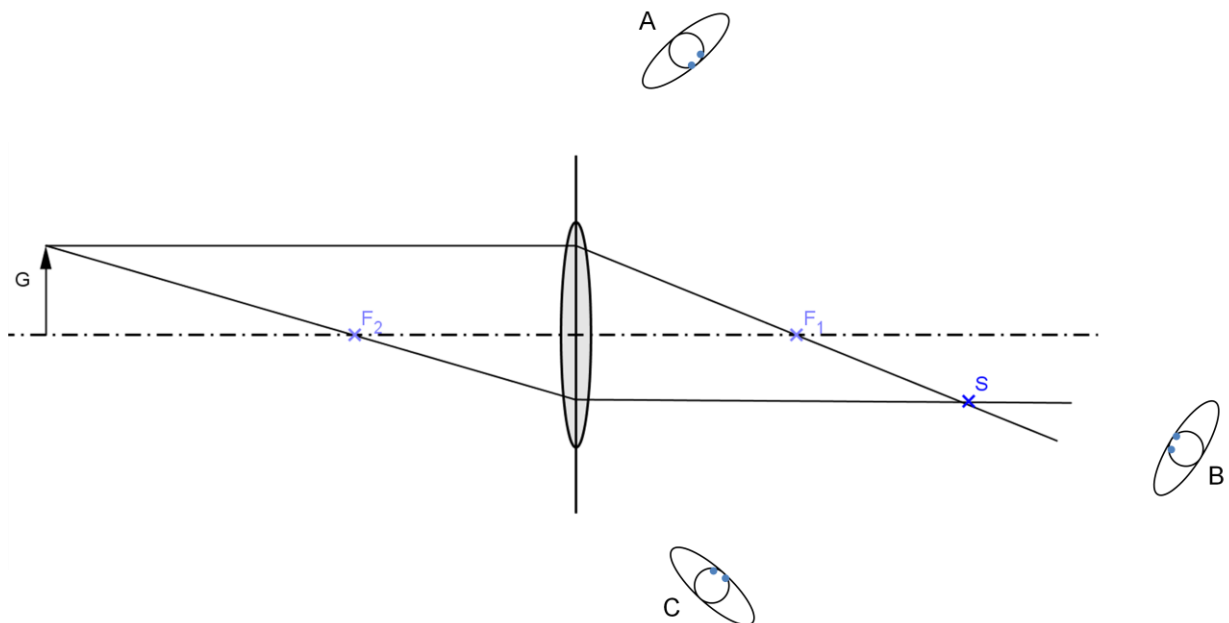


Abb. 1

Aufgabenblatt 9: Übungen zur Abbildungsgleichung und zur Bildkonstruktion [Mat13_K2] KG

A1

- a) Wo entsteht das Bild der Kerze (Abb. 1)?
- b) Ist es möglich das Bild der Kerze (hier dargestellt durch einen Pfeil) bei einer Versuchsanordnung ohne Schirm zu sehen?
Wenn nein, warum nicht?
Wenn ja, warum?

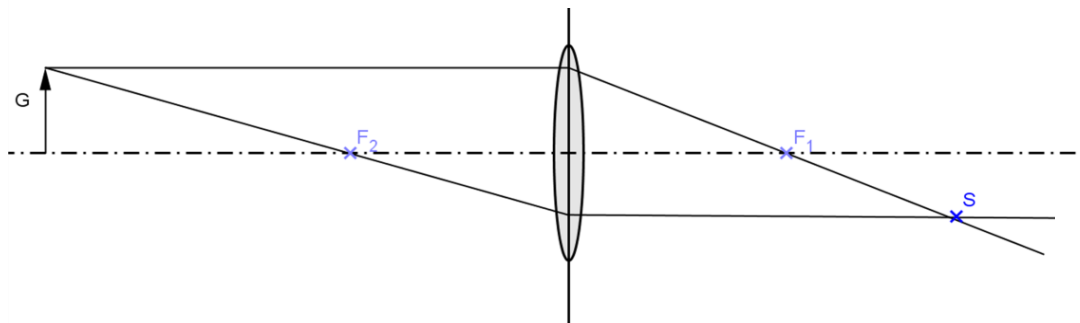


Abb. 1

A2

- a) Konstruiere das Bild der Kerze (hier dargestellt durch einen Pfeil) und bestimme die Bildgröße durch Konstruktion (Abb. 2)!

Hinweis: Die Linse ist durch die Linsenmitte (H) dargestellt.

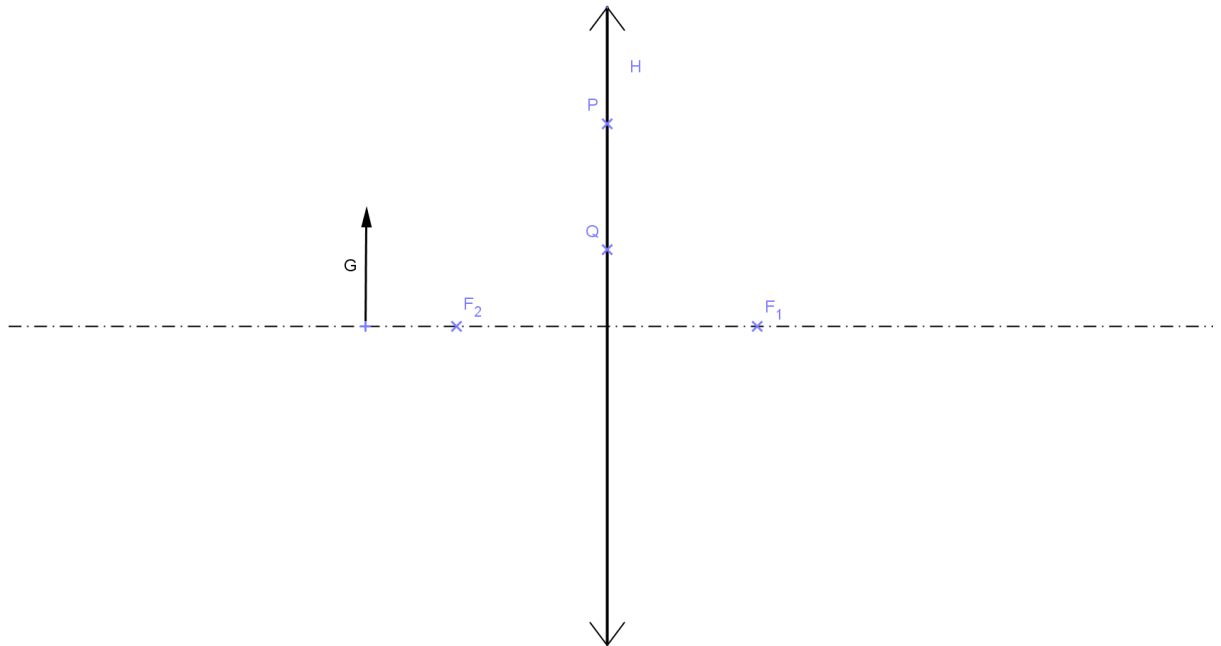


Abb. 2

- h) Bestimme den Abbildungsmaßstab!
- i) Welche Abbildungseigenschaften treffen zu:
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> seitenrichtig | <input type="checkbox"/> seitenverkehrt |
| <input type="checkbox"/> vergrößert | <input type="checkbox"/> verkleinert |
- j) Zeichne folgende Strahlen ein:
- Strahl, der von der Kerzenspitze ausgeht und in dem Punkt P auf der Linsenmitte auftrifft und
 - Strahl, der von der Kerzenspitze ausgeht und in dem Punkt Q auf der Linsenmitte auftrifft.

A2

- a) Konstruiere das Bild des Pfeils und bestimme die Bildgröße durch Konstruktion (Abb. 2)!

Hinweis: Die Linse ist durch die Linsenmitte (H) dargestellt.

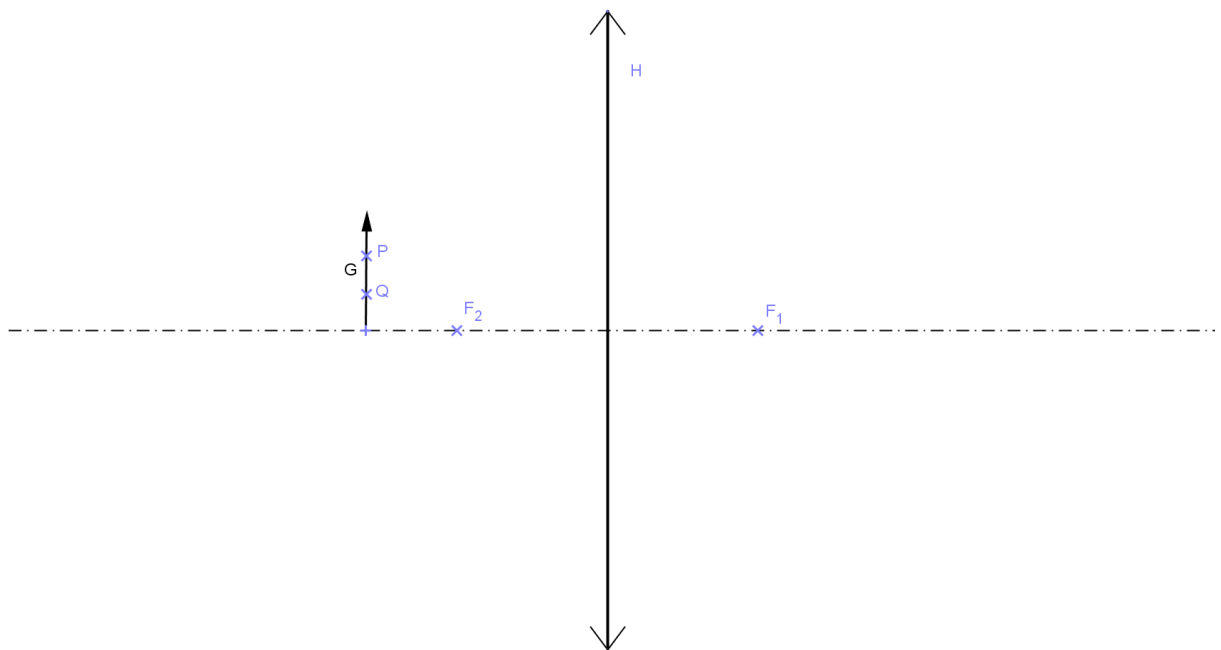


Abb. 2

- b) Bestimme den Abbildungsmaßstab!
- c) Welche Abbildungseigenschaften treffen zu:
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> seitenrichtig | <input type="checkbox"/> seitenverkehrt |
| <input type="checkbox"/> vergrößert | <input type="checkbox"/> verkleinert |
- d) Konstruiere die Bildpunkte zu den Punkten P und Q des Gegenstandes.

Unterrichtsentwurf Hauptstudie Linse Klasse 1 ●

1 Ziele

Ziel der Hauptstudie ist der Vergleich der Wirkung des Unterrichts von Klasse 1 mit der Wirkung des Unterrichts von Klasse 2. Lerninhalt ist die Bildentstehung an der Sammellinse laut Lehrplan für Gymnasien und Gesamtschulen in Rheinland-Pfalz.

2 Methodik

Es wird im Unterricht bewusst auf Methodenwechsel und andere didaktische Vielfalt verzichtet, um eine kontrollierbare Umgebung zu schaffen. Nur wenn möglichst viele Faktoren gleich gehalten werden ist es möglich, Unterschiede im Lernerfolg zwischen den Parallelklassen auf unterschiedlichen Umgang mit Repräsentationen zurückzuführen. Um Gruppeneffekte möglichst gering zu halten, wird das Experiment in Partnerarbeit durchgeführt. Klasse 1 erhält nach der Einführungsstunde kognitiv-aktivierende Aufgaben, die zur aktiven Auseinandersetzung mit verschiedenen Repräsentationsformen und zur Überwindung von Fehlvorstellungen anregen sollen, Klasse 2 werden die entsprechenden Repräsentationsformen durch den Lehrer vermittelt und Lerninhalte, die Fehlvorstellungen thematisieren, vorgegeben.

Bei der Durchführung der Unterrichtseinheit ist darauf zu achten, dass die Schüler nicht darüber informiert werden, ob sie der Treatment- oder der Kontrollgruppe zugeordnet sind!

3 Lernvoraussetzungen

Eigenes Experimentieren mit der optischen Bank oder zumindest mit optischen Geräten, Strahlvorstellung, geradlinige Lichtstrahlausbreitung, (ggf. Lochkamera), Brechung an Übergängen von Materialien mit verschiedener optischer Dichte (z.B. Luft → Wasser, Luft → Glas).

4 Verwendete Abkürzungen

SuS: Schülerinnen und Schüler;

L: Lehrerin / Lehrer

K1: Klasse 1

K2: Klasse 2

Tb: Tafelbild

Mat: Material

Unterrichtsentwurf Hauptstudie Linse Klasse 2 ■

1.– 4. Ziele, Methodik, Lernvoraussetzungen und verwendete Abkürzungen siehe K1

Anmerkung:

Um die Bezeichnungen für die Teilnehmer neutral zu halten wurde von Klasse 1 und Klasse 2 gesprochen. Die Materialien und Arbeitsblätter für die Schüler wurden mit den neutralen Symbolen Punkt● und Quadrat■ gekennzeichnet. Klasse 1 entspricht der Treatmentgruppe(TG) und Klasse 2 der Kontrollgruppe(KG). Auf diese Weise wurden etwaige Reihenfolgeeffekte durch Nummerierungen auf Seiten der Schüler vermieden.

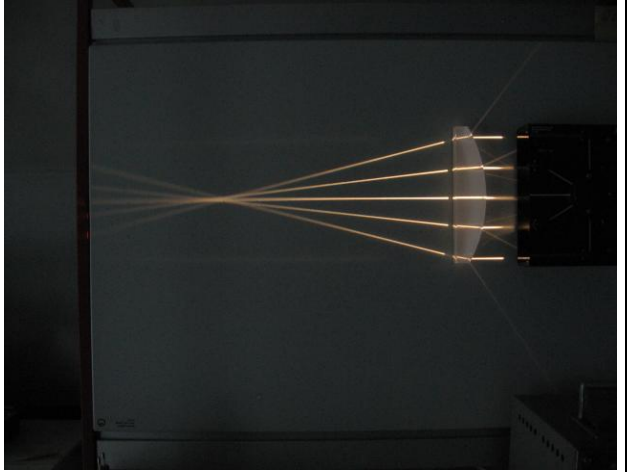
Überblick über die Unterrichtseinheit K1●

Stunde	Fach	Inhalt
1	Vertretungsstunde	Kognitive Leistungsfähigkeit
2	Physik	Unterrichtsrelevantes Testen von Vorwissen, Leistung mit Repräsentation Optik, Konzepttest Optik, Motivationsfragebogen
3	Physik	Brechungsvorgänge an der Sammellinse: Die ausgezeichneten Strahlen
4	Physik	Durchführung des Schülerexperiments mit Auswertung
5	Physik	Einführung Bildkonstruktion
6	Physik	Übungen Bildkonstruktion
7	Physik	Abbildungsgesetz mit verbaler und geometrischer Veranschaulichung der Zusammenhänge
8	Physik	Übungen zur gesamten Unterrichtseinheit
9	Physik- oder Vertretungsstunde	Unterrichtsrelevanter Nachtest, Leistung mit Repräsentation Optik, Konzepttest Optik, Motivationsfragebogen

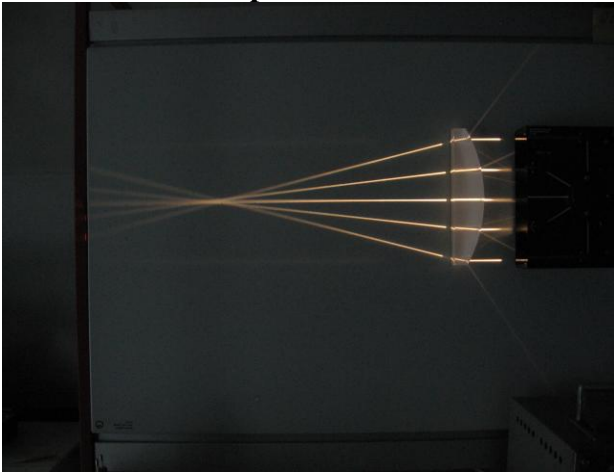
Überblick über die Unterrichtseinheit K2 ▪

Stunde	Fach	Inhalt
1	Vertretungsstunde	Kognitive Leistungsfähigkeit
2	Physik	Unterrichtsrelevantes Testen von Vorwissen, Leistung mit Repräsentation Optik, Konzepttest Optik, Motivationsfragebogen
3	Physik	Brechungsvorgänge an der Sammellinse: Die ausgezeichneten Strahlen
4	Physik	Durchführung des Schülerexperiments mit Auswertung
5	Physik	Einführung Bildkonstruktion
6	Physik	Übungen Bildkonstruktion
7	Physik	Abbildungsgesetz mit verbaler und geometrischer Veranschaulichung der Zusammenhänge
8	Physik	Übungen zur gesamten Unterrichtseinheit
9	Physik- oder Vertretungsstunde	Unterrichtsrelevanter Nachtest, Leistung mit Repräsentation Optik, Konzepttest Optik, Motivationsfragebogen

3. Stunde „Ausgezeichnete Strahlen“ K1 • (1. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien / Aktivitäten
5 min.	<p>Wecken von Interesse: Folie mit Fotografien zu Anwendungen zeigt eine Linse, mit der ein Feuer entfacht wird. [Mat 1-K1] Bilder nacheinander aufdecken Warum kann man mit einer Lupe ein Feuer entfachen?</p>	Folie mit Fotografien zu Anwendungen zeigen
10 min	<ul style="list-style-type: none"> - Zur Beantwortung der Frage („Funktion einer Sammellinse?“) Zeigen des Demonstrationsexperimentes: „Einfall paralleler Lichtstrahlen auf eine Sammellinse“ - Ergebnis: Sammellinse vereinigt achsenparallele Strahlen im Brennpunkt - Erarbeitung der zentralen Begriffe Brennpunkt F und Brennweite f. (Erarbeitung eng am Experiment). - Erklären des Begriffs „Optische Achse“ - Verschiedene Brennweiten thematisieren - 	Demonstrationsexperiment 
10 min	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 1: Die Sammellinse“ [Mat2-K1]	Durch die SuS in Stillarbeit
5 min.	Besprechung der Lösungen anhand einer Overheadfolie	L im Dialog mit den SuS
10 min	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 2“ [Mat3-K1],	Durch die SuS in Stillarbeit

3. Stunde „Ausgezeichnete Strahlen“ K2 (1. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien / Aktivitäten
5 min.	<p>Wecken von Interesse: Folie mit Fotografien zu Anwendungen zeigt eine Linse, mit der ein Feuer entfacht wird. [Mat1-K2] Bilder nacheinander aufdecken Warum kann man mit einer Lupe ein Feuer entfachen?</p>	Folie mit Fotografien zu Anwendungen zeigen
10 min	<ul style="list-style-type: none"> - Zur Beantwortung der Frage („Funktion einer Sammellinse?“) Zeigen des Demonstrationsexperimentes: „Einfall paralleler Lichtstrahlen auf eine Sammellinse“ - Ergebnis: Sammellinse vereinigt achsenparallele Strahlen im Brennpunkt - Erarbeitung der zentralen Begriffe Brennpunkt F und Brennweite f. (Erarbeitung eng am Experiment). - Erklären des Begriffs „Optische Achse“ - Verschiedene Brennweiten thematisieren 	<p>Demonstrationsexperiment</p> 
10 min	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 1: Die Sammellinse“ [Mat2-K2]	Durch die SuS in Stillarbeit
5 min.	Besprechung der Lösungen anhand einer Overheadfolie	L im Dialog mit den SuS
10 min	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 2“ [Mat3-K2],	in Stillarbeit?

4. Stunde: Experiment K1 • (2. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
5 min.	Besprechung „Aufgabenblatt 2“ (war ggf. Hausaufgabe) anhand einer Overheadfolie (Lösungen)	L im Dialog mit den SuS
5 min	Lehrer lässt SuS mit einer Lupe einen Gegenstand betrachten: „Das Bild kann ich euch nicht zeigen! Kann man ein reelles Bild erzeugen, was man zeigen kann?“ Wiederholung: Sonnenlicht / paralleles Lichtbündel trifft auf Sammellinse.	SuS erinnern sich, Lehrer unterstützt sie ggf.
	Antwort auf die Frage: Linse vor ein Blatt Papier halten! (verkleinertes umgekehrtes Bild entsteht!) Warum ist das Bild umgekehrt? Kann man auch andere Bildgrößen erzeugen? <i>Wie kann man unterschiedliche Bildgrößen erzeugen?</i> Aufbau des Experimentes anhand der Overheadfolie [Mat4-K1] und falls genügend Material vorhanden ist, ein aufgebautes Musterbeispiel auf dem Lehrerpult zeigen. Ziel des Experimentes: Jeweils eine Gegenstands- bzw. Bildweite herausfinden, a) die ein Bild gleicher Größe erzeugt ($B = G$) b) die ein verkleinertes Bild erzeugt ($B < G$) c) die ein vergrößertes Bild erzeugt ($B > G$) Durchführung: In allen drei Bildfällen die „Vergrößerung/Verkleinerung“ bestimmen: Deshalb Flammengröße (G) und Bildgröße (B) messen. Hinweis: Alle Werte in der Lösungstabelle mit Bleistift eintragen!	Demoversuch: Paralleles Lichtbündel → Sammellinse → Licht fokussiert sich im Brennpunkt Ggf.: Erinnerung an die Lochkamera Folie „Experimentieranleitung“ zeigen [Mat4 -K1] Schüler wiederholen die Vorgehensweise im Experiment
3 min	Wer als Partner links sitzt, geht das Material holen und bringt es zurück! „15 min Zeit“	SuS holen Material

4. Stunde: Experiment K2 (2. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
5 min.	Besprechung „Aufgabenblatt 2“ (war ggf. Hausaufgabe) anhand einer Overheadfolie (Lösungen)	L im Dialog mit den SuS
5 min	<p>Lehrer lässt SuS mit einer Lupe einen Gegenstand betrachten: „Das Bild kann ich euch nicht zeigen! Kann man ein reelles Bild erzeugen, was man zeigen kann?“</p> <p>Wiederholung: Sonnenlicht / paralleles Lichtbündel trifft auf Sammellinse.</p>	SuS erinnern sich, Lehrer unterstützt sie ggf.
	<p>Antwort auf die Frage: Linse vor ein Blatt Papier halten! (verkleinertes umgekehrtes Bild entsteht!) Warum ist das Bild umgekehrt? Kann man auch andere Bildgrößen erzeugen?</p> <p><i>Wie kann man unterschiedliche Bildgrößen erzeugen?</i></p> <p>Aufbau des Experimentes anhand der Overheadfolie [Mat4-K2] und falls genügend Material vorhanden ist, ein aufgebautes Musterbeispiel auf dem Lehrerpult zeigen.</p> <p>Ziel des Experimentes: Jeweils eine Gegenstands- bzw. Bildweite herausfinden,</p> <ul style="list-style-type: none"> a) die ein Bild gleicher Größe erzeugt ($B = G$) b) die ein verkleinertes Bild erzeugt ($B < G$) c) die ein vergrößertes Bild erzeugt ($B > G$) <p>Durchführung: In allen drei Bildfällen die „Vergrößerung/Verkleinerung“ bestimmen: Deshalb Flammengröße (G) und Bildgröße (B) messen. Hinweis: Alle Werte in der Lösungstabelle mit Bleistift eintragen!</p>	<p>Demoversuch: Paralleles Lichtbündel → Sammellinse → Licht fokussiert sich im Brennpunkt</p> <p>Ggf.: Erinnerung an die Lochkamera</p> <p>Folie „Experimentieranleitung“ zeigen [Mat4 –K2]</p> <p>Schüler wiederholen die Vorgehensweise im Experiment</p>
3 min	Wer als Partner links sitzt, geht das Material holen und bringt es zurück! „15 min Zeit“	SuS holen Material

15- 17 min.	Beginn des Experimentes	<p>SuS in Partnerarbeit</p> <p>Austeilen der Experimentieranleitung für SuS [Mat5-K1] Experimentieranleitung mit Lösungstabelle austeilten (jeder muss sie mit Bleistift beschriften!)</p> <p>Kontrolle, ob Tabelle ausgefüllt wird. In einzelnen Gruppen leichte Hilfestellung beim Aufbau des Experimentes und Messen der Größen (bei großen Messfehlern Hinweis geben).</p>
10 min.	<p>Besprechung der Ergebnisse</p> <p>a) Bild gleicher Größe erzeugt ($B=G$): $b=g=2f$ Abbildungsmaßstab $\frac{B}{G} = 1$</p> <p>b) Verkleinertes Bild erzeugt ($B < G$): $b < g$ $g > 2f$; $2f > b > f$ Abbildungsmaßstab $\frac{B}{G} < 1$</p> <p>c) Vergrößertes Bild erzeugt ($B > G$): $b > g$ $2f > g > f$; $b > 2f$ Abbildungsmaßstab $\frac{B}{G} > 1$</p> <p>→ Je näher der Gegenstand an den Brennpunkt der Linse gerückt wird, desto weiter entfernt von der Linse entsteht das Bild und desto größer ist das Bild.</p>	L im Dialog mit SuS
3 min	Experiment wegräumen lassen	Eine Gruppe kontrolliert, ob alles ordentlich eingeräumt wurde.
2 min.	<p>Hausaufgabe aufgeben: 1) Skizze des Versuchsaufbaus und 2) Aufgabenblatt 3 bearbeiten</p> <p>1) in K1 Erstelle eine Skizze des Versuchsaufbaus und beschrifte sie mit den Größen g und b. Vorgehensweise im Experiment mündlich wiederholen.</p> <p>2) L Teilt Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 3“ Bildkonstruktion für die Sammellinse [Mat6-K1] aus.</p>	

15 min.	Beginn des Experimentes	<p>SuS in Partnerarbeit</p> <p>Austeilen der Experimentieranleitung für SuS [Mat5-K2] Experimentieranleitung mit Lösungstabelle austeilern (jeder muss sie mit Bleistift beschriften!)</p> <p>Kontrolle, ob Tabelle ausgefüllt wird. In einzelnen Gruppen leichte Hilfestellung beim Aufbau des Experimentes und Messen der Größen (bei großen Messfehlern Hinweis geben).</p>
	<p>Besprechung der Ergebnisse</p> <p>a) Bild gleicher Größe erzeugt ($B=G$): $b=g=2f$ Abbildungsmaßstab $\frac{B}{G} = 1$</p> <p>b) Verkleinertes Bild erzeugt ($B < G$): $b < g$ $g > 2f$; $2f > b > f$ Abbildungsmaßstab $\frac{B}{G} < 1$</p> <p>c) Vergrößertes Bild erzeugt ($B > G$): $b > g$ $2f > g > f$; $b > 2f$ Abbildungsmaßstab $\frac{B}{G} > 1$</p> <p>→ Je näher der Gegenstand an den Brennpunkt der Linse gerückt wird, desto weiter entfernt von der Linse entsteht das Bild und desto größer ist das Bild.</p>	L im Dialog mit SuS
3 min	Experiment wegräumen lassen	Eine Gruppe kontrolliert, ob alles ordentlich eingeräumt wurde.
	<p>Hausaufgabe aufgeben: Beschriftung der Skizze des Versuchsaufbaus . Vorgehensweise im Experiment mündlich wiederholen.</p>	

5. Stunde: Bildkonstruktion K1• (3. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
4 min.	Besprechung der Hausaufgabe: Skizze des Versuchsaufbaus	L im Dialog mit den SuS
4 min.	Besprechung der zweiten Hausaufgabe: Arbeitsblatt 3[Mat6-K1],	L im Dialog mit den SuS anhand einer Overheadfolie
36 min.	<p>Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 4“ Die Konstruktion der Bildfälle [Mat-7K1], L teilt Bildfall „gleich groß“ aus Nach 5 Minuten L sammelt die erste Seite ein. L teilt Teillösung Bildfall „gleich groß“ aus. Nach 5 Minuten L sammelt die zweite Seite ein. L teilt Lösung aus und bespricht diese kurz: 2 Minuten.</p> <p>L teilt Bildfall „verkleinert“ aus Nach 5 Minuten L sammelt die erste Seite ein. L teilt Teillösung Bildfall „verkleinert“ aus. Nach 5 Minuten L sammelt die zweite Seite ein. L teilt Lösung aus und bespricht diese kurz: 2 Minuten.</p> <p>L teilt Bildfall „vergrößert“ aus Nach 5 Minuten L sammelt die erste Seite ein. L teilt Teillösung Bildfall „vergrößert“ aus. Nach 5 Minuten L sammelt die zweite Seite ein. L teilt Lösung aus und bespricht diese kurz: 2 Minuten.</p>	SuS in Stillarbeit
1 min.	Hausaufgabe aufgeben: Vervollständigung der Tabelle Bildfälle a) bis c)	Hausaufgabe

5. Stunde: Bildkonstruktion K2 " (3. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
4 min.	Besprechung der Hausaufgabe Beschriftung der Skizze des Versuchsaufbaus	L im Dialog mit den SuS
5 min.	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 3“ Bildkonstruktion für die Sammellinse [Mat6-K2].	SuS in Stillarbeit
5 min.	Besprechung des Arbeitsblattes 3[Mat6-K2].	L im Dialog mit den SuS anhand einer Overheadfolie
10 min.	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 4“ Die Konstruktion der Bildfälle [Mat7-K2] L erklärt den „Bildfall gleich groß“ anhand einer Overheadfolie [Mat7-K2]	L erklärt den „Bildfall gleich groß“ anhand einer Overheadfolie [Mat7-K2]
10 min.	SuS bearbeiten die Bildfälle verkleinert und vergrößert	SuS bearbeiten die Bildfälle verkleinert und vergrößert
10 min.	Besprechung der Lösung [Mat-7K2] und der Tabelle zu den Bildfällen a) bis c).	L bespricht die Ergebnisse der SuS und erläutert die Merksätze
1 min.	Hausaufgabe aufgeben: Tabelle der Bildfälle mündlich erläutern können: Bildfälle a) bis c).	Hausaufgabe

6. Stunde: Übungen zur Bildkonstruktion K1 • (4. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
5 min	Besprechung der Hausaufgabe: Vervollständigung der Tabelle Bildfälle a) bis c)	L im Dialog mit SuS
10min.	L teilt „Aufgabenblatt 5“ [Mat8-K1] aus: Das virtuelle Bild. SuS arbeiten an der Bildkonstruktion.	L erklärt die Bildkonstruktion im
10 min.	Besprechung der Lösung [Mat8-K1] inklusive Erläuterungen, Vervollständigung der Tabelle Fall d) an der Tafel und kurze Erläuterung, siehe Aufgabenblatt 4 [Mat8-K1]	L im Dialog mit den SuS anhand einer Overheadfolie
10 min.	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 6“ Übungen zur Bildkonstruktion [Mat9-K1]	SuS in Stillarbeit
10 min.	Besprechung Aufgabenblatt 6“ Übungen zur Bildkonstruktion [Mat9-K1]	L im Dialog mit SuS

Die Konstruktion des virtuellen Bildes wird nicht im Leistungstest abgefragt.

6. Stunde: Übungen zur Bildkonstruktion K2" (4. Unterrichtsstunde)

Experimentiermaterial entfällt

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
5 min	Erläuterung der Hausaufgabe: Tabelle der Bildfälle a) bis c)	L im Dialog mit SuS
10 min.	L teilt „Aufgabenblatt 5“ [Mat8-K2] A 2 aus	L erklärt die Bildkonstruktion im Lehrervortrag
5 min.	SuS bearbeiten die Aufgabe b)! zum virtuellen Bild	L im Dialog mit den SuS anhand einer Overheadfolie
5 min.	Besprechung der Lösung [Mat8-K2]	L im Dialog mit den SuS anhand einer Overheadfolie
5 min.	L schreibt die Vervollständigung der Tabelle Fall d) an die Tafel und erläutert kurz, siehe Aufgabenblatt 4 [Mat8-K2]	Lehrervortrag
8 min.	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 6“ Übungen zur Bildkonstruktion [Mat9-K2]	SuS in Stillarbeit
7 min.	Besprechung „Aufgabenblatt 6“ Übungen zur Bildkonstruktion [Mat9-K2]	L im Dialog mit SuS

Die Konstruktion des virtuellen Bildes wird nicht im Leistungstest abgefragt.

7. Stunde: Abbildungsgesetz mit verbaler und geometrischer Veranschaulichung der Zusammenhänge K1 • (5. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
15 min.	SuS bearbeiten „Aufgabenblatt 7“ Wiederholung* zur Bildkonstruktion [Mat10-K1], Alle Überlegungen sind auf den Blättern zu notieren. L sammelt die Blätter ein.	SuS in Stillarbeit
10 min	L zeigt die Aufgaben auf einer Overheadfolie und bespricht mit den SuS, wie diese gelöst werden könne Zum Abschluss: L teilt fertige Lösungen zu „Aufgabenblatt 7“ [Mat11-K1] aus	L im Dialog mit den SuS
4 min	Kann man die viele Arbeit mit Zeichnungen und Experimenten verkürzen, um den Abbildungsmaßstab schneller herauszubekommen? Ideen? Lösungshinweis: Kann man den Abbildungsmaßstab auch ausrechnen, wenn man B oder G nicht kennt? Wie kommt man auf eine Formel? Schauen wir uns den Verlauf der Strahlen an.	SuS äußern Ideen
10 min	SuS bearbeiten „Aufgabenblatt 8“ : Die Abbildungsgleichung bei der Sammellinse“ [Mat12-K1] SuS bearbeiten das Arbeitsblatt. Notfallplan: Falls die Mehrzahl der SuS nach 8 min noch nichts bearbeitet hat: Zwischensicherung: Einzelne Aufgabenteile auf Folie von erfolgreichen SuS erklären lassen mit Aufstellung der Formel. Besprechung	(geometrischer Beweis) [Mat-12 K1] Übungsblatt auf Folie zeigen und Übungsblatt in Einzelarbeit bearbeiten lassen! (<i>Begründung der Herkunft der Formel explizit</i>)
5 min	Vergleiche Dreiecke! Winkel gleich? Wenn man die Seiten gleichmäßig vergrößern würde, wären dann die Dreiecke gleich? Dies bedeutet: Seitenverhältnisse sind gleich! → b/g und B/G Sinn: Teilt man die Bildweite durch die Gegenstandsweite, ergibt das Ergebnis ebenfalls den Abbildungsmaßstab! Sind Bildweite und Gegenstandsweite bekannt und einzig der Vergrößerungsfaktor gesucht, kann man rechnen und sich so zeitsaufwendige Versuche und Zeichnungen sparen!	
1 min.	Hausaufgabe aufgeben Übung zur Abbildungsgleichung [Mat12-K1],	

8. Stunde: Übungen zur gesamten Unterrichtseinheit K1• (6. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
10 min.	Besprechung der Übung zur Abbildungsgleichung [Mat12-K1]	
10 min.	SuS bearbeiten „Aufgabenblatt 9“: Übungen zur Bildkonstruktion und zur Abbildungsgleichung [Mat13-K1]	SuS in Stillarbeit
10 min	L zeigt die Aufgaben auf einer Overheadfolie und bespricht mit den SuS, wie diese gelöst werden können.	L im Dialog mit den SuS
	Puffer / offene Fragen	

** Materialien, welche als Wiederholung bezeichnet sind, dienen der Datenauswertung zum Umgang mit Repräsentationen und werden nicht zurückgegeben. Die SuS erhalten dafür die Aufgabenstellungen mit fertigen Lösungen, mit denen sie sich auf den Test vorbereiten können.

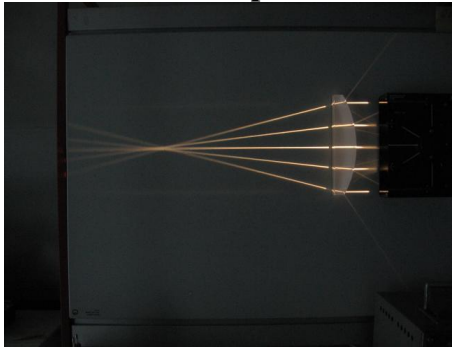
8. Stunde: Übungen zur gesamten Unterrichtseinheit K2* (6. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
10 min.	Besprechung der Übung zur Abbildungsgleichung [Mat12-K2]	
10 min.	SuS bearbeiten „Aufgabenblatt 9“: Übungen zur Bildkonstruktion und zur Abbildungsgleichung [Mat13-K2]	SuS in Stillarbeit
10 min.	L zeigt die Aufgaben auf einer Overheadfolie und bespricht mit den SuS, wie diese gelöst werden können.	L im Dialog mit den SuS
	Puffer / offene Fragen	

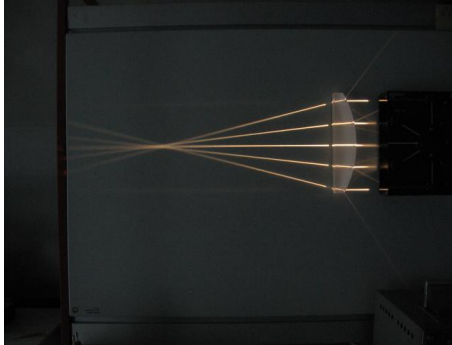
**** Materialien, welche als Wiederholung bezeichnet sind, dienen der Datenauswertung zum Umgang mit Repräsentationen und werden nicht zurückgegeben. Die SuS erhalten dafür die Aufgabenstellungen mit fertigen Lösungen, mit denen sie sich auf den Test vorbereiten können.**

C3 Treatmentvariation Gegenüberstellung Treatment- und Kontrollgruppe

3. Stunde „Ausgezeichnete Strahlen“ K1 • (1. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien / Aktivitäten
5 min.	<p>Wecken von Interesse: Folie mit Fotografien zu Anwendungen zeigt eine Linse, mit der ein Feuer entfacht wird. [Mat 1-K1] Bilder nacheinander aufdecken Warum kann man mit einer Lupe ein Feuer entfachen?</p>	Folie mit Fotografien zu Anwendungen zeigen
10 min.	<ul style="list-style-type: none"> - Zur Beantwortung der Frage („Funktion einer Sammellinse?“) Zeigen des Demonstrationsexperimentes siehe Abb. - SuS fragen, was passiert, wenn man die Lampe anschaltet und eine Linse davor setzt: Wie verläuft das Licht? - SuS machen Vorhersagen, ein Schüler soll den Strahlenverlauf an der Tafel zeichnen (Tafelbild) - Anschließend Demoexperiment zeigen - Ergebnis: Sammellinse vereinigt achsenparallele Strahlen im Brennpunkt - Erarbeitung der zentralen Begriffe Brennpunkt F und Brennweite f. (Erarbeitung eng am Experiment). - Erklären des Begriffs „Optische Achse“ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><u>Verschiedene Brennweiten thematisieren</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Was passiert, wenn ich eine stärker gekrümmte Linse nehme: - Sus sollen vorhersagen, was passiert und ein Schüler soll dies am Tafelbild ergänzen - Anschließend an der optischen Tafel zeigen, was passiert (Ergebnis: Brennweite verkürzt sich) - Was passiert, wenn ich eine wenn ich eine weniger gekrümmte Linse nehme - Sus sollen vorhersagen, was passiert. - Anschließend an der optischen Tafel zeigen (Ergebnis: Brennweite wird größer) </div>	<p>Demonstrationsexperiment</p> 
10 min	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 1: Die Sammellinse“ [Mat2-K1]	Durch die SuS in Stillarbeit
5 min.	Besprechung der Lösungen anhand einer Overheadfolie	L im Dialog mit den SuS
10 min	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 2“ [Mat3-K1],	Durch die SuS in Stillarbeit

3. Stunde „Ausgezeichnete Strahlen“ K2* (1. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien / Aktivitäten
5 min.	<p>Wecken von Interesse: Folie mit Fotografien zu Anwendungen zeigt eine Linse, mit der ein Feuer entfacht wird. [Mat1-K2] Bilder nacheinander aufdecken Warum kann man mit einer Lupe ein Feuer entfachen?</p>	Folie mit Fotografien zu Anwendungen zeigen
10 min	<ul style="list-style-type: none"> - Zur Beantwortung der Frage („Funktion einer Sammellinse?“) Zeigen des Demonstrationsexperimentes: „Einfall paralleler Lichtstrahlen auf eine Sammellinse“ - Ergebnis: Sammellinse vereinigt achsenparallele Strahlen im Brennpunkt - Erarbeitung der zentralen Begriffe Brennpunkt F und Brennweite f. (Erarbeitung eng am Experiment). - Erklären des Begriffs „Optische Achse“ - Verschiedene Brennweiten thematisieren 	Demonstrationsexperiment 
10 min	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 1: Die Sammellinse“ [Mat2-K2]	Durch die SuS in Stillarbeit
5 min.	Besprechung der Lösungen anhand einer Overheadfolie	L im Dialog mit den SuS
10 min	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 2“ [Mat3-K2],	in Stillarbeit?

6. Stunde: Übungen zur Bildkonstruktion K1 • (4. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
5	Besprechung der Hausaufgabe: Vervollständigung der Tabelle Bildfälle a) bis c)	L im Dialog mit SuS
5-10 min.	Lehrervortrag – virtuelles Bild L teilt „Blatt 5“ [Mat8-K1] aus: Das virtuelle Bild. L erklärt den Inhalt des Blatts in einem Lehrervortrag L geht dabei nur sehr kurz auf die Konstruktion ein. Vervollständigung des letzten Bildfalles d) siehe Aufgabenblatt 4 [Mat8-K1]	Lehrervortrag: Schwerpunkt virtuelle Bilder im Gegensatz zu reellen Bildern
5 min.	L stellt den aufgebauten Demonstrationsversuch „abgedeckte Sammellinse“ auf, sodass die SuS diesen sehen könnten; er führt den Versuch t jedoch noch nicht durch! L teilt „Arbeitsblatt Demonstrationsversuch „abgedeckte Sammellinse“ [Zusatz-1-K1] aus. Sus bearbeiten das Blatt : sie sagen schriftlich das Versuchsergebnis vorher.	L erklärt den Versuchsaufbau des Demonstrationsversuchs „abgedeckte Sammellinse“ Sus bearbeiten das Blatt. [Zusatz-1-K1]
5 min.	L fragt SuS, was passieren wird, wenn man die Kerze anzündet / Was habt ihr geschrieben, wie geht der Versuch aus? L führt den Versuch vor. L fragt SuS, was sie beobachten. L zeigt, dass das Bild der Kerzenflamme ohne Abdeckung heller ist.	L im Dialog mit den SuS. L nimmt Abdeckung vor der Linse weg.
10 min.	L teilt Aufgabenblatt „Deutung des Versuchsergebnisses“ aus [Zusatz-2-K1]	SuS bearbeiten Aufgabenblatt [Zusatz-2-K1]
5- 10 min.	Besprechung der Ergebnisse Aufgabenblatts „Deutung des Versuchsergebnisses“ [Zusatz-2-K1]	L im Dialog mit SuS anhand von Overheadfolien oder anhand eines Tafelbildes

Die Konstruktion des virtuellen Bildes wird nicht im Leistungstest abgefragt

6. Stunde: Übungen zur Bildkonstruktion K2* (4. Unterrichtsstunde)

Zeit	Unterrichtsgegenstand	Medien und Aktivitäten
5 min	Erläuterung der Hausaufgabe: Tabelle der Bildfälle a) bis c)	L im Dialog mit SuS
10 min.	L teilt „Aufgabenblatt 5“ [Mat8-K2] A 2 aus	L erklärt die Bildkonstruktion im Lehrervortrag
5 min.	SuS bearbeiten die Aufgabe b)! zum virtuellen Bild	L im Dialog mit den SuS anhand einer Overheadfolie
5 min.	Besprechung der Lösung [Mat8-K2]	L im Dialog mit den SuS anhand einer Overheadfolie
5 min.	L schreibt die Vervollständigung der Tabelle Fall d) an die Tafel und erläutert kurz, siehe Aufgabenblatt 4 [Mat8-K2]	Lehrervortrag
8 min.	Erarbeitung des Arbeitsmaterials „Aufgabenblatt 6“ Übung zur Bildkonstruktion [Mat9-K2]	SuS in Stillarbeit
7 min.	Besprechung „Aufgabenblatt 6“ Übung zur Bildkonstruktion [Mat9-K2]	L im Dialog mit SuS

Die Konstruktion des virtuellen Bildes wird nicht im Leistungstest abgefragt.

Blatt 5: Das virtuelle Bild

- Max schaut sich die Seite eines Buchs durch eine Sammellinse an. Dabei hält er die Linse in kurzer Entfernung vor das Buch.
- Er experimentiert mit dem Abstand der Linse vom Gegenstand. Wenn er die Gegenstandsweite vergrößert, dann wird das Bild immer größer, aber ab einem bestimmten Abstand wird es unscharf und verschwindet.
- Danach legt er die Linse einfach auf die Buchseite (kleinster Abstand), nun ist die Vergrößerung sehr gering.
- Bei all diesen Bildfällen ist die Linse näher am Gegenstand als die Brennweite $g < f$.

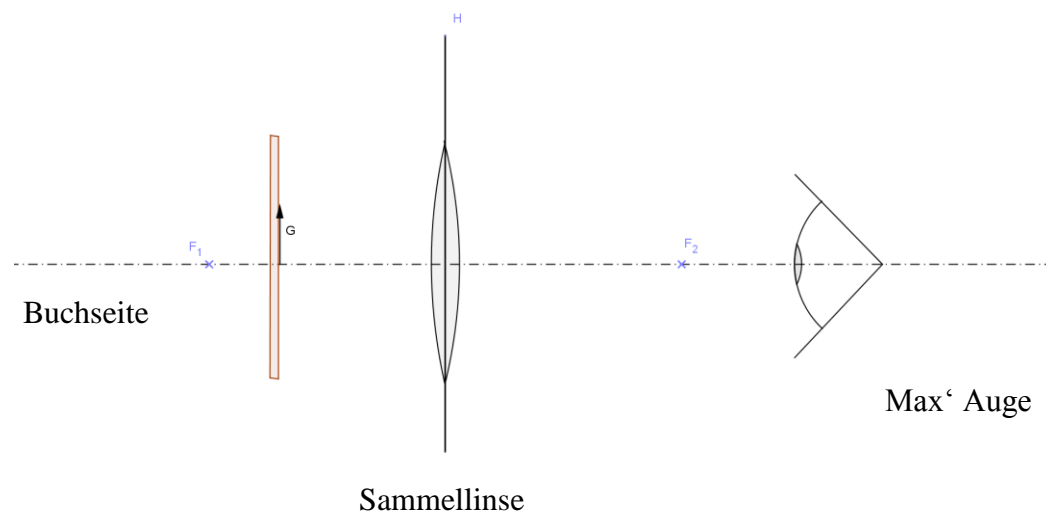


Abb. 1

Das Bild, das Max sieht, kann man nicht auf einem Schirm auffangen. Ein solches Bild nennt man virtuell. Es ist aufrecht, seitenrichtig und vergrößert.

Diese Anwendung kennt ihr aus dem Alltag. Die Sammellinse wird hier als Lupe verwendet. Auch virtuelle Bilder kann man konstruieren. Ein Beispiel ist auf der nächsten Seite dargestellt.

Konstruktion eines virtuellen Bildes

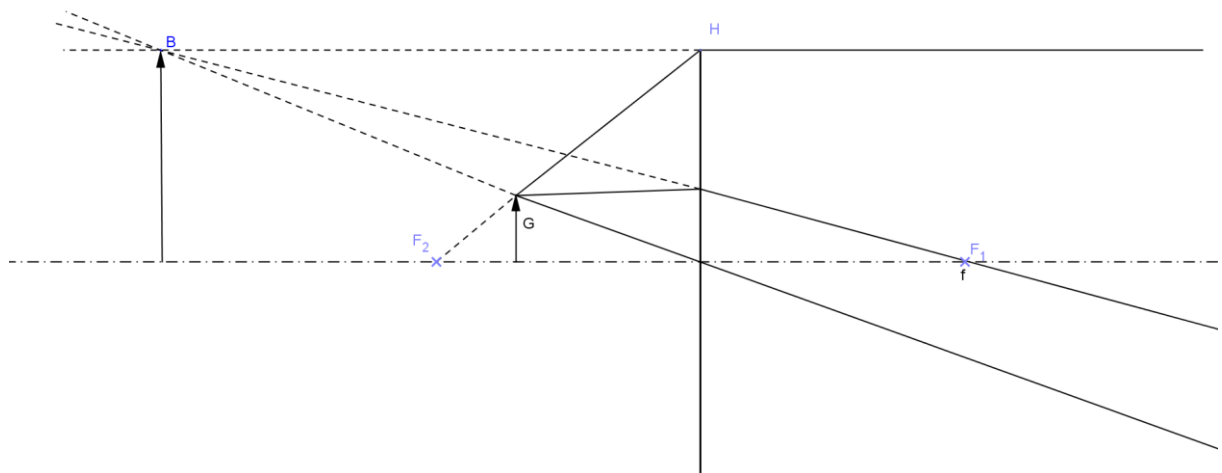


Abb. 2

Wie man anhand der Konstruktion erkennt, verlaufen die Lichtstrahlen so, als würden sie vom Bildpunkt B ausgehen.

Ein Beobachter, der von rechts auf die Linse schaut, meint die Pfeilspitze von G an der Stelle des Punktes B zu sehen.

Dass die Strahlen nicht „wirklich“ sondern nur „scheinbar“ vom Punkt B ausgehen, erklärt, warum man das Bild nicht auf dem Schirm auffangen kann.

Demonstrationsversuch „abgedeckte Sammellinse“

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen denselben Versuchsaufbau aus verschiedenen Perspektiven.

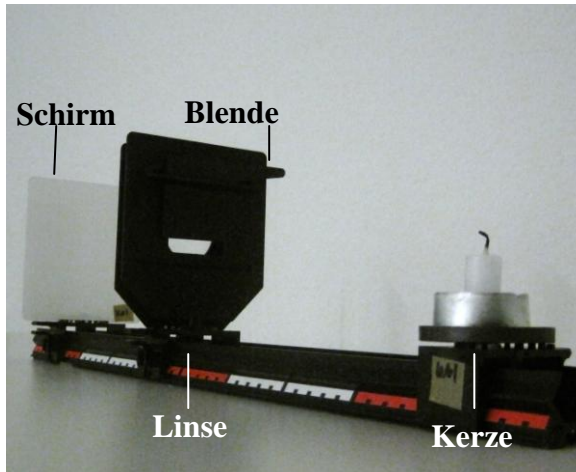


Abb.1

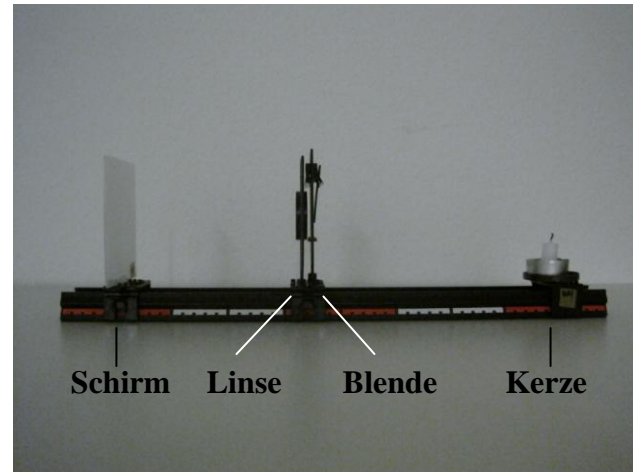


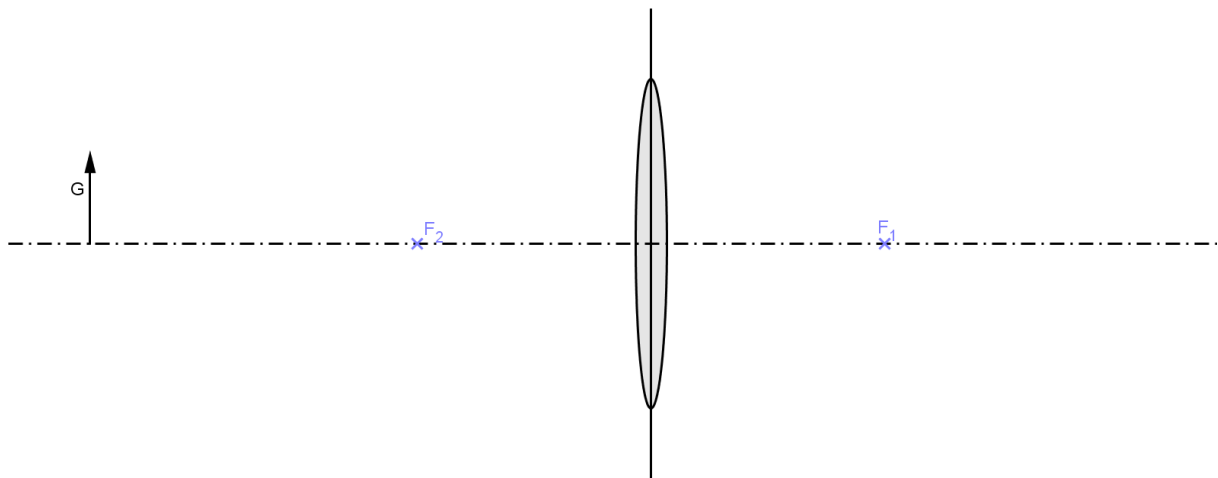
Abb.2

Was sieht ein Beobachter auf dem Schirm, wenn man die Kerze anzündet und entsprechend der Abbildungen die obere Hälfte der Sammellinse abdeckt?

Erläutere anhand der Abbildungen oben:

Um welchen Bildfall (verkleinertes, vergrößertes oder gleich großes Bild) handelt es sich? (siehe Abb. 2)

Deutung des Versuchsergebnisses



- a) Konstruiere das Bild der Kerze (Abb. oben).
- b) Zeichne den Lichtstrahl ein, der vom obersten Punkt des Gegenstands ausgeht und gerade noch den oberen Rand der Linse erreicht.
- c) Wie ändert sich das Bild, wenn man nur den Bereich des oberen Randes der Linse abdeckt?

- d) Warum sieht man ein vollständiges Bild, wenn man die komplette obere Hälfte des Bilde abgedeckt hat (siehe Demonstrationsversuch)? Stelle grafisch dar, was passiert?
- e) Grenze durch Einzeichnen ein, welche Lichtstrahlen nach der Abdeckung der Sammellinse noch zur Bildentstehung beitragen.

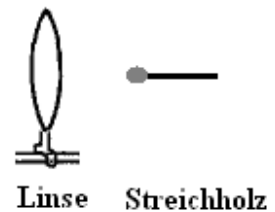
Optik-Test

Schülernummer: _____

Datum: _____

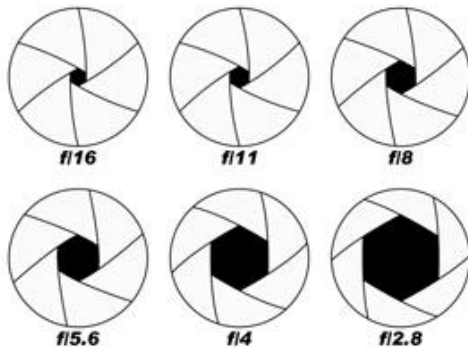
1. Aufgabe

Tobias möchte an einem sonnigen Tag mit Hilfe einer Sammellinse ein Streichholz entzünden.



Nadine schlägt Tobias vor, eine verstellbare Lochblende (siehe Abbildung) vor die Sammellinse zu setzen.

Kann Tobias dadurch das Streichholz besser entzünden?



Nein, weil

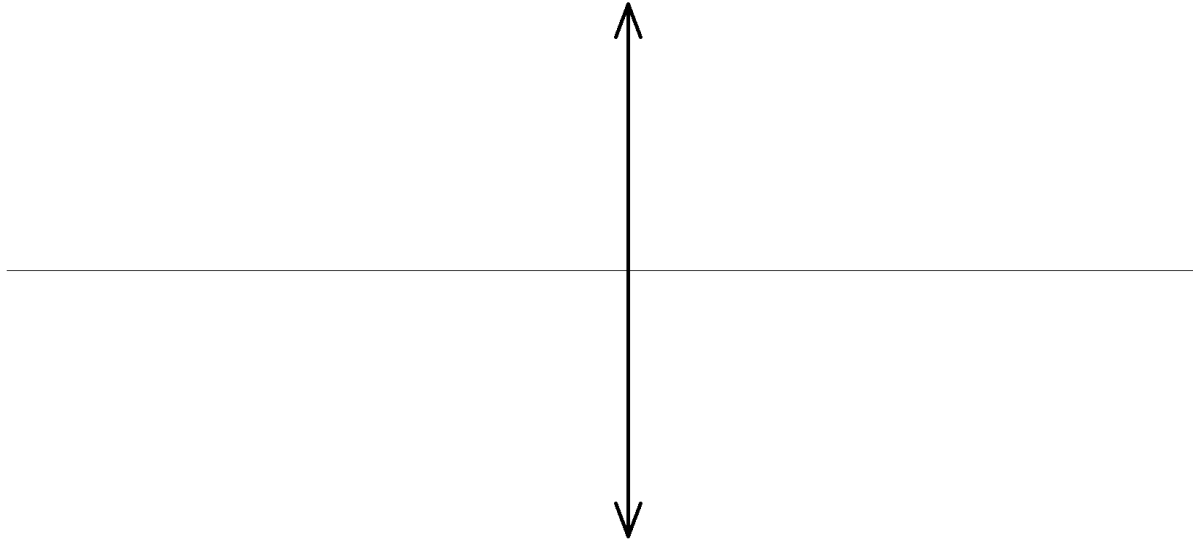
Ja, weil

Wenn ja, mit welcher Einstellung der Lochblende? (Kreise in der Abbildung oben ein)

2. Aufgabe

Zeichne den Strahlengang des folgenden Versuchsaufbaus:

$$f = 3 \text{ cm}, g = 8 \text{ cm}, G = 2 \text{ cm}$$



- a) Wie würde sich die Bildgröße und Bildweite verändern, wenn man den Gegenstand weiter von der Linse entfernt?

- b) Begründe mit den Strahlen in der Abbildung oben: Warum verändert sich die Bildgröße so wie oben beschrieben, wenn der Gegenstand weiter von der Linse entfernt wird?

3. Aufgabe

Ein Gegenstand befindet sich vor einer Linse. Die Gegenstandsweite liegt zwischen einfacher und doppelter Brennweite der Linse.

Wie groß ist das Bild verglichen mit der Gegenstandsgröße? _____

Wie groß ist die Bildweite verglichen mit der Brennweite? _____

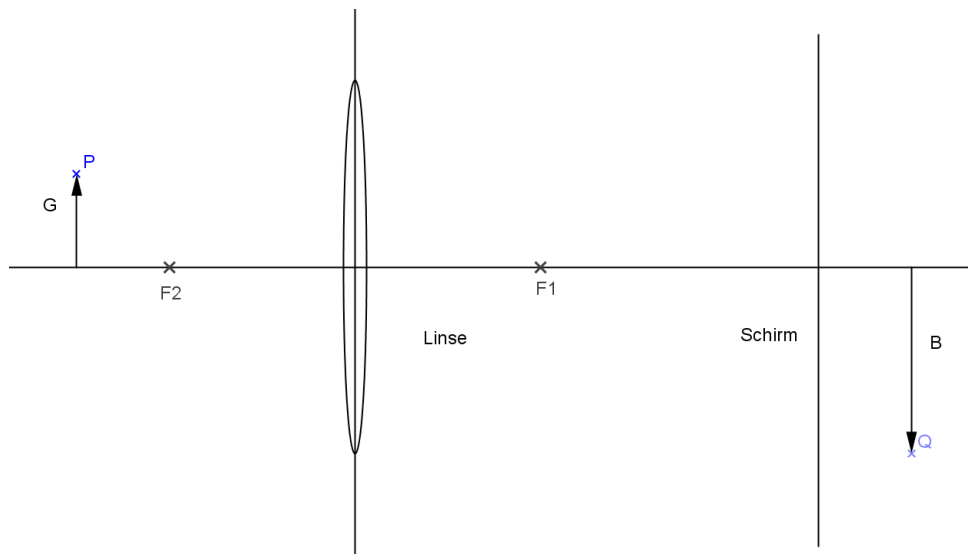
4. Aufgabe

Die Abbildung (unten) zeigt einen Gegenstand (hier als Pfeil dargestellt) mit der Gegenstandsgröße G und sein Bild, das durch die Sammellinse entsteht, mit der Bildgröße B .

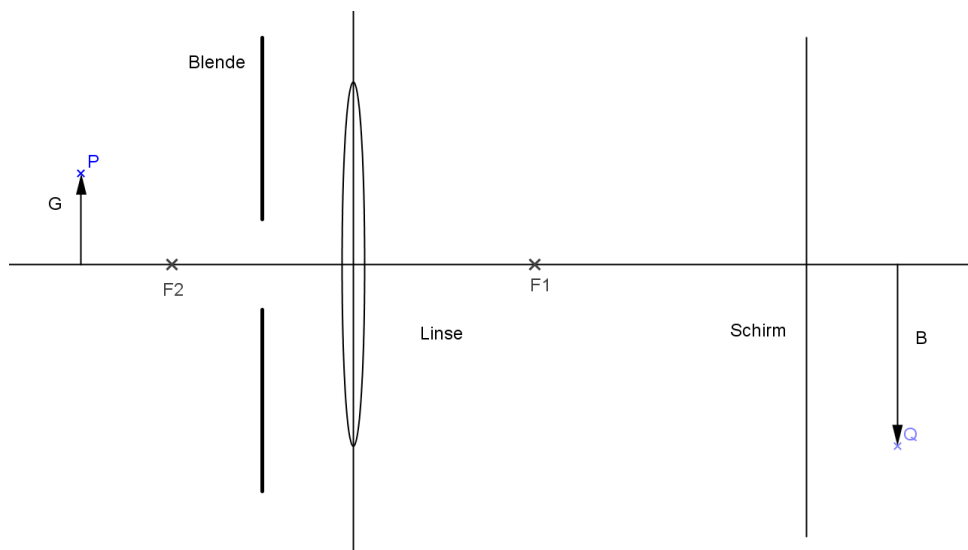
Der Bildpunkt Q zum Gegenstandspunkt P wurde richtig konstruiert.

Die Strahlenkonstruktion ist nicht dargestellt. Der Schirm ist jedoch **nicht** an der richtigen Stelle aufgestellt, sondern ein Stück zur Linse hingerrückt.

- a) Zeige durch Einzeichnen, dass auf dem Schirm anstatt des Bildpunktes Q ein unscharfer Bildfleck entsteht. Verwende hierfür für die gegebene Abbildung (unten).



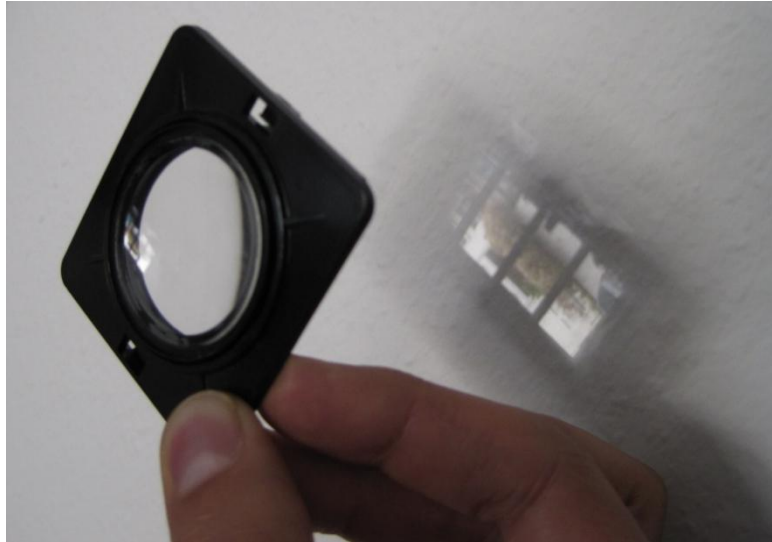
- b) Wie ändert sich das Bild des Gegenstandes, wenn man eine Lochblende vor die Linse stellt? Begründe Deine Antwort durch eine Zeichnung. Verwende hierfür die gegebene Abbildung (unten). Erkläre in Worten, was mit dem Bild passiert.



Erklärung:

5. Aufgabe

Ein gewöhnliches Zimmerfenster wird durch eine Sammellinse auf einer Wand in einem Raum abgebildet.



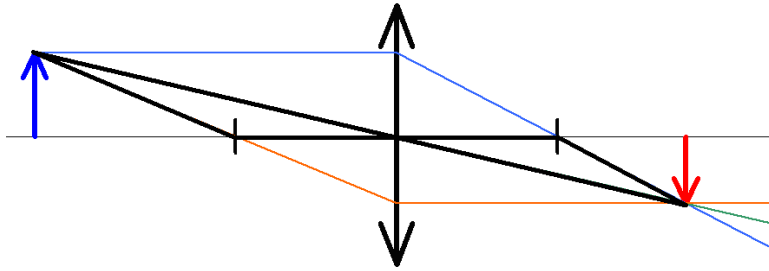
- a) Um welchen Bildfall handelt es sich? _____
- b) Kreuze an, wie groß die Gegenstandsweite g etwa sein muss!
- ☐ g ist hier ungefähr so groß wie der Abstand zwischen Wand und Sammellinse.
 - ☐ g ist hier kleiner als der Abstand zwischen Wand und Sammellinse.
 - ☐ g ist sehr viel größer als der Abstand zwischen Wand und Sammellinse.
 - ☐ g ist doppelt so groß als der Abstand zwischen Wand und Sammellinse.
- c) Erkläre, wie du auf die Lösung des Aufgabenteils a) und b) gekommen bist!

Aufgabenteil a)

Aufgabenteil b)

6. Aufgabe

Warum kann man die **fett hervorgehobenen** Dreiecke nicht zur Herleitung der Abbildungsgleichung verwenden?



Begründung:

7. Aufgabe

Berechne die fehlenden Größen bei einer scharfen Abbildung eines Gegenstandes mit einer Sammellinse:

G Gegenstandsgröße	g Gegenstandsweite	B Bildgröße	b Bildweite	A Abbildungsmaßstab
12 cm	120 cm		40 cm	

Ausführliche Rechnung mit Einheiten!

Ergänzung: Aufgabe 7 Prätest6. Aufgabe

Berechne die fehlenden Größen bei einer scharfen Abbildung eines Gegenstandes mit einer Sammellinse:

G Gegenstandsgröße	g Gegenstandsweite	B Bildgröße	b Bildweite	A Abbildungsmaßstab
5 cm	40 cm		16 cm	

Ausführliche Rechnung mit Einheiten!

Ergänzung Aufgabe 7 Follow-up Test7. Aufgabe

Berechne die fehlenden Größen bei einer scharfen Abbildung eines Gegenstandes mit einer Sammellinse:

G Gegenstandsgröße	g Gegenstandsweite	B Bildgröße	b Bildweite	A Abbildungsmaßstab
7 cm	56 cm		28 cm	

Ausführliche Rechnung mit Einheiten!

Konzepttest Strahlenoptik

Klassenstufe: <input type="checkbox"/> 7. Klasse <input type="checkbox"/> 8. Klasse Schulart: <input type="checkbox"/> Realschule <input type="checkbox"/> Integrierte Gesamtschule <input type="checkbox"/> Gymnasium	Schüler-Nr. _____ Datum: _____ Geschlecht: <input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich
--	---

Kreuze jeweils diejenigen Antworten an, die richtig sind.

Es können eine oder mehrere Antworten richtig sein! Beachte die Abbildungen, wenn vorhanden!

SV 1a

18. Du siehst hier auf dem Bild eine brennende Kerze.

Wo ist das Licht?

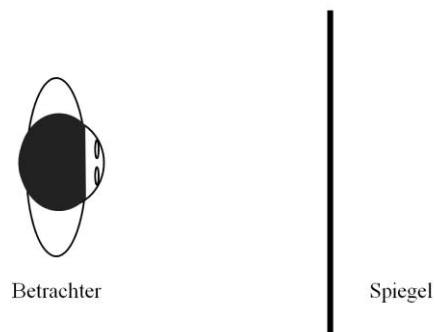
Schraffiere den Bereich / die Bereiche, in dem das Licht Deiner Meinung nach ist, mit einem Stift.



- SV1b 19. Welche der folgenden Gegenstände / Lebewesen kann man in einem völlig abgedunkelten Raum sehen?
- ☐ ein leuchtendes Glühwürmchen
 - ☐ ein weißes Blatt Papier
 - ☐ einen Fahrrad-Reflektor
 - ☐ die Augen einer Katze
- SV2 20. Hat es einen Einfluss auf die Helligkeit in einem Zimmer, ob es helle oder dunkle Tapeten hat?
- ☐ ja, weil die helle Tapete mehr Licht streut, das ins Auge fällt, als eine dunkle Tapete.
 - ☐ nein, weil dunkle Tapeten nichts an der Menge des Lichtes im Raum ändern.
 - ☐ ja, weil auf der hellen Tapete mehr Licht liegen bleibt.
 - ☐ nein, es kommt auf die Lampe in dem Zimmer an oder das Sonnenlicht, das durch das Fenster fällt und nicht auf die Helligkeit der Tapete.
- SV9 21. Was ist richtig?
- ☐ Lichtstrahlen sind etwas Wirkliches, so wie dünne Wasserstrahlen aus einer Spritzpistole.
 - ☐ Lichtstrahlen sind etwas Gedachtes, so wie Konstruktionen in der Geometrie, um z.B. Dreiecks-Probleme lösen zu können.
 - ☐ Lichtstrahlen sind exakt das gleiche wie Lichtbündel.
 - ☐ Lichtbündel sind etwas Gedachtes, z. B. um die Bildgröße bestimmen zu können.
- SV4 22. Wozu dient die Linse eines Fotoapparates?
- ☐ Sie reguliert die einfallende Lichtintensität.
 - ☐ Sie erzeugt das Bild.
 - ☐ Sie verändert die Größe des Bildes.
 - ☐ Sie beeinflusst die Helligkeit.

SV3a

23. Kreuze an, wo sich das Spiegelbild für Dich als Betrachter befindet:

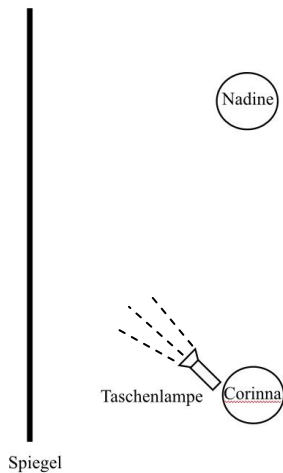


- ☐ vor dem Spiegel
☐ hinter dem Spiegel
☐ im Spiegel
☐ auf dem Spiegel

SV3b

24. In einem großen dunklen Raum stehen Corinna und Nadine nebeneinander vor einem Spiegel.

Corinna beleuchtet den Spiegel schräg mit einer Taschenlampe, die das in der Zeichnung gestrichelt angedeutete Lichtbündel erzeugt.



Wer kann das Licht der Taschenlampe sehen?

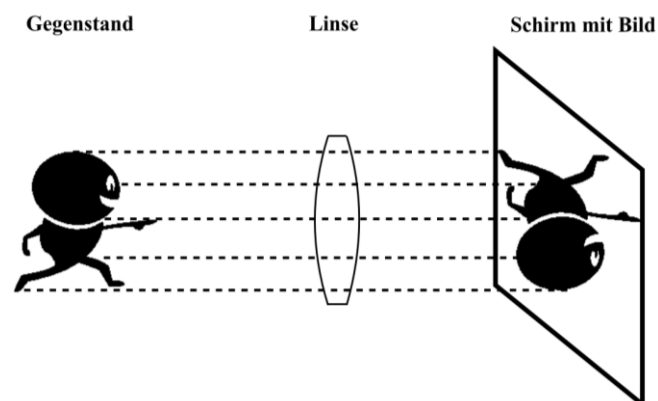
- ☐ nur Corinna
☐ nur Nadine
☐ keine von beiden
☐ beide

SV4

25. Du schaust durch eine Lupe einen Gegenstand (z.B. eine Münze) vergrößert an. Was kannst Du tun, um ein größeres Bild zu erhalten?

- ☐ eine schwächer gekrümmte Linse einsetzen.
☐ die Linse näher an den Gegenstand halten.
☐ die Linse möglichst so weit weg vom Gegenstand halten, dass gerade noch ein scharfes Bild entsteht.
☐ eine stärker gekrümmte Linse einsetzen.

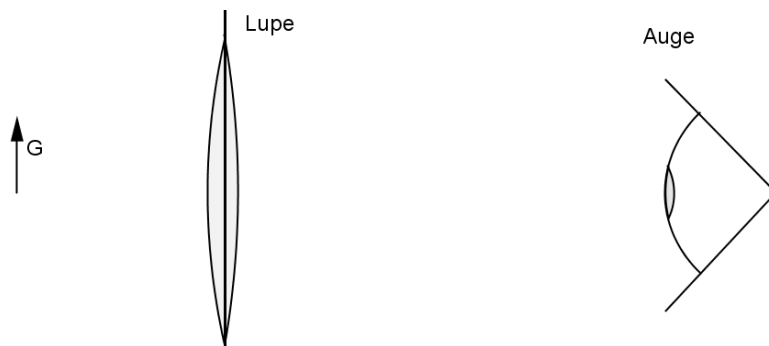
- SV2 26. In einem abgedunkelten Raum ist der Lichtfleck einer Taschenlampe an der Wand zu sehen, nicht aber der Lichtstrahl von der Taschenlampe zur Wand. Warum?
- ☐ Erst das an Gegenständen gestreute Licht trifft ins Auge und ist sichtbar.
 - ☐ In dem dunklen Raum wird das Licht absorbiert (verschluckt), daher ist es nicht zu sehen.
 - ☐ Das Licht erhellt die Wand, weil es auf ihr liegen bleibt.
 - ☐ Das Licht der Taschenlampe entfernt sich vom Beobachter, erst durch die Wand wird es umgedreht und geht auf den Beobachter zu.
- SV2 27. Was passiert, wenn man in dem Lichtstrahl einen Tafellappen aufschüttelt?
- ☐ Die Staubteilchen wirken wie kleine Linsen, die das Licht auf der Wand bündeln.
 - ☐ Der feine Kreidestaub sammelt das Licht und dadurch sieht man den hellen Fleck auf der Wand nicht mehr.
 - ☐ Die Staubteilchen werden durch das auftreffende Licht durcheinander gewirbelt.
 - ☐ Die Staubteilchen streuen das Licht in alle Richtungen, dadurch trifft es ins Auge und wird sichtbar.
- SV5 28. Wie entsteht durch Verwendung einer Sammellinse ein Bild, das auf einem Schirm aufgefangen werden kann?
- ☐ Solch ein Bild entsteht durch Spiegelung der Lichtstrahlen an der Linse nach dem Reflexionsgesetz.
 - ☐ Eine Sammellinse hat den Effekt, die Lichtstrahlen aufzuhellen.
 - ☐ Lichtstrahlen, die von einem Gegenstandspunkt ausgehen, werden durch die Sammellinse abgelenkt und treffen sich im Bildpunkt.
 - ☐ Das Bild geht als Ganzes durch die Linse zum Schirm, dabei wird es in der Linse unter Einhaltung der Linsengesetze umgedreht (siehe Skizze).



SV8

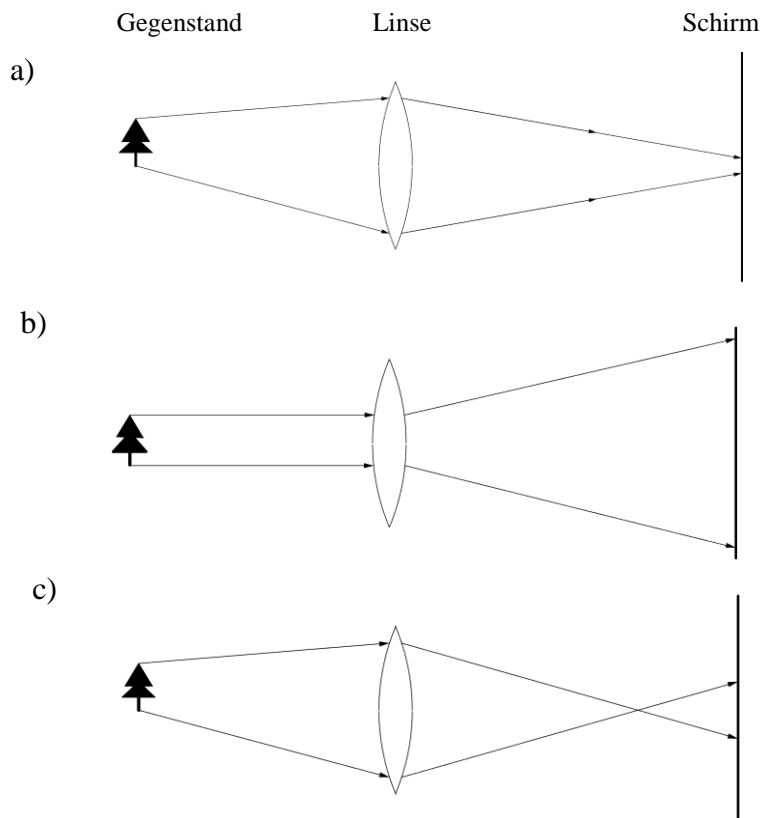
29. Wie ist die Lage des Bildes für den Betrachter, wenn man eine Sammellinse als Lupe verwendet? Das Bild erscheint dem Betrachter

- ☐ auf der Seite des Betrachters (rechts von der Linse) und es steht auf den Kopf.
- ☐ auf der Seite des Betrachters (rechts von der Linse) und es ist aufrecht.
- ☐ auf der Seite des Gegenstandes (links von der Linse) und es ist aufrecht.
- ☐ auf der Seite des Gegenstandes (links von der Linse) und es steht auf dem Kopf.



SV5

30. Welche der Zeichnungen zeigt den richtigen Weg des Lichts, wenn auf dem Schirm ein scharfes Bild zu sehen ist?

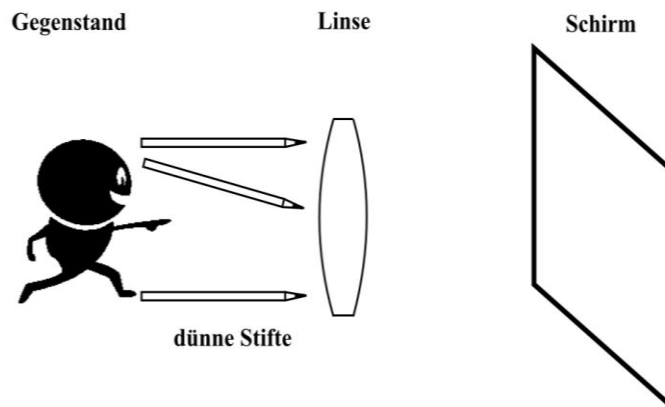


- ☐ Zeichnung a)
- ☐ Zeichnung b)
- ☐ Zeichnung c)
- ☐ keine der Zeichnungen

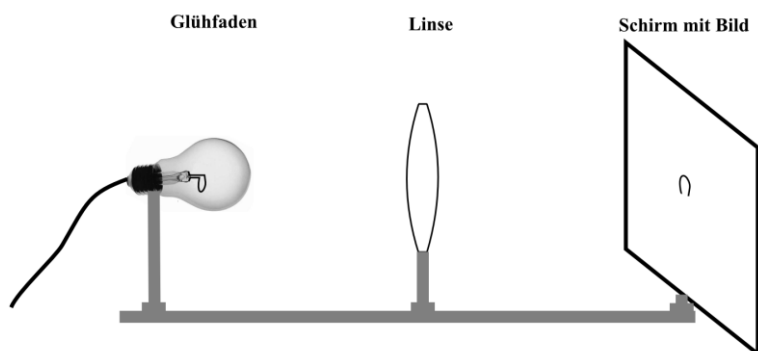
SV 5

31. Welche Aussagen zur Bildkonstruktion und Bildentstehung treffen zu?

- ☐ Nur die ausgezeichneten Strahlen kann man im Strahlengang zeichnen.
- ☐ Mit den ausgezeichneten Strahlen kann man den Strahlengang besonders leicht zeichnen.
- ☐ Die ausgezeichneten Strahlen erschweren die Zeichnung, machen sie dafür aber besonders genau.
- ☐ Ohne die ausgezeichneten Strahlen (wenn diese z.B. durch dünne Stifte aufgehalten werden) kann es kein Bild geben (siehe Abbildung).

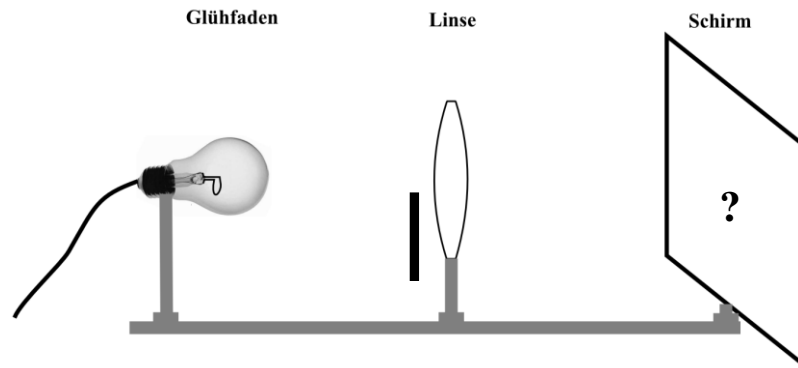


32. In einer Versuchsanordnung sind eine Glühlampe, eine Sammellinse und ein Schirm so montiert, dass ein vergrößertes, umgekehrtes, scharfes Bild des Glühfadens entsteht:



SV6

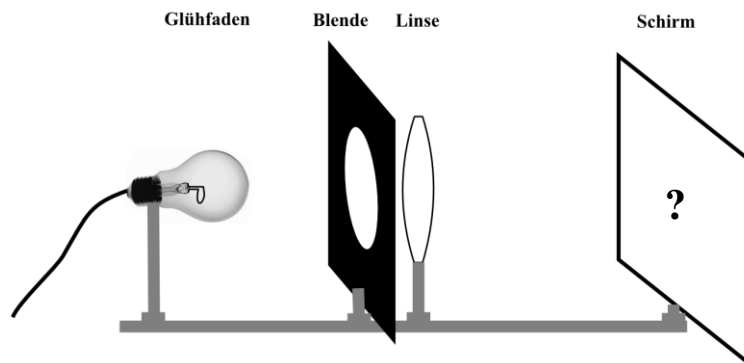
- a) Was passiert, wenn die untere Hälfte der Linse abgedeckt wird?



- ☐ Die obere Hälfte des Bildes wird abgeschnitten.
- ☐ Die untere Hälfte des Bildes wird abgeschnitten.
- ☐ Das Bild wird dunkler.
- ☐ Das Bild wird kleiner.

SV6

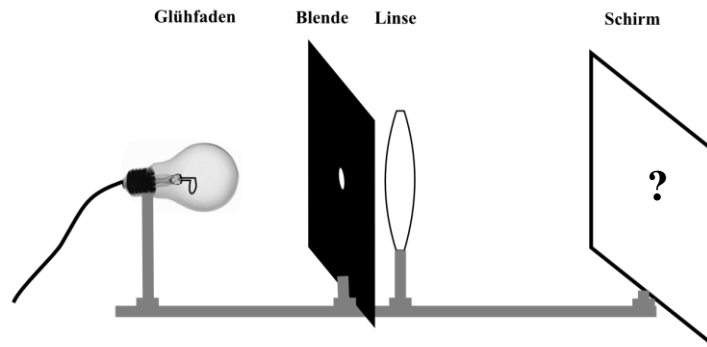
- b) Was passiert, wenn man einen Karton mit großem Loch (ringförmige Blende) vor die Linse hält?



- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird dunkler.
- ☐ Die Ränder des Bildes werden kreisförmig abgeschnitten.
- ☐ Das Bild wird heller.

SV6

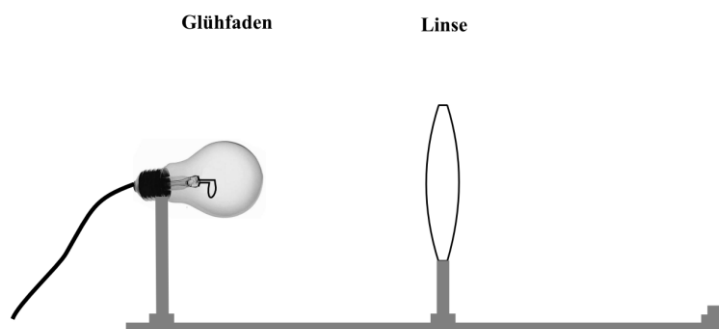
- c) Was passiert, wenn man einen Karton mit einem sehr kleinen Loch 5mm (ringförmige Blende) vor die Linse hält?



- ☐ Das Bild wird kleiner.
- ☐ Das Bild wird dunkler.
- ☐ Die Ränder des Bildes werden kreisförmig abgeschnitten.
- ☐ Das Bild wird heller.

SV 7

- d) Was passiert mit dem Bild, wenn der Schirm entfernt wird?



- ☐ Das Bild entsteht überhaupt nicht mehr.
- ☐ Das Bild wird so groß wie der Gegenstand.
- ☐ Das Bild wird größer.

- ☐ Das Bild entsteht frei im Raum.

SV 7

- e) Wo ist das Bild, nachdem der Schirm weggenommen wurde?
- ☐ Es befindet sich mehrere Meter hinter dem Schirm an der Wand.
 - ☐ Es befindet sich auf der Linse.
 - ☐ Es befindet sich an der Stelle im Raum, wo sich der Schirm befand.
 - ☐ Es entsteht kein Bild mehr.

SV 7

- f) Kann man auch ohne Schirm noch ein Bild sehen?
- ☐ Nein, weil das Bild nicht mehr entsteht.
 - ☐ Nein, weil das Bild nur mit Schirm scharf wird.
 - ☐ Das hängt vom Standpunkt des Betrachters ab: Das Bild befindet sich, an der Stelle, an der sich zuvor der Schirm befand. Wenn man das Auge in den Strahlengang bringt, kann man das Bild sehen.
 - ☐ Auch wenn man das Auge an die Stelle bringt, an der sich zuvor der Schirm befand, kann man das Bild *nicht* sehen. Ein Bild kann sich nicht ohne Schirm im Raum befinden.

SV8

33. Kann man das vergrößerte Bild eines Gegenstandes, das durch eine Lupe entsteht, mit einem Schirm auffangen?
- ☐ nein, weil das Bild exakt dort entsteht, wo sich der Gegenstand befindet.
 - ☐ ja, sonst könnte es der Betrachter nicht sehen.
 - ☐ nein, weil sich die Strahlen nicht in einem Bildpunkt treffen.
 - ☐ ja, weil man ein solches Bild fotografieren kann.

3. Angaben zu den Items

SV	Art der Schülervorstellung (SV) und <i>Beispiel</i>	Item	Quelle der SV	Quelle Item
SV 1	29. Lichtquellen a) Lichtausbreitung	1		Autoren
	b) Unterscheidung primäre und sekundäre Lichtquellen • <i>In einem vollständig abgedunkelten Raum sind helle Gegenstände sichtbar.</i>	2	Wie92a, S. 16	Autoren
SV2	30. Streuung und (diffuse) Reflexion an Oberflächen • <i>Sekundäre Lichtquellen strahlen kein Licht ab.</i> • <i>Licht, das auf eine Oberfläche fällt, bleibt auf dieser liegen und macht sie hell.</i>	3; 9; 10	Wie86, S. 26, 27	Autoren
SV3	31. Spiegel a) Lage des Spiegelbildes • <i>Das Spiegelbild liegt auf statt hinter der Spiegeloberfläche.</i>	6	Wie86, S. 26; Wie92b, S. 289	Item 6 aus: Wie86, S. 26
	• Reflexion (Spiegel) • <i>Der Spiegel wirft das Spiegelbild zum Betrachter zurück.</i>	7	Wie92b, S. 289	Item 7 nach Wie92b, S. 289
SV4	32. Linsenabbildung / Funktion Linse • <i>Hinter der Linse ist mehr Licht bzw. sind mehr Strahlen vorhanden als vor der Linse.</i> • <i>Durch die Sammellinse wird das Licht konzentriert.</i>	5; 8	Wie94, S.8; Wie86, S.28	Autoren
SV5	33. Linsenabbildung / Bildentstehung • <i>Die Entstehung des reellen Bildes bei einer Sammellinse wird durch Spiegelung / Reflexion durch die Linse erklärt.</i> • <i>Das Bild geht als Ganzes durch die Linse zum Schirm, dabei wird es in der Linse umgedreht.</i>	11; 13; 14; 16	Wie86, S.28; Wie94, S.8	vgl. Abbildung zu Item 11 Wie94, S. 8 vgl. Abbildung zu Item13 aus Gol87, S. 114

V6	34. Linsenabbildung / Fehlvorstellung Blende schneidet Bild ab <ul style="list-style-type: none"> • <i>Hält man eine ringförmige Blende vor die Linse, wird ein Teil des Bildes abgeschnitten.</i> • <i>Wird die Linse zur Hälfte abgedeckt, wird das Bild zur Hälfte abgeschnitten.</i> 	15 a, 15b, 15c	Wie94 , S. 8; Gol87, S. 112	vgl. Abbildungen Gol87, S. 110
SV7	35. Linsenabbildung / Bildentstehung reeller Bilder ohne Schirm <ul style="list-style-type: none"> • <i>Der Schirm ist für die Entstehung des Bildes notwendig.</i> • <i>Wenn kein Schirm vorhanden ist, befindet sich das Bild auf der Linse.</i> 	15 d, 15e, 15f	Gol87, S. 114	vgl. Abbildung Gol87, S. 110, Ideen für Distraktoren entnommen aus Gol87, S. 114
SV8	36. Entstehung virtueller Bilder Diverse Schwierigkeiten bei der Erklärung virtueller Bilder.	12; 16	Wie86, S. 28	Autoren
SV9	37. Wissenschaftstheoretisches Verständnis Lichtstrahlen: Modellkompetenz <ul style="list-style-type: none"> • <i>Licht wird als Substanz aufgefasst.</i> • <i>Lichtstrahlen versus Lichtbündel.</i> 	4; 14	Rei00, S. 15ff.	Autoren

4. Lösungen

Nr. 1: Lösung vollständig, wenn die Bereiche korrekt angegeben und der Schatten ausgespart wurde.

Nr. 2: a), Nr. 3: a), Nr. 4: b), Nr. 5: b) und c), Nr. 6: b), Nr. 7: b), Nr. 8: c) und d), Nr. 9: a), Nr. 10: d), Nr. 11: c), Nr. 12: b), Nr. 13: c), Nr. 14: b), Nr. 15-a: c); Nr. 15-b: b); Nr. 15-c: b), Nr. 15-d: d), Nr. 15-e: c); Nr. 15-f: c); Nr. 16: b)

Die Lösungen sind wie folgt angegeben (Beispiel, hier Item 2)

2. Welche der folgenden Gegenstände / Lebewesen kann man in einem völlig abgedunkelten Raum sehen?

- ☒ ein leuchtendes Glühwürmchen
- ☐ ein weißes Blatt Papier
- ☐ einen Fahrrad-Reflektor
- ☐ die Augen einer Katze

Lösung: Nr. 2: a)

5. Literatur

- Gol87 Goldberg, F. M. & McDermott, L. C. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55, 108-119.
- Rei00 Reiner, R., Slotta, J.D., Chi, M.T. H., Resnick, L.B. (2000). Naive Physics Reasoning: A Commitment to Substance-Based Conceptions. *Cognition and Instruction*, 18, 1-34.
- Wie86 Wiesner, H. (1986). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten im Bereich Optik. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 34, 25-29.
- Wie92a Wiesner, H. (1992). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten mit dem Spiegelbild. *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik*, 3, 16-18.
- Wie92b Wiesner, H. (1992). Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik (I). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In: *Physik in der Schule*, 30, 286-290.
- Wie94 Wiesner, H. (1994). Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. *NiU-Physik*, 22, 7-15.

C7 Fragebogen zur Motivation und zum Lehrerengagement

FRAGEBOGEN zum Fach PHYSIK

Klassenstufe: ____	Schüler-Nr. _____
Schulart:	Datum: _____
<input type="checkbox"/> Realschule	Geschlecht:
<input type="checkbox"/> Integrierte Gesamtschule	<input type="checkbox"/> weiblich
<input type="checkbox"/> Gymnasium	<input type="checkbox"/> männlich

Wie findest Du den Physikunterricht ALLGEMEIN?

Mit diesem Fragebogen sollst Du Auskunft darüber geben, wie der Physikunterricht **Deiner Meinung nach** bislang in Deiner Schulzeit gewesen ist. Kreuze bitte bei jeder Aussage die Ziffer an, die für Dich der Aussage am meisten entspricht.

		trifft gar nicht zu	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	trifft voll und ganz
Sk1	1. Physikunterricht macht Spaß.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN78	2. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, damit ich ein gutes Zeugnis bekomme.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk3	3. Der Unterrichtsstoff in Physik ist für mich verständlich.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE4	4. Ich schaue zu Hause in Büchern, im Internet oder ähnlichem nach, um mehr zu Themen aus dem Physikunterricht zu erfahren.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk5	5. Meine Leistungen in Physik sind nach meiner eigenen Einschätzung gut.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk6	6. Ich beteilige mich aktiv am Physikunterricht.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN81	7. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, damit ich später den Beruf bekomme, den ich möchte.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk8	8. Ich erwarte, dass meine Leistungen in Physik in Zukunft gut sein werden.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE9	9. In meiner Freizeit beschäftige ich mich auch über die Hausaufgaben hinaus mit Themen, die mit Physik zu tun haben.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN85	10. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, damit ich schlechte Noten besser ausgleichen kann.	①	②	③	④	⑤	⑥

C7 Fragebogen zur Motivation und zum Lehrerengagement

		trifft gar nicht zu	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	trifft voll und ganz zu
Sk11	11. Es gelingt mir stets, die Aufgaben im Physikunterricht zu lösen.	①	②	③	④	⑤	⑥
LES1	12. Im bisherigen Physikunterricht hatte ich das Gefühl, dass sich der Lehrer/die Lehrerin für das Thema interessiert.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk12	13. Ich freue mich auf den Physikunterricht.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN89	14. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, weil ich ohne Physik in meinem späteren Leben nicht weiterkomme.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk14	15. Ich bin im Physikunterricht konzentriert.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE15	16. Ich strenge mich in Physik mehr an als in anderen Fächern.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN91	17. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, weil ich gute Noten bekommen möchte.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE17	18. Ein physikalisches Problem zu lösen, macht mir Spaß.	①	②	③	④	⑤	⑥
LES2	19. Im bisherigen Physikunterricht war der Lehrer/die Lehrerin selbst voll bei der Sache.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk18	20. Durch die Aufgaben in Physik kann ich das behandelte Thema verstehen.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE19	21. Ich spreche oft mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge aus dem Physikunterricht.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE20	22. Physik ist mein Lieblingsfach.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN93	23. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, weil ich einen guten Durchschnitt in Physik haben möchte.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk22	24. Ich glaube, dass mich die anderen Schüler in meiner Klasse für gut in Physik halten.	①	②	③	④	⑤	⑥
IES23	25. Mir gefällt unser Physikunterricht.	①	②	③	④	⑤	⑥
LES3	26. Mein Physiklehrer wirkt begeistert im Physikunterricht.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE25	27. Wenn ich mich mit einem physikalischen Problem beschäftige kann es passieren, dass ich gar nicht merke, wie die Zeit verfliegt.	①	②	③	④	⑤	⑥
LES4	28. Im bisherigen Physikunterricht hat man gemerkt, dass der Lehrer/die Lehrerin uns gern unterrichtet.	①	②	③	④	⑤	⑥

FRAGEBOGEN zum Fach PHYSIK

Klassenstufe: ____ Schulart: <input type="checkbox"/> Realschule <input type="checkbox"/> Integrierte Gesamtschule <input type="checkbox"/> Gymnasium	Schüler-Nr. _____ Datum: _____ Geschlecht: <input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich
---	--

Wie findest Du den Physikunterricht **der letzten 6 Stunden?**

Mit diesem Fragebogen sollst Du Auskunft darüber geben, wie der Physikunterricht **Deiner Meinung nach** bislang während der Studie gewesen ist. Kreuze bitte bei jeder Aussage die Ziffer an, die für Dich der Aussage am meisten entspricht.

		trifft gar nicht zu	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	trifft voll und ganz
Sk1	29. Physikunterricht macht Spaß.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN78	30. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, damit ich ein gutes Zeugnis bekomme.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk3	31. Der Unterrichtsstoff in Physik ist für mich verständlich.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE4	32. Ich habe verstanden, was eine Sammellinse bewirkt.	①	②	③	④	⑤	⑥
	33. Ich schaue zu Hause in Büchern, im Internet oder ähnlichem nach, um mehr zu Themen aus dem Physikunterricht zu erfahren.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk5	34. Meine Leistungen in Physik sind nach meiner eigenen Einschätzung gut.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk6	35. Ich beteilige mich aktiv am Physikunterricht.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN81	36. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, damit ich später den Beruf bekomme, den ich möchte.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk8	37. Ich habe verstanden, wozu Strahlengänge bei der Bildentstehung der Sammellinse nützlich sind.	①	②	③	④	⑤	⑥
	38. Ich erwarte, dass meine Leistungen in Physik in Zukunft gut sein werden.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE9	39. In meiner Freizeit beschäftige ich mich auch über die Hausaufgaben hinaus mit Themen, die mit Physik zu tun haben.	①	②	③	④	⑤	⑥
	40. Für Physikaufgaben zur Bildentstehung fallen mir oft mehrere Lösungswege ein.	①	②	③	④	⑤	⑥

C7 Fragebogen zur Motivation und zum Lehrerengagement

		trifft gar nicht zu	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	trifft voll und ganz
	41. Es gelingt mir stets, die Aufgaben im Physikunterricht zu lösen.	①	②	③	④	⑤	⑥
	42. Das Schülerexperiment zur Bildentstehung hat mir Spaß gemacht.	①	②	③	④	⑤	⑥
	43. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, damit ich schlechte Noten besser ausgleichen kann.	①	②	③	④	⑤	⑥
LES1	44. Im Physikunterricht der letzten 6 Unterrichtsstunden hatte ich das Gefühl, dass sich der Lehrer/die Lehrerin für das Thema interessiert.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk12	45. Ich freue mich auf den Physikunterricht.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN89	46. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, weil ich ohne Physik in meinem späteren Leben nicht weiterkomme.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk14	47. Ich bin im Physikunterricht konzentriert.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE15	48. Ich habe verstanden, wozu die Abbildungsgleichung nützlich ist.	①	②	③	④	⑤	⑥
	49. Ich strenge mich in Physik mehr an als in anderen Fächern.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN91	50. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, weil ich gute Noten bekommen möchte.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE17	51. Strahlengänge zu zeichnen, macht Spaß.	①	②	③	④	⑤	⑥
	52. Ein physikalisches Problem zu lösen, macht mir Spaß.	①	②	③	④	⑤	⑥
LES2	53. Im Physikunterricht der letzten 6 Unterrichtsstunden war der Lehrer/die Lehrerin selbst voll bei der Sache.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk18	54. Durch die Aufgaben in Physik kann ich das behandelte Thema verstehen.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE19	55. Ich spreche oft mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge aus dem Physikunterricht.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE20	56. Physik ist mein Lieblingsfach.	①	②	③	④	⑤	⑥
GN93	57. In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, weil ich einen guten Durchschnitt in Physik haben möchte.	①	②	③	④	⑤	⑥
Sk22	58. Ich glaube, dass mich die anderen Schüler in meiner Klasse für gut in Physik halten.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE23	59. Mir gefällt unser Physikunterricht.	①	②	③	④	⑤	⑥
LES3	60. Meine Physiklehrerin/Mein Physiklehrer wirkt begeistert im Physikunterricht.	①	②	③	④	⑤	⑥
IE25	61. Wenn ich mich mit einem physikalischen Problem beschäftige, kann es passieren, dass ich gar nicht merke, wie die Zeit verfliegt.	①	②	③	④	⑤	⑥
LES4	62. Im Physikunterricht der letzten 6 Unterrichtsstunden hat man gemerkt, dass die Lehrerin/der Lehrer uns gern unterrichtet.	①	②	③	④	⑤	⑥

C7 Fragebogen zur Motivation und zum Lehrerengagement

SK: Selbstkonzept (Kuhn, 2009, S-305-308)

IE: Intrinsische Motivation / Engagement (Kuhn, 2009, S-305-308)

GN: Gute Noten (extrinsische Motivation, Rheinberg & Wendland, 2001, 2003)

LES: Lehrerengagement aus Schülersicht(abgewandelt nach Seidel et al., 2003)

C8 Notizheft Hauptstudie Linse

Notizheft Hauptstudie Linse Klasse 1 (Kl. 1): Bezeichnung der Klasse: _____

Fächer: _____

Schulort: _____

Datum: _____

*Ich habe Physik für Lehramt /Diplom als Hauptfach/Nebenfach studiert. Ich habe in Physik promoviert.
(nichtzutreffendes bitte streichen)*

Ich unterrichte Physik seit _____ Jahren an folgendem Schultyp:

Bitte schätzen Sie nach der Ausführung der entsprechenden Unterrichtsstunden die Aufgaben insgesamt hinsichtlich ihrer Schwierigkeit und des Umfangs ein und bewerten Sie den Unterrichtsablauf und die Lernbilanz nach jeder Stunde.

Schwierigkeit:

- (3) "Die Aufgaben sind zu schwierig für eine Unterrichtsstunde"
- (2) "Die Aufgaben sind schwierig, aber in einer Unterrichtsstunde lösbar"
- (1) "Die Aufgaben sind nicht sehr schwierig "
- (0) "Die Aufgaben sind zu einfach für eine Unterrichtsstunde"

Umfang:

- (3) "Die Aufgaben sind zu umfangreich für eine Unterrichtsstunde"
- (2) "Die Aufgaben sind umfangreich, aber in einer Unterrichtsstunde lösbar"
- (1) "Der Aufgabenumfang ist in einer Unterrichtsstunde gut lösbar"
- (0) "Es sind zu wenige Aufgaben für eine Unterrichtsstunde"

	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
Unterrichtsablauf:				
Der Unterricht hat pünktlich begonnen.	(1)	(2)	(3)	(4)
Die Schüler/innen waren die ganze Stunde über aufmerksam und konzentriert.	(1)	(2)	(3)	(4)
Den Schüler/innen war jederzeit klar, was sie tun sollten.	(1)	(2)	(3)	(4)
Die gesamte Zeit wurde für den Unterrichtsstoff verwendet.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lernbilanz:				
<i>Ich schätze:</i> Die Schüler haben in dieser Stunde etwas dazu gelernt.	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Ich schätze:</i> Der Unterricht hat die Schüler/innen zum Nachdenken angeregt.	(1)	(2)	(3)	(4)

Notizheft Hauptstudie Linse Klasse 2 (Kl. 2): Bezeichnung der Klasse: _____

Siehe Klasse 2

Die Einschätzung der folgenden Unterrichtsstunden erfolgte für beide Bedingungen (TG) und (KG) in gleicher Weise.

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

Tabelle 6
Informationen zur Stichprobe je Bedingung und Schultyp

Schultyp	Bedingung		Geschlecht		Stufe	Art des Treatments	Lehrkraft	
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl			Geschlecht	Unterrichtsfächer
							Berufserfahrung	
GY	57	KG	28	m	8	Kontrollgruppe	w,	
				w	20		Physik,	
		TG	29	m	10	Treatment 1	30 Jahre	
				w	19			
GY	51	KG	26	m	12	Kontrollgruppe	m,	Physik und
				w	14		Mathematik,	
		TG	25	m	9	Treatment 1	13 Jahre	
				w	16			
IGS	41	KG	19	m	8	Kontrollgruppe	m,	Physik
				w	11		und Mathematik,	
		TG	22	m	10	Treatment 1	13 Jahre	
				w	12			
GY	53	KG	24	m	12	Kontrollgruppe		
				w	12		m,	Physik,
		TG	29	m	16	Treatment 1	6 Jahre	
				w	13			
GY	46	KG	20	m	11	Kontrollgruppe	w,	Physik
				w	9		und Mathematik,	
		TG	26	m	12	Treatment 1	2 Jahre	
				w	14			
GY	47	KG	24	m	7	Kontrollgruppe		
				w	17		m,	
		TG	23	m	13	Treatment variiert (POE)	Physik,	12 Jahre
				w	10			
GY	56	KG	29	m	17	Kontrollgruppe	w,	Physik,
				w	12		Mathematik,	
		TG	27	m	18	Treatment variiert (POE)	evangelische Religion,	
				w	9		7 Jahre	
GY	54	KG	27	m	17	Kontrollgruppe		
				w	10		m,	Physik,
		TG	27	m	17	Treatment 1	Mathematik,	26 Jahre
				w	10			
IGS	51	KG	30	m	15	Kontrollgruppe		
				w	15		m,	Physik,
		TG	21	m	12	Treatment variiert (POE)	Biologie,	8 Jahre
				w	9			
		KG	23	m	14	Kontrollgruppe		
				w	9			
GY	69	TG	24	m	12			
				w	12		m,	Physik,
		TG	22	m	6	Treatment 1	5 Jahre	
				w	16			

Tabelle 7

Übersicht über die Überarbeitung des Konzepttests Pilotstudie versus Hauptstudie

Itemnr. Hauptstudie	Pilotstudie	Hauptstudie
Item 1	identisch	identisch
Item 2	5 Antwortmöglichkeiten	4 anstelle von 5 Antwortmöglichkeiten
Item 3	-	3. Item: neu (Streuung)
Item 4	3. Item	Identisch mit 4. Item
Item 5	4. Item ^a : 3 Antwortmöglichkeiten	Hier: Item5: 4 anstelle von 3 Antwortmöglichkeiten
	5. Item ^a	<i>Entfällt</i>
Item 6	6. Item	identisch
Item 7	7. Item ^a : 3 Antwortmöglichkeiten	4 anstelle von 3 Antwortmöglichkeiten
	7b) ^a	<i>entfällt</i>
Item 8	Item 8: 6 Antwortmöglichkeiten	4 anstelle von 7 Antwortmöglichkeiten
Item 9		9. Item: neu (Streuung)
Item 10		10. Item: neu (Streuung)
Item 11	Item 9:	identisch mit Item 11
Item 12		12. Item: neu (virtuelle Bilder)
Item 13	Item 10: 3 Antwortmöglichkeiten	Hier Item 13: 4 anstelle von 3 Antwortmöglichkeiten
Item 14	Item 11	Identisch mit Item 14
	Item 12 a) ^a	<i>entfällt</i>
Item 15 a)	Item 12 b): 6 Antwortmöglichkeiten	Hier Item 15 a) 4 anstelle 6 Antwortmöglichkeiten
Item 15 b)	Item 12 c): 5 Antwortmöglichkeiten	Hier Item 15 b) 4 anstelle von 5 Antwortmöglichkeiten
Item 15 c)	Item 12 d): 5 Antwortmöglichkeiten	Hier Item 15 c) 4 anstelle von 5 Antwortmöglichkeiten
Item 15 d)	Item 12 e): 5 Antwortmöglichkeiten	Hier Item 15 d) 4 anstelle von 5 Antwortmöglichkeiten
Item 15 e)	Item 12 f)	Identisch mit Item 15 e)
Item 15 f)	Item 12 g)	Identisch mit Item 15 f)
	Item 13	<i>entfällt</i>
	Item 14 ^a	<i>entfällt</i>
	Item 15	<i>entfällt</i>
	Item 16	<i>entfällt</i>
	Item 17a) ^a	<i>entfällt</i>
	Item 17b)	<i>entfällt</i>
	Item 17c)	<i>entfällt</i>
	Item 17d)	<i>entfällt</i>
	Item 17e)	<i>entfällt</i>
	Item 17f)	<i>entfällt</i>
	Item 17g)	<i>entfällt</i>
Item 16		
\sum Anzahl Items	21	21

^a Items mit negativer Trennschärfe in der Pilotstudie.

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

Tabelle 8

Itemmittelwerte und Standardabweichungen des Leistungstests je Messzeitpunkt

Item und Maximalpunktzahl		Prätest (<i>N</i> = 492)		Posttest (<i>N</i> = 484)		Follow-up Test (<i>N</i> = 496)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Item 1	4	0.82	1.47	1.36	1.69	1.41	1.67
Item 2Z	7	0.30	0.76	5.02	2.26	4.26	2.50
Item 2a	4	0.25	0.72	2.08	1.49	1.57	1.50
Item 2b	4	0.02	0.16	0.73	1.18	0.31	0.68
Item 3	2	0.18	0.37	0.71	0.73	0.45	0.58
Item 4a	5	0.17	0.45	2.43	1.12	2.15	1.24
Item 4b	3	0.09	0.29	0.99	0.75	0.86	0.72
Item 4b	1.50	0.02	0.11	0.36	0.44	0.36	0.47
Erklärung							
Item 5a	1	0.02	0.11	0.39	0.30	0.32	0.30
Item 5b	1	0.27	0.44	0.60	0.49	0.54	0.50
Item 5c	1						
Erklärung 1		0.01	0.07	0.35	0.44	0.29	0.44
Item 5c	1						
Erklärung 2		0.04	0.18	0.32	0.43	0.15	0.32
Item 6	3	0.01	0.10	0.38	0.79	0.10	0.39
Item 7	4.50	0.19	0.69	1.91	1.59	0.85	1.26

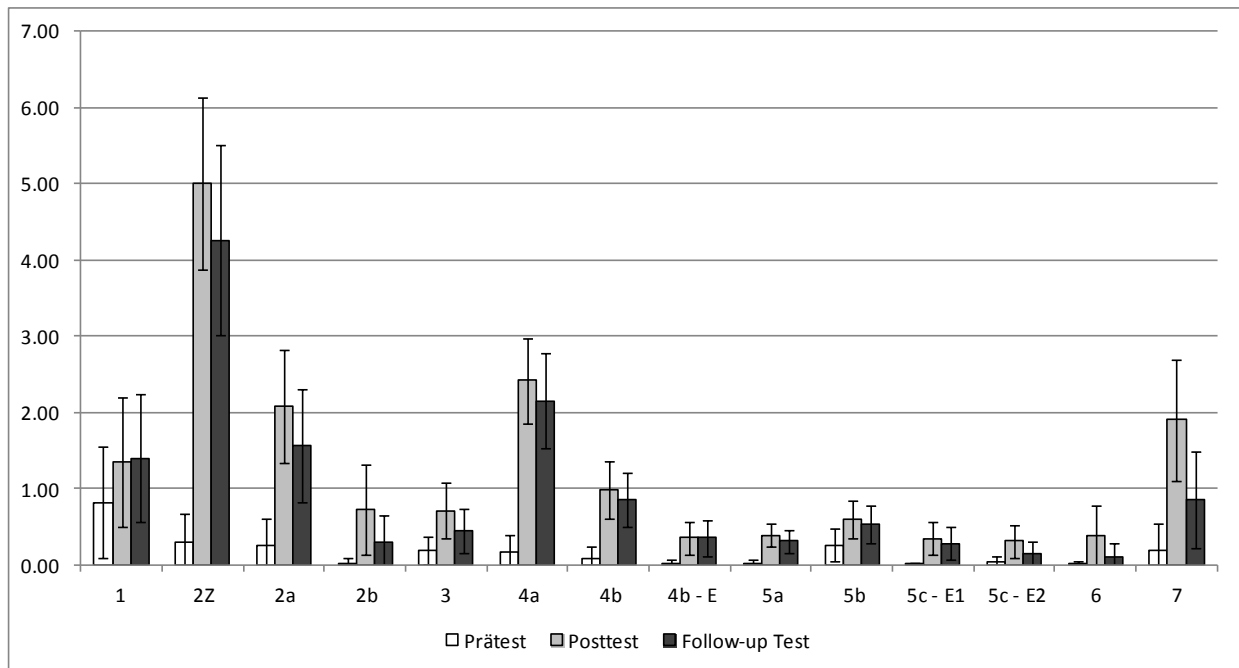


Abbildung 2: Itemmittelwerte und Standardabweichungen für den Leistungstest je Messzeitpunkt

Tabelle 9

Trennschärfen und Lösungswahrscheinlichkeiten im Leistungstest je Messzeitpunkt

Item	Prätest (<i>N</i> = 492)		Posttest (<i>N</i> = 484)		Follow-up Test (<i>N</i> = 496)	
	<i>r_{it}</i>	<i>P_i</i>	<i>r_{it}</i>	<i>P_i</i>	<i>r_{it}</i>	<i>P_i</i>
Item1	0.02	0.21	0.33	0.34	0.38	0.35
Item2Z	0.23	0.04	0.58	0.72	0.57	0.61
Item2a	0.24	0.06	0.52	0.52	0.52	0.39
Item2b	0.28	0.01	0.45	0.18	0.39	0.08
Item3	0.06	0.09	0.52	0.36	0.32	0.23
Item4a	0.22	0.03	0.42	0.49	0.59	0.43
Item4b	0.11	0.03	0.49	0.33	0.51	0.29
Item4b Erklärung	0.17	0.01	0.50	0.24	0.48	0.24
Item5a	0.10	0.02	0.34	0.39	0.42	0.32
Item5b	0.12	0.27	0.36	0.60	0.47	0.54
Item5c Erklärung1	0.01	0.01	0.45	0.35	0.41	0.29
Item5c Erklärung2	0.18	0.04	0.47	0.32	0.35	0.15
Item6	0.01	0.00	0.29	0.13	0.18	0.03
Item7	-0.09	0.04	0.56	0.42	0.37	0.19

Tabelle 10

Mittelwerte und Standardabweichungen des Konzeptprätests der Stichproben „SV“ und „Ko“ im Vergleich (nur Gymnasiasten)

Item	Prätest (SV) (<i>n_{SV-GY}</i> = 415)		Prätest (Ko) (<i>N_{Ko}</i> = 444)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
1	1.10	0.53	1.05	0.61
2	1.40	0.67	1.37	0.75
3	1.41	0.85	1.02	0.97
4	0.39	0.74	0.62	0.87
5	0.42	0.58	0.42	0.55
6	0.82	0.97	0.96	0.98
7	0.37	0.77	0.41	0.80
8	0.77	0.65	0.67	0.67
9	0.67	0.89	0.56	0.86
10	1.38	0.89	1.36	0.91
11	0.54	0.86	0.35	0.74
12	0.35	0.74	0.33	0.73
13	0.91	0.98	0.82	0.98
14	0.40	0.76	0.39	0.77
15a	0.26	0.59	0.25	0.60
15b	0.23	0.57	0.24	0.57
15c	0.33	0.69	0.34	0.68
15d	0.62	0.86	0.58	0.87
15e	0.21	0.61	0.17	0.54
15f	0.38	0.78	0.25	0.66
16	0.73	0.92	0.65	0.91

Tabelle 11

Mittelwerte und Standardabweichungen des Konzepttests je Stichprobe und Messzeitpunkt

Item	Prätest Gesamt (<i>N</i> = 935)		Posttest SV (<i>N</i> = 480)		Posttest Ko (<i>N</i> = 384)		Follow-up Test SV (<i>N</i> = 486)		Follow-up Test Ko (<i>N</i> = 436)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
1	1.06	0.57	1.08	0.57	1.18	0.67	1.08	0.53	1.06	0.67
2	1.36	0.73	1.48	0.71	1.48	0.75	1.55	0.69	1.44	0.79
3	1.20	0.93	1.41	0.83	1.16	0.94	1.47	0.81	1.16	0.94
4	0.49	0.81	0.85	0.89	0.71	0.87	0.79	0.86	0.69	0.87
5	0.42	0.56	0.60	0.60	0.58	0.62	0.56	0.59	0.56	0.63
6	0.87	0.97	0.82	0.97	1.04	0.99	0.91	0.98	1.05	0.98
7	0.40	0.79	0.55	0.88	0.38	0.78	0.56	0.89	0.40	0.79
8	0.71	0.65	0.74	0.68	0.59	0.68	0.75	0.72	0.58	0.65
9	0.60	0.87	0.70	0.89	0.62	0.86	0.65	0.88	0.53	0.84
10	1.33	0.91	1.35	0.91	1.39	0.89	1.35	0.89	1.35	0.90
11	0.42	0.79	0.86	0.95	0.63	0.90	0.81	0.94	0.62	0.91
12	0.34	0.73	0.47	0.83	0.60	0.90	0.48	0.84	0.56	0.89
13	0.84	0.98	0.93	0.99	1.04	1.00	0.92	0.99	1.00	0.99
14	0.40	0.77	0.80	0.93	0.52	0.83	0.85	0.95	0.67	0.91
15a	0.25	0.60	1.09	0.95	0.33	0.64	0.96	0.96	0.36	0.66
15b	0.22	0.57	0.80	0.94	0.33	0.67	0.85	0.94	0.40	0.74
15c	0.34	0.69	0.77	0.92	0.31	0.61	0.83	0.91	0.43	0.72
15d	0.60	0.87	0.52	0.84	0.46	0.80	0.46	0.81	0.46	0.81
15e	0.21	0.60	0.31	0.71	0.12	0.46	0.25	0.64	0.22	0.61
15f	0.33	0.74	0.66	0.93	0.22	0.63	0.51	0.87	0.32	0.72
16	0.67	0.91	0.90	0.95	0.53	0.86	0.88	0.95	0.58	0.88

Tabelle 12

Itemschwierigkeit für den Konzepttest: Prä (Gesamt) sowie Post und Follow-up je Stichprobe

Item	P_i Prätest Gesamt ($N = 935$)	P_i Posttest SV ($N = 480$)	P_i Posttest Ko ($N = 384$)	P_i Follow-up Test SV ($N = 486$)	P_i Follow-up Test Ko ($N = 436$)
1	0.53	0.54	0.59	0.54	0.53
2	0.68	0.74	0.74	0.78	0.72
3	0.60	0.70	0.58	0.73	0.58
4	0.25	0.42	0.35	0.40	0.34
5	0.21	0.30	0.29	0.28	0.28
6	0.43	0.41	0.52	0.46	0.52
7	0.20	0.27	0.19	0.28	0.20
8	0.35	0.37	0.30	0.37	0.29
9	0.30	0.35	0.31	0.33	0.27
10	0.66	0.68	0.69	0.68	0.67
11	0.21	0.43	0.32	0.41	0.31
12	0.17	0.24	0.30	0.24	0.28
13	0.42	0.47	0.52	0.46	0.50
14	0.20	0.40	0.26	0.42	0.34
15a	0.13	0.55	0.17	0.48	0.18
15b	0.11	0.40	0.17	0.43	0.20
15c	0.17	0.39	0.16	0.42	0.22
15d	0.30	0.26	0.23	0.23	0.23
15e	0.10	0.15	0.06	0.13	0.11
15f	0.16	0.33	0.11	0.26	0.16
16	0.34	0.45	0.26	0.44	0.29

Tabelle 13

Korrigierte Trennschärfen für den Konzepttest je Stichprobe und Messzeitpunkt

Item	r_{it} Prätest Gesamt ($N = 935$)	r_{it} Posttest SV ($N = 480$)	r_{it} Posttest Ko ($N = 384$)	r_{it} Follow-up Test SV ($N = 486$)	r_{it} Follow-up Test Ko ($N = 436$)
1	0.26	0.11	0.36	0.12	0.47
2	0.33	0.15	0.37	0.12	0.50
3	0.19	0.14	0.24	0.09	0.33
4	0.15	0.12	0.16	0.09	0.28
5	0.14	0.06	0.16	0.07	0.26
6	0.21	0.14	0.22	0.14	0.30
7	0.10	0.07	0.07	0.06	0.07
8	0.16	0.07	0.13	0.06	0.22
9	0.15	0.15	0.14	0.07	0.15
10	0.30	0.24	0.39	0.20	0.44
11	0.14	0.13	0.12	0.13	0.25
12	0.09	0.10	0.12	0.07	0.20
13	0.14	0.13	0.24	0.06	0.27
14	0.13	0.15	0.14	0.18	0.31
15a	0.03	0.31	0.16	0.33	0.28
15b	0.11	0.40	0.14	0.50	0.27
15c	0.09	0.39	0.12	0.50	0.25
15d	0.07	0.10	0.09	0.09	0.15
15e	0.00	0.12	0.07	0.13	0.13
15f	0.05	0.19	0.10	0.08	0.14
16	0.12	0.06	0.09	0.07	0.15

Tabelle 14

Anzahl Individuen je Stichprobe und faktorenanalytische Methode

Analyse	EFA			CFA		
Stichprobe	„SV“	„Ko“	Gesamt	„SV“	„Ko“	Gesamt
Prätest (n)	245	222	467	246	225	471
Posttest (n)	239	191	430	241	198	439
Follow-up Test (n)	246	217	463	240	223	439

Tabelle 15

Mittelwerte und Standardabweichungen des Motivationsfragebogens je Messzeitpunkt

Item	Prätest (<i>N</i> = 387)		Posttest (<i>N</i> = 362)		Follow-up Test (<i>N</i> = 391)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
1 (SK)	3.85	1.30	3.50	1.44	3.53	1.43
2 (GN)	4.42	1.09	4.35	1.13	4.14	1.24
3 (SK)	4.20	1.20	3.82	1.40	3.99	1.32
4 (IE)	2.47	1.32	2.32	1.29	2.36	1.32
5 (SK)	3.88	1.26	3.78	1.35	3.87	1.29
6 (SK)	3.90	1.15	3.78	1.23	3.90	1.22
7 (GN)	3.51	1.54	3.34	1.53	3.19	1.57
8 (SK)	4.60	1.00	4.54	1.11	4.46	1.16
9 (IE)	2.43	1.37	2.41	1.31	2.44	1.36
10 (GN)	3.79	1.49	3.95	1.18	3.50	1.62
11 (SK)	4.17	1.03	3.74	1.56	3.96	1.19
12 (LES)	4.82	1.30	4.31	1.52	4.51	1.43
13 (SK)	3.53	1.43	3.16	1.53	3.16	1.46
14 (GN)	2.90	1.37	2.87	1.42	2.77	1.35
15 (SK)	4.12	1.18	3.95	1.25	3.89	1.25
16 (IE)	2.87	1.25	2.67	1.25	2.73	1.25
17 (GN)	4.60	1.11	4.39	1.25	4.38	1.26
18 (IE)	3.65	1.35	3.26	1.44	3.27	1.42
19 (LES)	4.77	1.34	4.39	1.49	4.49	1.46
20 (SK)	4.13	1.23	3.86	1.32	3.88	1.28
21 (IE)	2.74	1.42	2.67	1.52	2.69	1.45
22 (IE)	2.34	1.37	2.14	1.37	2.23	1.38
23 (IE)	4.08	1.21	4.04	1.26	3.96	1.34
24 (GN)	3.16	1.31	3.13	1.43	3.20	1.39
25 (SK)	3.86	1.49	3.46	1.53	3.51	1.55
26 (LES)	4.23	1.50	4.03	1.53	4.20	1.56
27 (IE)	3.06	1.43	2.73	1.50	2.69	1.48
28 (LES)	4.11	1.56	3.76	1.67	3.97	1.57

Anmerkungen. Skala von 1 bis 6:

- 1 trifft gar nicht zu
- 2 trifft nicht zu
- 3 trifft eher nicht zu
- 4 trifft eher zu
- 5 trifft zu
- 6 trifft voll und ganz zu

SK: Selbstkonzept (Kuhn, 2008, S. 305-308)

IE: Intrinsische Motivation / Engagement (Kuhn, 2008, S.305-308)

GN: Gute Noten (extrinsische Motivation, Rheinberg & Wendland, 2003, 2004)

LES: Lehrerengagement aus Schülersicht (abgewandelt nach Seidel et al., 2003)

Tabelle 16

Trennschärfen und Lösungswahrscheinlichkeiten des Motivationsfragebogens je Messzeitpunkt

Item	Prätest (<i>N</i> = 387)		Posttest (<i>N</i> = 362)		Follow-up Test (<i>N</i> = 391)	
	<i>r_{it}</i>	<i>P_i</i>	<i>r_{it}</i>	<i>P_i</i>	<i>r_{it}</i>	<i>P_i</i>
Item 1 (SK)	0.71	0.64	0.75	0.58	0.74	0.59
Item 2 (GN)	0.47	0.74	0.50	0.72	0.59	0.69
Item 3 (SK)	0.63	0.70	0.66	0.64	0.63	0.66
Item 4 (IE)	0.55	0.41	0.55	0.39	0.49	0.39
Item 5 (SK)	0.50	0.65	0.60	0.63	0.58	0.65
Item 6 (SK)	0.58	0.65	0.57	0.63	0.54	0.65
Item 7 (GN)	0.55	0.58	0.56	0.56	0.53	0.53
Item 8 (SK)	0.48	0.77	0.58	0.76	0.54	0.74
Item 9 (IE)	0.60	0.41	0.56	0.40	0.50	0.41
Item 10 (GN)	0.55	0.63	0.65	0.66	0.28	0.58
Item 11 (SK)	0.50	0.69	0.40	0.62	0.65	0.66
Item 12 (LES)	0.60	0.80	0.53	0.72	0.53	0.75
Item 13 (SK)	0.65	0.59	0.79	0.53	0.75	0.53
Item 14 (GN)	0.61	0.48	0.58	0.48	0.56	0.46
Item 15 (SK)	0.34	0.69	0.70	0.66	0.68	0.65
Item 16 (IE)	0.52	0.48	0.66	0.44	0.56	0.45
Item 17 (GN)	0.77	0.77	0.56	0.73	0.60	0.73
Item 18 (IE)	0.51	0.61	0.73	0.54	0.75	0.55
Item 19 (LES)	0.68	0.80	0.57	0.73	0.46	0.75
Item 20 (SK)	0.62	0.69	0.70	0.64	0.73	0.65
Item 21 (IE)	0.64	0.46	0.48	0.44	0.51	0.45
Item 22 (IE)	0.53	0.39	0.69	0.36	0.62	0.37
Item 23 (IE)	0.61	0.68	0.63	0.67	0.62	0.66
Item 24 (GN)	0.73	0.53	0.61	0.52	0.54	0.53
Item 25 (SK)	0.54	0.64	0.77	0.58	0.75	0.59
Item 26 (LES)	0.72	0.71	0.58	0.67	0.47	0.70
Item 27 (IE)	0.45	0.51	0.67	0.45	0.61	0.45
Item 28 (LES)	0.66	0.68	0.61	0.63	0.53	0.66

Anmerkungen. Siehe Tabelle 15

Tabelle 17

Deskriptive Ergebnisse zu den verwendeten Subskalen des I-S-T 2000 R

Bereich	Stichprobe	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>5%</i>	<i>25%</i>	<i>Median</i>	<i>75%</i>	<i>Max</i>
SE	Gesamt	479	99.15	10.59	78	82	93	96	108	127
WÜ	Gesamt	479	98.28	9.11	74	83	92	100	106	126
MA	Gesamt	479	100.84	9.54	72	86	95	102	108	129
SE	männlich	238	98.29	10.82	78	82	90	96	108	127
WÜ	männlich	238	98.56	9.39	74	83	92	100	106	126
MA	männlich	238	99.37	8.90	80	86	92	98	105	122
SE	weiblich	241	99.99	10.31	78	82	93	100	108	123
WÜ	weiblich	241	98.01	8.84	76	83	92	97	106	119
MA	weiblich	241	102.29	9.95	72	86	95	102	108	129
SE	Gy	399	100.80	10.32	78	84	93	100	108	127
WÜ	Gy	399	99.09	8.98	76	83	92	100	106	126
MA	Gy	399	101.74	9.62	72	86	95	102	108	129
SE	IGS	80	90.90	7.70	78	80	84	90	96	111
WÜ	IGS	80	94.28	8.74	74	76	90	95	100	108
MA	IGS	80	96.33	7.77	80	82.85	92	98	102	115
SE	KG	229	98.93	10.55	80	82.8	93	96	108	127
WÜ	KG	229	98.92	9.06	74	83.8	92	100	106	119
MA	KG	229	101.19	9.66	75	86	95	102	108	129
SE	TG	250	99.34	10.65	78	82	93	100	108	127
WÜ	TG	250	97.70	9.14	74	83	90	97	106	126
MA	TG	250	100.52	9.44	72	86	95	102	108	126

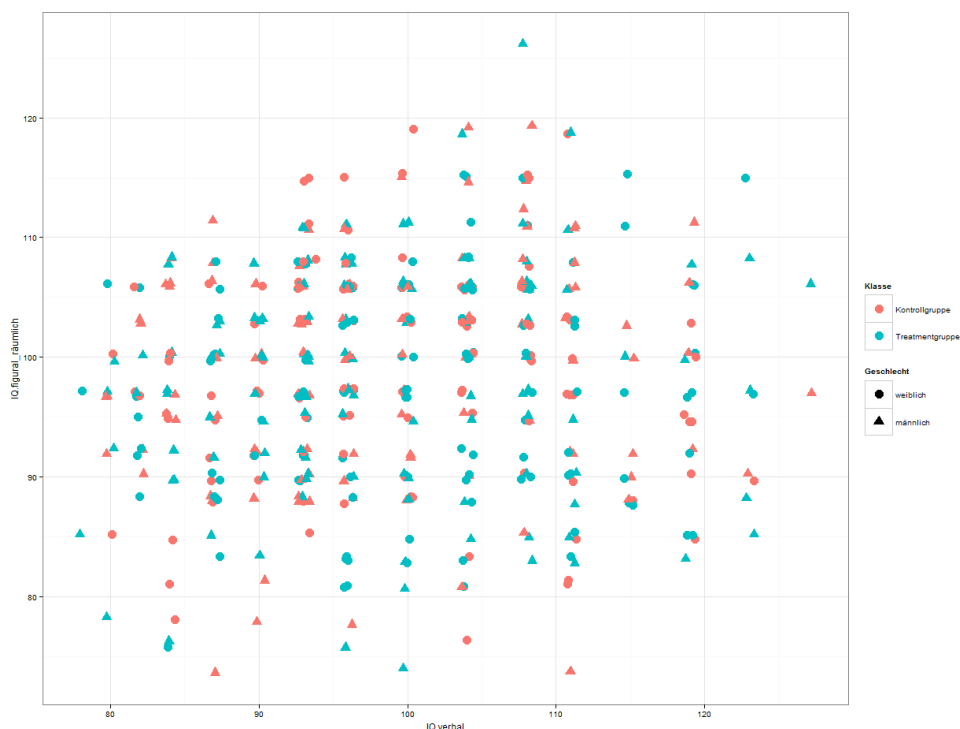


Abbildung 3: Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen figural-räumlicher und verbaler Intelligenz

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

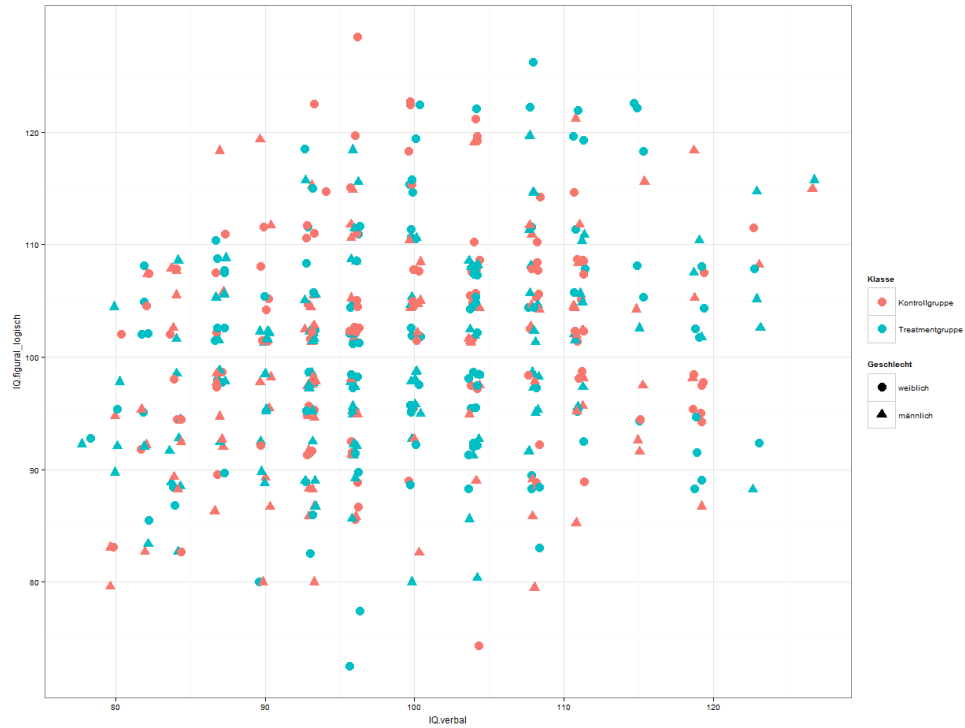


Abbildung 4: Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen figural-logischer und verbaler Intelligenz

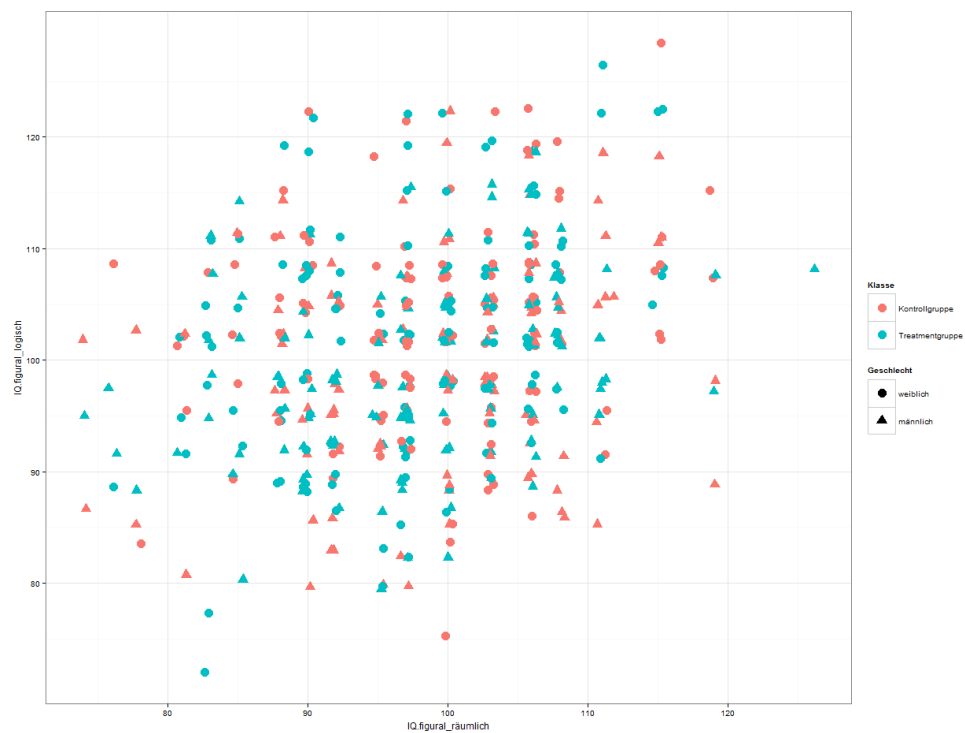


Abbildung 5: Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen figural-logischer und figural-räumlicher Intelligenz



Abbildung 6: Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen Deutsch- und Mathematiknote

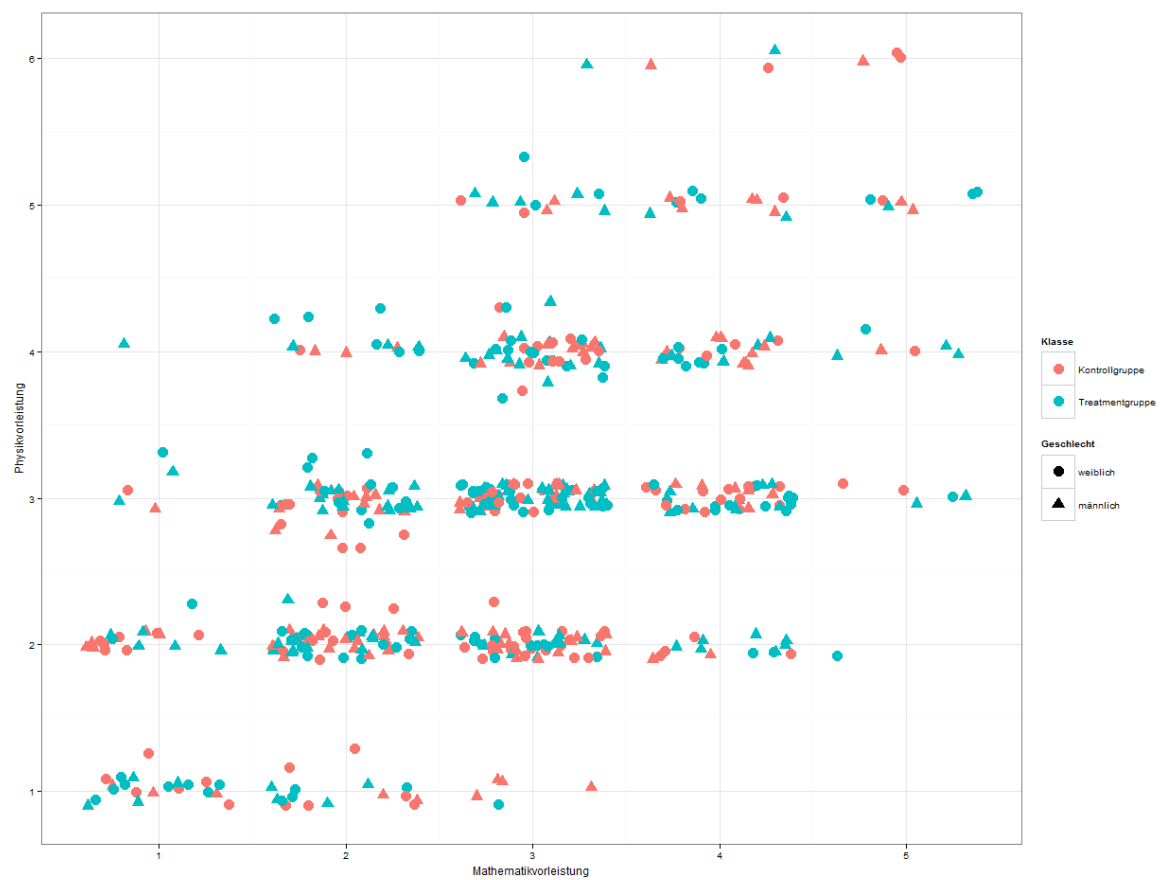


Abbildung 7: Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen Physik- und Mathematiknote

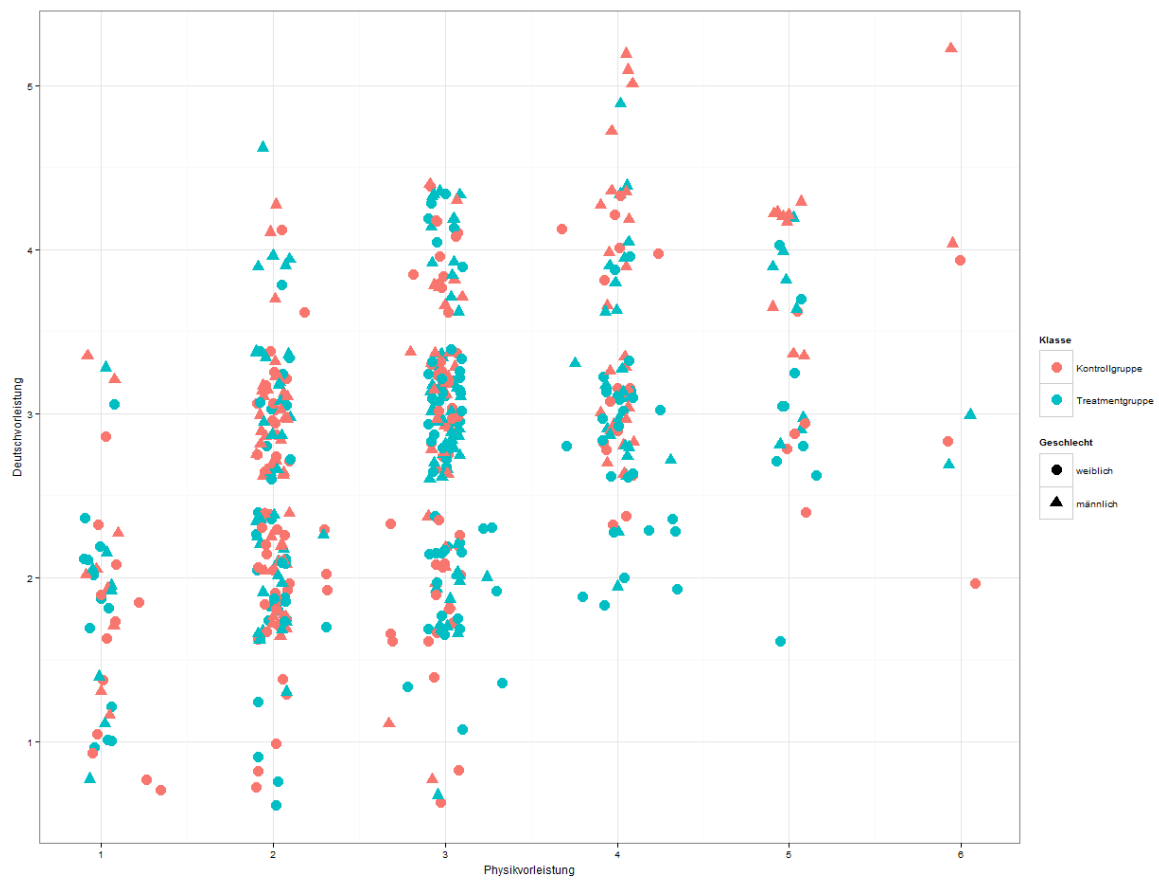


Abbildung 8: Jitter Plot zur grafischen Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen Deutsch-und Physiknote

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

Tabelle 18

Kreuztabelle zur Verteilung der ausgewählten Schüler je Bedingung und Schulart

		Bedingung		
		TG	KG	Σ
Schulart	Gy	20	23	43
	IGS	10	7	17
Σ		30	30	60

Tabelle 19

Kreuztabelle zur Verteilung der ausgewählten Schüler je Bedingung und Geschlecht

		Geschlecht		
		<i>m</i>	w	Σ
Bedingung	TG	15	15	30
	KG	15	15	30
Σ		30	30	60

Tabelle 20

Überblick Einfluss der Kovariaten auf das konzeptuelle Verständnis

	Prätest			Posttest			Follow-up Test		
	<i>b</i>	β	$F_{(numDF, denDF)}$	<i>b</i>	β	$F_{(numDF, denDF)}$	<i>b</i>	β	$F_{(numDF, denDF)}$
Notenfaktor PCA (D, M, Ph)	-0.35	-0.10	12.33 (1, 496)**	-0.98	-0.29	49.28 (1, 920)***	-0.93	-0.27	46.27 (1, 920)***
IQ-verbal (Satzergänzung)	0.05	0.11	13.57 (1, 458)**	0.05	0.12	7.29 (1, 859)**	0.06	0.13	8.78 (1, 859)**
IQ-räumlich (Würfelaufgaben)	0.03	0.07	5.61 (1, 458)**	0.00	0.00	0.00 (1, 859)	0.00	-0.02	0.18 (1, 859)
IQ-figural-logisch (Matrizen)	0.03	0.06	4.71 (1, 456)*	0.02	0.03	0.75 (1, 855)	0.02	0.04	0.86 (1, 855)
LES ^a	0.02	0.02	0.34 (1, 465)	0.09	0.10	4.90 (1, 890)*	0.01	0.01	0.05 (1, 890)
Geschlecht	0.16	0.03	0.38 (1, 502)	0.65	0.14	2.66 (1, 927)	-0.40	-0.08	1.05 (1, 927)
Klassengröße	0.18	0.13	2.04 (1, 18)	0.14	0.06	4.39 (1, 927)	0.20	0.10	9.67 (1, 927)*
Schultyp	1.98	0.42	4.73 (1, 18)*	1.94	0.43	12.82 (1, 927)**	2.02	0.42	15.11 (1, 927)***

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$ ^aLehrerengagement aus Schülersicht

Tabelle 21

Überblick Einfluss der Kovariaten auf die Schülermotivation

	Prätest			Posttest			Follow-up Test		
	<i>b</i>	β	$F_{(numDF, denDF)}$	<i>b</i>	β	$F_{(numDF, denDF)}$	<i>b</i>	β	$F_{(numDF, denDF)}$
Notenfaktor PCA (D, M, Ph)	-0.01	-0.27	48.22 (1, 496)***	0.04	0.06	3.64 (1, 924)	0.01	0.01	0.17 (1, 924)
IQ-verbal (Satzergänzung)	-0.001	-0.01	0.01 (1, 458)	-0.00	-0.02	0.34 (1, 862)	0.00	0.01	0.05 (1, 862)
IQ-räumlich (Würfelaufgaben)	0.00	0.04	1.00 (1, 458)	-0.00	-0.03	0.84 (1, 862)	0.00	0.01	0.14 (1, 862)
IQ-figural-logisch (Matrizen)	-0.001	-0.01	0.03 (1, 456)	0.00	0.04	1.54 (1, 858)	0.01	0.08	4.51 (1, 858)*
LES ^a	0.01	0.42	102.02 (1, 465)***	-0.01	-0.02	0.29 (1, 898)	-0.001	-0.10	8.14 (1, 898)**
Geschlecht	0.29	0.34	19.64 (1, 502)***	0.02	0.03	0.20 (1, 931)	-0.07	-0.08	1.21 (1, 931)
Klassengröße	-0.02	-0.07	0.75 (1, 18)	-0.01	-0.04	1.59 (1, 931)	0.01	0.05	1.67 (1, 931)
Schultyp	-0.08	-0.09	0.16 (1, 18)	0.13	0.15	3.01 (1, 931)	0.10	0.12	1.52 (1, 931)

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$ ^aLehrerengagement aus Schülersicht

Tabelle 22
Ergebnisse des Mehrebenenmodells zur Analyse von ATI-Effekten in Bezug auf die Physikleistung

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
Interzept	Durchschnittliche Leistung: Kontrollgruppe, Geschlechtszugehörigkeit = weiblich, Gesamtschule, mit durchschnittliche Werten bezüglich IQ und Noten	0.96	0.78	0.11	0.09	1.51 _(1, 800)
Zuwachs (Prä - post: t_2 - t_1)	Durchschnittlicher Leistungszuwachs: Kontrollgruppe, Geschlechtszugehörigkeit = weiblich, IGS, mit durchschnittlichen Werten bezüglich IQ und Noten	10.61	1.16	1.18	0.13	83.12 _(1, 800) ***
Zuwachs (Prä -Follow-up: t_3 - t_1)	Durchschnittlicher Leistungszuwachs: Kontrollgruppe, Geschlechtszugehörigkeit = weiblich, Gesamtschule, mit durchschnittlichen Werten bezüglich IQ und Noten	7.38	1.17	0.82	0.13	40.05 _(1, 800) ***
Bedingung = Treatmentgruppe (TG)	Unterschied zwischen TG und KG zu t_1	0.27	1.14	0.03	0.13	0.06 _(1, 16)
Bedingung * Zuwachs prä - post	Zusätzlicher Einfluss Bedingung = TG auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	-1.42	1.74	-0.16	0.19	0.67 _(1, 800)
Bedingung * Zuwachs Prä-Follow-up	Zusätzlicher Einfluss der Bedingung = TG auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	0.40	1.73	0.05	0.19	0.05 _(1, 800)
Noten (D, M, PH)	Genereller Einfluss der Noten auf Basis von t_1	-0.36	0.12	-0.06	0.02	9.64 _(1, 411) **
Noten * Posttest	Zusätzlicher Einfluss der Noten auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	-1.06	0.32	-0.16	0.05	10.98 _(1, 800) **
Noten * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss der Noten auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	-1.73	0.34	-0.27	0.05	25.87 _(1, 800) ***
Noten (D, M, PH) * Bedingung	Einfluss der Noten auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.09	0.16	0.01	0.02	0.30 _(1, 411)
Noten * Posttest * Bedingung	Einfluss der Noten auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	-1.45	0.46	-0.22	0.07	10.03 _(1, 800) **
Noten * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss der Noten auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3 - t_1	-0.50	0.47	-0.08	0.07	1.14 _(1, 800)

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
IQ verbal	Einfluss IQ verbal zu t_1	0.02	0.01	0.03	0.02	2.13 _(1, 411)
IQ verbal* Posttest	Zusätzlicher Einfluss IQ verbal auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	0.09	0.04	0.10	0.05	3.85 _(1, 800) *
IQ verbal* Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss IQ verbal auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	0.04	0.04	0.05	0.05	0.82 _(1, 800)
IQ verbal * Bedingung	Einfluss IQ verbal auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.04	0.02	0.04	0.02	2.96 _(1, 411)
IQ verbal* Posttest * Bedingung	Einfluss IQ verbal auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	-0.10	0.06	-0.12	0.07	2.91 _(1, 800)
IQ verbal* Follow-up Test * Bedingung	Einfluss IQ verbal auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3 - t_1	-0.09	0.06	-0.11	0.07	2.42 _(1, 800)
IQ figural-räumlich	Genereller Einfluss IQ figural-räumlich auf Basis von t_1	-0.02	0.02	-0.02	0.02	1.14 _(1, 411)
IQ figural-räumlich * Posttest	Zusätzlicher Einfluss IQ figural-räumlich auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	0.08	0.05	0.08	0.05	2.49 _(1, 800)
IQ figural-räumlich * Posttest	Zusätzlicher Einfluss IQ figural-räumlich auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00 _(1, 800)
IQ figural-räumlich * Bedingung	Einfluss IQ figural-räumlich auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.01	0.02	0.01	0.02	0.41 _(1, 411)
IQ figural-räumlich * Posttest * Bedingung	Einfluss IQ figural-räumlich auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	0.02	0.07	0.02	0.07	0.09 _(1, 800)
IQ figural-räumlich *Follow-up Test * Bedingung	Einfluss IQ figural-räumlich auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3 - t_1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.91 _(1, 800)
IQ figurallogisch	Einfluss IQ figurallogisch zu t_1	0.02	0.02	0.03	0.02	2.57 _(1, 411)
IQ figurallogisch * Posttest	Zusätzlicher Einfluss IQ figurallogisch auf den Zuwachs zu t_2	0.05	0.05	0.05	0.05	1.09 _(1, 800)
IQ figurallogisch * Posttest	Zusätzlicher Einfluss IQ figurallogisch auf den Zuwachs zu t_3	0.05	0.05	0.06	0.05	1.32 _(1, 800)

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
IQ figurallogisch* Bedingung	Einfluss IQ figurallogisch auf den Unterschied zwischen TG und KG	-0.03	0.02	-0.03	0.02	1.66 _(1, 411)
IQ figurallogisch * Posttest * Bedingung	Einfluss IQ figurallogisch auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2-t_1	-0.05	0.07	-0.06	0.07	0.67 _(1, 800)
IQ figurallogisch * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss IQ figurallogisch auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3-t_1	-0.06	0.07	-0.06	0.07	0.77 _(1, 800)
Klassengröße	Genereller Einfluss auf Basis von t_1	-0.08	0.08	-0.03	0.03	0.92 _(1, 16)
Klassengröße * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	-0.10	0.11	-0.03	0.04	0.85 _(1, 800)
Klassengröße * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	0.10	0.11	0.03	0.04	0.79 _(1, 800)
Schultyp	Genereller Einfluss Schultyp = Gymnasium auf Basis von t_1	1.25	0.87	0.14	0.10	2.09 _(1, 16)
Schultyp * Posttest	Zusätzlicher Einfluss Schultyp = Gymnasium auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	3.58	1.25	0.40	0.14	8.21 _(1, 800)
Schultyp * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss Schultyp = Gymnasium auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	4.55	1.27	0.51	0.14	12.93 _(1, 800) **
Schultyp * Bedingung	Einfluss Schultyp = Gymnasium auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.24	1.26	0.03	0.14	0.04 _(1, 16)
Schultyp* Posttest * Bedingung	Einfluss Schultyp = Gymnasium auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2-t_1	3.46	1.84	0.39	0.21	3.54 _(1, 800)
Schultyp * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss Schultyp = Gymnasium auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3-t_1	-0.57	1.84	-0.06	0.21	0.10 _(1, 800)
LES	Genereller Einfluss auf Basis von t_1	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00 _(1, 411)
LES * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	0.06	0.06	0.04	0.03	1.08 _(1, 800)
LES * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	-0.06	0.06	-0.03	0.03	1.00 _(1, 800)

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
Geschlecht	Genereller Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf Basis von t_1	0.35	0.29	0.04	0.03	1.43 _(1, 411)
Geschlecht * Posttest	Zusätzlicher Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	1.60	0.86	0.18	0.10	3.44 _(1, 800)
Geschlecht * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	-0.83	0.87	-0.09	0.10	0.90 _(1, 800)
Geschlecht * Bedingung	Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich des Geschlechts auf den Unterschied zwischen TG und KG	-0.16	0.40	-0.02	0.04	0.16 _(1, 411)
Geschlecht * Posttest * Bedingung	Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich des Geschlechts auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	-1.59	1.18	-0.18	0.13	1.80 _(1, 800)
Geschlecht * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich des Geschlechts auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3 - t_1	0.60	1.19	0.07	0.13	0.25 _(1, 800)

* $p < .05$
 ** $p < .01$
 *** $p < .001$

Tabelle 23

Ergebnisse des Mehrebenenmodells zur Analyse von ATI-Effekten in Bezug auf das konzeptuelle Verständnis

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)	
Interzept	Durchschnittliches Verständnis: Kontrollgruppe, Geschlechtszugehörigkeit = weiblich, Gesamtschule, mit durchschnittlichen Werten bezüglich IQ und Noten	5.97	0.89	1.28	0.19	45.11 _(1, 788)	***
Zuwachs (prä - post: t_2 - t_1)	Durchschnittlicher Verständnisszuwachs: Kontrollgruppe, Geschlechtszugehörigkeit = weiblich, IGS, mit durchschnittlichen Werten bezüglich IQ und Noten	3.55	0.83	0.76	0.18	18.45 _(1, 788)	**
Zuwachs (prä - follow-up: t_3 - t_1)	Durchschnittlicher Verständnisszuwachs: Kontrollgruppe, Geschlechtszugehörigkeit = weiblich, Gesamtschule, mit durchschnittlichen Werten bezüglich IQ und Noten	2.86	0.78	0.61	0.17	13.27 _(1, 788)	**
Bedingung = Treatmentgruppe (TG)	Einfluss der Bedingung = TG zu t_1	1.44	1.30	0.31	0.28	1.22 _(1, 16)	
Bedingung * Zuwachs prä - post	Zusätzlicher Einfluss Bedingung = TG auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	-2.39	1.23	-0.51	0.26	3.75 _(1, 788)	
Bedingung * Zuwachs prä - follow-up	Zusätzlicher Einfluss der Bedingung = TG auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	-0.31	1.17	-0.07	0.25	0.07 _(1, 788)	
Noten (D, M, PH)	Genereller Einfluss auf Basis von t_1	-0.23	0.15	-0.07	0.05	2.23 _(1, 411)	
Noten * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	-1.15	0.22	-0.34	0.07	26.45 _(1, 788)	***
Noten * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	-0.77	0.23	-0.23	0.07	11.33 _(1, 788)	**
Noten (D, M, PH) * Bedingung	Einfluss der Noten auf den Unterschied zwischen TG und KG	-0.20	0.21	-0.06	0.06	0.85 _(1, 411)	
Noten * Posttest * Bedingung	Einfluss der Noten auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	0.48	0.32	0.14	0.10	2.17 _(1, 788)	
Noten * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss der Noten auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	-0.19	0.32	-0.06	0.09	0.35 _(1, 788)	

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
IQ verbal	Einfluss IQ verbal zu t ₁	0.03	0.02	0.06	0.05	1.89 _(1, 411)
IQ verbal* Posttest	Zusätzlicher Einfluss IQ verbal auf den Zuwachs zwischen t ₂ und t ₁	-0.01	0.03	-0.02	0.07	0.05 _(1, 788)
IQ verbal* Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss IQ verbal auf den Zuwachs zwischen t ₃ und t ₁	0.05	0.03	0.12	0.07	2.90 _(1, 788)
IQ verbal * Bedingung	Einfluss IQ verbal auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.03	0.03	0.07	0.06	1.15 _(1, 411)
IQ verbal* Posttest * Bedingung	Einfluss IQ verbal auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t ₂ -t ₁	0.04	0.04	0.10	0.10	1.04 _(1, 788)
IQ verbal* Follow-up Test * Bedingung	Einfluss IQ verbal auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t ₃ -t ₁	-0.08	0.04	-0.19	0.09	3.97 _(1, 788)
IQ figural-räumlich	Genereller Einfluss IQ figural-räumlich auf Basis von t ₁	0.04	0.02	0.07	0.04	3.09 _(1, 411)
IQ figural-räumlich * Posttest	Zusätzlicher Einfluss IQ figural-räumlich auf den Zuwachs zwischen t ₂ und t ₁	-0.04	0.03	-0.07	0.07	1.20 _(1, 788)
IQ figural-räumlich * Posttest	Zusätzlicher Einfluss IQ figural-räumlich auf den Zuwachs zwischen t ₃ und t ₁	-0.04	0.03	-0.07	0.06	1.26 _(1, 788)
IQ figural-räumlich * Bedingung	Einfluss IQ figural-räumlich auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.00	0.03	0.00	0.06	0.00 _(1, 411)
IQ figural-räumlich * Posttest * Bedingung	Einfluss IQ figural-räumlich auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t ₂ -t ₁	0.00	0.05	0.01	0.09	0.01 _(1, 788)
IQ figural-räumlich * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss IQ figural-räumlich auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t ₃ -t ₁	-0.03	0.05	-0.06	0.09	0.41 _(1, 788)
IQ figurallogisch	Genereller Einfluss IQ figurallogisch auf Basis von t ₁	0.03	0.02	0.06	0.04	2.09 _(1, 411)
IQ figurallogisch * Posttest	Zusätzlicher Einfluss IQ figurallogisch auf den Zuwachs zu t ₂	-0.02	0.03	-0.03	0.07	0.26 _(1, 788)

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
IQ figurallogisch * Posttest	Zusätzlicher Einfluss IQ figurallogisch auf den Zuwachs zu t_3	0.02	0.03	0.04	0.06	0.48 _(1, 788)
IQ figurallogisch* Bedingung	Einfluss IQ figurallogisch auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.00	0.03	-0.01	0.06	0.03 _(1, 411)
IQ figurallogisch * Posttest * Bedingung	Einfluss IQ figurallogisch auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2-t_1	0.02	0.05	0.04	0.09	0.18 _(1, 788)
IQ figurallogisch *Follow-up Test * Bedingung	Einfluss IQ figurallogisch auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3-t_1	-0.06	0.04	-0.13	0.09	2.11 _(1, 788)
Schultyp	Genereller Einfluss, Schultyp = Gymnasium auf Basis von t_1	1.45	0.98	0.31	0.21	2.19 _(1, 16)
Schultyp * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	0.00	0.89	0.00	0.19	0.00 _(1, 788)
Schultyp * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	0.67	0.86	0.14	0.18	0.61 _(1, 788)
Schultyp * Bedingung	Einfluss des Schultyps auf den Unterschied zwischen TG und KG	-1.73	1.43	-0.37	0.31	1.47 _(1, 16)
Schultyp* Posttest * Bedingung	Einfluss des Schultyps auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2-t_1	1.43	1.31	0.31	0.28	1.18 _(1, 788)
Schultyp * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss des Schultyps auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3-t_1	0.90	1.25	0.19	0.27	0.52 _(1, 788)
Geschlecht	Genereller Einfluss Geschlecht = männlich auf Basis von t_1	0.32	0.39	0.07	0.08	0.68 _(1, 411)
Geschlecht * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	0.22	0.61	0.05	0.13	0.13 _(1, 788)
Geschlecht * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	0.76	0.59	0.16	0.13	1.63 _(1, 788)
Geschlecht * Bedingung	Einfluss der Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.13	0.54	0.03	0.12	0.05 _(1, 411)
Geschlecht * Posttest * Bedingung	Einfluss der Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2-t_1	1.32	0.84	0.28	0.18	2.48 _(1, 788)

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
Geschlecht * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss der Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3 - t_1	-1.94	0.81	-0.42	0.17	5.77 _(1, 788)
Klassengröße	Genereller Einfluss auf Basis von t_1	0.10	0.09	0.06	0.06	1.13 _(1, 16)
Klassengröße * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	0.07	0.08	788.00	0.88	0.77 _(1, 788)
Klassengröße * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	0.13	0.07	788.00	1.75	3.07 _(1, 788)
LES	Genereller Einfluss auf Basis von t_1	0.05	0.03	0.06	0.03	2.72 _(1, 411)
LES * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	0.06	0.04	0.07	0.05	2.12 _(1, 788)
LES * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	-0.01	0.04	-0.01	0.05	0.06 _(1, 788)

* $p < .05$
 ** $p < .01$
 *** $p < .001$

Tabelle 23

Ergebnisse des Mehrebenenmodells zur Analyse von ATI-Effekten in Bezug auf die Schülermotivation

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)	
Interzept	Durchschnittlicher Wert: Kontrollgruppe, Geschlechtszugehörigkeit = weiblich, Gesamtschule, mit durchschnittliche Werten bezüglich IQ und Noten	3.95	0.15	4.55	0.18	653.57 _(1, 806)	***
Zuwachs (prä - post: t_2 - t_1)	Durchschnittliche Veränderung: Kontrollgruppe, Geschlechtszugehörigkeit = weiblich, IGS, mit durchschnittlichen Werten bezüglich IQ und Noten	-0.15	0.11	-0.18	0.13	1.91 _(1, 806)	
Zuwachs (Prä -Follow-up: t_3 - t_1)	Durchschnittliche Veränderung: Kontrollgruppe, Geschlechtszugehörigkeit = weiblich, Gesamtschule, mit durchschnittlichen Werten bezüglich IQ und Noten	-0.38	0.12	-0.44	0.14	10.23 _(1, 806)	**
Bedingung = Treatmentgruppe (TG)	Unterschied zwischen TG und KG zu t_1	-0.57	0.22	-0.65	0.26	6.45 _(1, 17)	**
Bedingung * Zuwachs prä - post	Zusätzlicher Einfluss Bedingung = TG auf die Veränderung zwischen t_2 und t_1	-0.26	0.16	-0.30	0.18	2.62 _(1, 806)	
Bedingung * Zuwachs prä - follow-up	Zusätzlicher Einfluss der Bedingung = TG auf die Veränderung zwischen t_3 und t_1	0.28	0.17	0.32	0.20	2.55 _(1, 806)	
Noten (D, M, PH)	Genereller Einfluss auf Basis von t_1	-0.19	0.03	-0.31	0.05	31.94 _(1, 414)	***
Noten * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf die Veränderung zwischen t_2 und t_1	0.07	0.03	0.12	0.05	6.27 _(1, 806)	**
Noten * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss auf die Veränderung zwischen t_3 und t_1	0.04	0.03	0.07	0.06	1.56 _(1, 806)	
Noten (D, M, PH) * Bedingung	Einfluss der Noten auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.01	0.05	0.01	0.08	0.02 _(1, 414)	
Noten * Posttest * Bedingung	Einfluss der Noten auf die Veränderung in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	-0.03	0.04	-0.05	0.07	0.61 _(1, 806)	
Noten * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss der Noten auf die Veränderung in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	-0.07	0.05	-0.10	0.08	1.80 _(1, 806)	

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
IQ figurallogisch	Einfluss zu t_1	-0.00	0.00	-0.04	0.05	0.56 _(1, 414)
IQ figurallogisch * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf die Veränderung zu t_2	0.01	0.00	0.11	0.05	5.16 _(1, 806) *
IQ figurallogisch * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf die Veränderung zu t_3	0.01	0.00	0.13	0.05	6.07 _(1, 806) *
IQ figurallogisch* Bedingung	Einfluss IQ figurallogisch auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.00	0.01	0.03	0.07	0.19 _(1, 414)
IQ figurallogisch * Posttest * Bedingung	Einfluss IQ figurallogisch auf die Veränderung in der TG im Unterschied zur KG t_2-t_1	-0.01	0.01	-0.16	0.07	5.57 _(1, 806) *
IQ figural-logisch *Follow-up Test * Bedingung	Einfluss IQ figurallogisch auf die Veränderung in der TG im Unterschied zur KG t_3-t_1	-0.01	0.01	-0.13	0.08	3.12 _(1, 806)
LES	Genereller Einfluss LES auf Basis von t_1	0.27	0.04	0.38	0.06	44.16 _(1, 414) ***
LES * Posttest	Zusätzlicher Einfluss LES auf die Veränderung zwischen t_2 und t_1	-0.00	0.03	0.00	0.05	0.00 _(1, 806)
LES * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss LES auf die Veränderung zwischen t_3 und t_1	-0.02	0.04	-0.03	0.05	0.41 _(1, 806)
LES* Bedingung	Einfluss LES auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.05	0.06	0.07	0.08	0.78 _(1, 414)
LES* Posttest * Bedingung	Einfluss LES auf die Veränderung in der TG im Unterschied zur KG t_2-t_1	-0.03	0.05	-0.04	0.07	0.43 _(1, 806)
LES * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss LES auf die Veränderung in der TG im Unterschied zur KG t_3-t_1	-0.14	0.05	-0.21	0.07	7.96 _(1, 806) **
Schultyp	Genereller Einfluss Schultyp = Gymnasium auf Basis von t_1	-0.50	0.17	-0.58	0.19	8.81 _(1, 17) **
Schultyp * Posttest	Zusätzlicher Einfluss Schultyp = Gymnasium auf die Veränderung zwischen t_2 und t_1	0.10	0.12	0.11	0.14	0.69 _(1, 806)
Schultyp * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss Schultyp = Gymnasium auf die Veränderung zwischen t_3 und t_1	0.27	0.13	0.31	0.15	4.40 _(1, 806) *

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
Schultyp * Bedingung	Einfluss Schultyp = Gymnasium auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.42	0.24	0.49	0.28	3.13 _(1, 17)
Schultyp* Posttest * Bedingung	Einfluss Schultyp = Gymnasium auf die Veränderung in der TG im Unterschied zur KG t_2-t_1	0.09	0.17	0.11	0.19	0.31 _(1, 806)
Schultyp * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss Schultyp = Gymnasium auf die Veränderung in der TG im Unterschied zur KG t_3-t_1	-0.33	0.18	-0.38	0.21	3.32 _(1, 806)
Geschlecht	Genereller Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf Basis von t_1	0.17	0.09	0.20	0.10	3.71 _(1, 414)
Geschlecht * Posttest	Zusätzlicher Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf die Veränderung zwischen t_2 und t_1	-0.19	0.08	-0.21	0.10	4.99 _(1, 806) *
Geschlecht * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf die Veränderung zwischen t_3 und t_1	-0.18	0.09	-0.21	0.11	3.64 _(1, 806)
Geschlecht * Bedingung	Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.28	0.12	0.32	0.14	4.97 _(1, 414) *
Geschlecht * Posttest * Bedingung	Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf die Veränderung in der TG im Unterschied zur KG t_2-t_1	0.39	0.11	0.45	0.13	11.76 _(1, 806) **
Geschlecht * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = männlich auf die Veränderung in der TG im Unterschied zur KG t_3-t_1	0.19	0.13	0.22	0.15	2.33 _(1, 806)

* $p < .05$
** $p < .01$
*** $p < .001$

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

Tabelle 24

Ergebnisse des Mehrebenenmodells zur Analyse von ATI-Effekten in Bezug auf das konzeptuelle Verständnis - Stichproben SV und Ko im Vergleich

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)	
Interzept	Durchschnittliche s Verständnis: Kontrollgruppe, weiblich, Gesamtschule, mit durchschnittlichen Werten bezüglich IQ und Noten	8.03	0.44	1.91	0.11	326.64 _(1, 1684)	***
Zuwachs (prä - post: t_2-t_1)	Durchschnittlicher Leistungszuwachs: Kontrollgruppe, weiblich, IGS, mit durchschnittlichen Werten bezüglich IQ und Noten	1.12	0.26	0.27	0.06	18.81 _(1, 1684)	***
Zuwachs (prä- Follow-up: t_3-t_1)	Durchschnittlicher Leistungszuwachs: Kontrollgruppe, weiblich, Gesamtschule, mit durchschnittlichen Werten bezüglich IQ und Noten	1.79	0.25	0.43	0.06	53.15 _(1, 1684)	***
Bedingung = SV	Einfluss der Bedingung = SV zu t_1	-0.87	0.60	-0.21	0.14	2.09 _(1, 34)	
Bedingung * Zuwachs prä - post	Zusätzlicher Einfluss Bedingung = SV auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	2.17	0.32	0.52	0.08	46.90 _(1, 1684)	***
Bedingung * Zuwachs prä - follow-up	Zusätzlicher Einfluss der Bedingung = SV auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	1.93	0.30	0.46	0.07	42.39 _(1, 1684)	***
Klassengröße	Genereller Einfluss auf Basis von t_1	0.01	0.05	0.00	0.01	0.03 _(1, 34)	
Klassengröße * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	-0.02	0.02	0.00	0.01	0.50 _(1, 1684)	
Klassengröße * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	-0.02	0.02	0.00	0.01	0.66 _(1, 1684)	
Geschlecht	Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = Junge zu t_1	0.21	0.24	0.05	0.06	0.81 _(1, 944)	
Geschlecht * Posttest	Zusätzlicher Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = Junge auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	0.22	0.28	0.05	0.07	0.60 _(1, 1684)	
Geschlecht * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss Geschlechtszugehörigkeit = Junge auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	-0.34	0.26	-0.08	0.06	1.71 _(1, 1684)	
Fachnote in Mathematik	Einfluss zu t_1	-0.17	0.18	-0.04	0.04	0.90 _(1, 944)	

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
Mathe-Note * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	0.10	0.27	0.02	0.06	0.13 _(1, 1684)
Mathe-Note * Follow-up Test	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	-0.14	0.24	-0.03	0.06	0.32 _(1, 1684)
Fachnote in Deutsch * Bedingung	Einfluss IQ verbal auf den Unterschied zwischen TG und KG	-0.14	0.18	-0.03	0.04	0.60 _(1, 944)
Deutschnote * Posttest * Bedingung	Einfluss IQ verbal auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	0.21	0.27	0.04	0.06	0.62 _(1, 1684)
Deutschnote * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss IQ verbal auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3 - t_1	0.13	0.24	0.03	0.05	0.28 _(1, 1684)
Fachnote in Physik	Genereller Einfluss auf Basis von t_1	-0.26	0.17	-0.07	0.04	2.39 _(1, 944)
Physiknote * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_2 und t_1	-0.61	0.25	-0.15	0.06	5.87 _(1, 1684) *
Physiknote * Posttest	Zusätzlicher Einfluss auf den Zuwachs zwischen t_3 und t_1	-0.38	0.22	-0.10	0.06	3.04 _(1, 1684)
Mathe-Note * Bedingung	Einfluss der Mathe-Note auf den Unterschied zwischen TG und KG	-0.28	0.25	-0.06	0.06	1.19 _(1, 944)
Mathe-Note * Posttest * Bedingung	Einfluss der Mathe-Note auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	-0.34	0.36	-0.08	0.08	0.88 _(1, 1684)
Mathe-Note * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss der Mathe-Note auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3 - t_1	-0.44	0.33	-0.10	0.08	1.72 _(1, 1684)
Deutsch-Note * Bedingung	Einfluss der Deutsch-Note auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.04	0.27	0.01	0.06	0.02 _(1, 944)
Deutsch-Note * Posttest * Bedingung	Einfluss der Deutsch-Note auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_2 - t_1	-0.71	0.37	-0.15	0.08	3.64 _(1, 1684)
Deutsch-Note * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss der Deutsch-Note auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t_3 - t_1	-0.51	0.35	-0.11	0.07	2.11 _(1, 1684)

C9 Ergänzende Statistiken zur Hauptstudie

Variable	Erläuterung	<i>b</i>	(<i>SD</i>)	β	(<i>SD</i>)	<i>F</i> (<i>numDF</i> , <i>denDF</i>)
Physik-Note * Bedingung	Einfluss der Physik-Note auf den Unterschied zwischen TG und KG	0.26	0.23	0.07	0.06	1.26 _(1, 944)
Physik-Note * Posttest * Bedingung	Einfluss der Physik-Note auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t2-t1	-0.35	0.33	-0.09	0.08	1.13 _(1, 1684)
Physik-Note * Follow-up Test * Bedingung	Einfluss der Physik-Note auf den Zuwachs in der TG im Unterschied zur KG t3-t1	-0.24	0.30	-0.06	0.07	0.67 _(1, 1684)

* $p < .05$
 ** $p < .01$
 *** $p < .001$

Lernen mit multiplen Repräsentationen aus
Experimenten

Ein Beitrag zum Verstehen physikalischer Konzepte

Hettmannsperger, R.

2015, XXX, 333 S. 63 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-07435-7