

Einführung:

Wir hatten im vorigen Jahr die Welt durch eine selbst gebastelte Lochkamera betrachtet. Dabei entsteht auf dem Schirm ein umgedrehtes Bild, das aber unscharf oder sehr lichtschwach ist. Wenn das Loch klein ist, kommt nur wenig Licht hindurch. Dann ist das Bild zwar scharf, aber dunkel. Wenn das Loch groß ist, kommt zwar viel Licht hindurch, die Lichtstrahlen laufen aber hinter dem Loch auseinander, so dass das Bild unscharf wird. Bei einem Fotoapparat behilft man sich deswegen mit einer Linse, die das Licht bündelt. Solche Linsen heißen Sammellinsen. Linsen sind transparente Körper mit gewölbten Oberflächen.

Auftrag L1: (Dauer etwa 1 Stunde, eher etwas mehr)

Heimversuche auf Leifi-Physik zum Thema „Linsen“

V1 Hierzu gibt es einen **Pflichtversuch**, das „Magische Wasserglas“. Führe ihn aus, wie auf <https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/versuche/linsen-heimversuche#headline-19750> beschrieben. Beachte die Arbeitsaufträge darunter. Natürlich darfst du dir als Hilfe und zusätzlich(!) zur eigenen Durchführung auch das Video anschauen. Besonders gut geeignet sind zylinderförmige Gläser. Wenn du Gläser mit verschiedenen Durchmessern hast, solltest du auch untersuchen, wie sich dieser auf die Größe des Bildes auswirkt. Schreibe deine Beobachtungen in deinen Physikhefter. Du brauchst kein vollständiges Protokoll zu schreiben, aber eine Überschrift mit Datum sollte schon darüber sein.

Die weiteren Versuche sind **freiwillig**:

V2 Untersuchung von Brillen gegen Kurz- oder Weitsichtigkeit, Bedeutung der Linsenform

<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/versuche/linsen-heimversuche#headline-247>

V3a Ein volles Trinkglas bündelt das Licht

<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/versuche/linsen-heimversuche#headline-249>

V3b Eine volle Wasserflasche bündelt das Licht

<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/versuche/linsen-heimversuche#headline-250>

V4 Ein Wassertropfen als Lupe

<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/versuche/linsen-heimversuche#headline-252>

Schaue dir anschließend das Video von Ulrich Schütz (PH St. Gallen) auf YouTube an.

<https://youtu.be/h742pKNAuDo>

Er zeigt dir, dass es außer Sammellinsen auch andere Linsenformen gibt. Zerstreuungslinsen haben z.B. Kurzsichtige als Brillengläser. Seinen „Brennpunkt-Versuch“ darfst du natürlich auch gerne nachmachen. Aber Vorsicht! Schaue nicht direkt in die Sonne, schon gar nicht durch eine Sammellinse.

Eine Fresnel-Linse wie die in diesem Video gezeigte verwenden wir zum Beispiel in der Schule in den Overhead-Projektoren, dort, wo die Folien aufgelegt werden!

Erarbeite dir zum Abschluss dieses ersten Arbeitsauftrag den Unterschied zwischen Sammel- und Zerstreuungslinsen auf Leifi-Physik:

<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/grundwissen/linsenformen>

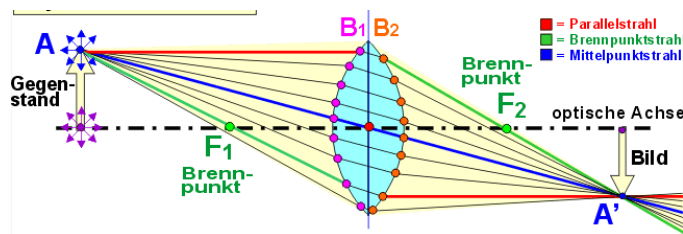
Schaue dir die dargestellten Strahlengangsimulationen genau an. Beobachte dabei die Brechung beim Eintritt ins Glas und beim Verlassen des Glases!

Übertrage zum Abschluss dieses ersten Auftrages den Kasten unten in deinen Physikhefter.

Auftrag L2: (Dauer etwa 1 Stunde, eher weniger)
Strahlengang durch Sammellinsen

Im vorigen Auftrag hast du gesehen, dass Sammellinsen ein paralleles Lichtbündel ungefähr in einem Punkt bündeln, Wenn die Lichtstrahlen parallel zur Symmetrieachse der Linse einfallen, verlaufen alle gebrochenen Lichtstrahlen hinter der Linse durch einen Punkt. Man nennt ihn den Brennpunkt und bezeichnet ihn mit dem Buchstaben F. Das kommt vom lateinischen Wort „focus“. Du hast bestimmt schon einmal Sportler davon reden hören, dass sie sehr „fokussiert“ an ihre Aufgabe herangehen.

In der Schule hättest du den auf dem folgenden Video dargestellten Versuch der „Ecole Science“ selber durchgeführt. Er zeigt, wie man den Brennpunkt findet und wie die Brennweite f , also der Abstand von der der Linse (genauer der „Linsenebene“) zum Brennpunkt, davon abhängt, wie dick die Linse ist: https://youtu.be/A_P9b2V0aOI
Das Video hat keinen Ton. Achte umso besser auf die Durchführung!



Nur ganz wenige Lichtstrahlen fallen parallel zur optischen Achse ein. Das Licht das von einem Punkt A eines Gegenstandes kommt, fällt als ganzes Bündel, das immer weiter wird, auf die Linse. Auch dieses Bündel wird (ungefähr) in einem Punkt A'

gesammelt. Diesen Punkt nennt man dann den Bildpunkt. Dort sehen wir das scharfe Bild des Gegenstandes und können es z.B. auf einem Schirm auffangen. Er ist ein anderer Punkt als der Brennpunkt.

Man kann den Bildpunkt A' finden, indem man besondere Strahlen des Lichtbündels betrachtet, die sogenannten „Konstruktionsstrahlen“

Betrachte dir zunächst deren Verlauf in dem auf der folgenden Website dargestellten Demonstrationsversuche.

<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/versuche/konstruktionsstrahlen>

Lies anschließend die Zusammenfassung

<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/grundwissen/konstruktionsstrahlen-bei-der-linsenabbildung>

.Wenn du manche Begriffe dabei nicht verstehst, findest du die Erklärung auf

<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/grundwissen/begriffe-bei-der-linsenabbildung> .

Beachte den Teil über Zerstreuungslinsen zunächst nicht.

Um zu verstehen, wie das Bild zustande kommt, ist noch der folgende Text hilfreich:

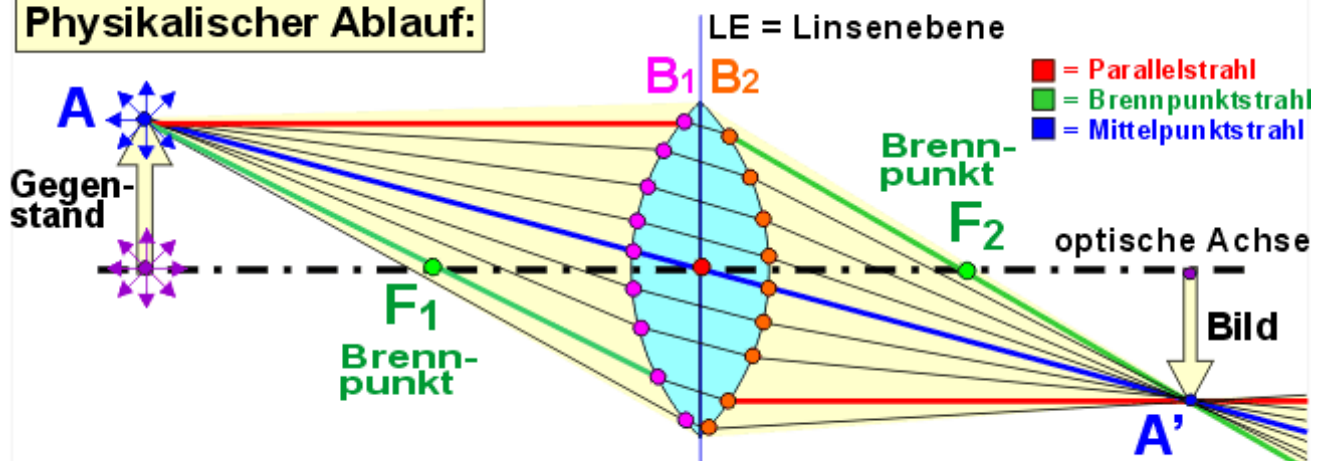
<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/grundwissen/bildetstehung-bei-linsenabbildungen>

Drucke nun abschließend zur Sicherung das Arbeitsblatt auf der folgenden Seite aus und fülle es mit dem Gelernten aus.

Zur Selbstkontrolle findest du das ausgefüllte Arbeitsblatt auf

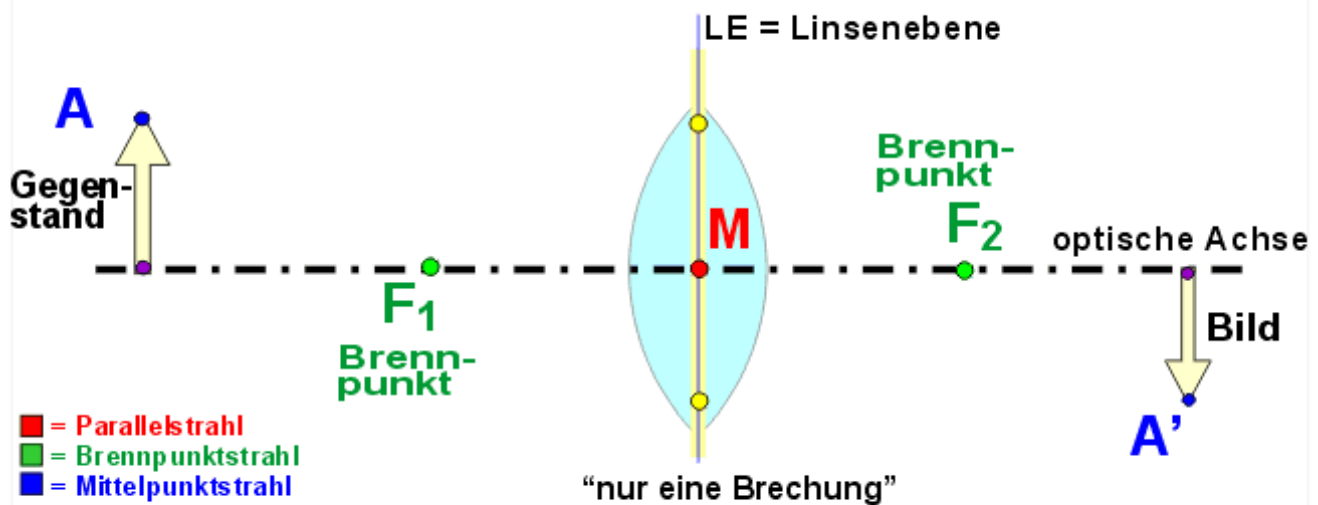
<https://www.zum.de/dwu/depot/pop106fl.gif> .

Physikalischer Ablauf:



Die Skizze zeigt den Teil des Lichts, der vom Punkt **A** des Gegenstandes aus durch die Sammellinse zum Bildpunkt **A'** des Bildes gesandt wird. Dabei finden an der Sammellinse genau genommen immer zwei Brechungen **B1** (beim Übergang Luft/Glas) und **B2** (beim Übergang Glas/Luft) statt.

Konstruktive Vereinfachung (Brechung an der Linsenebene):

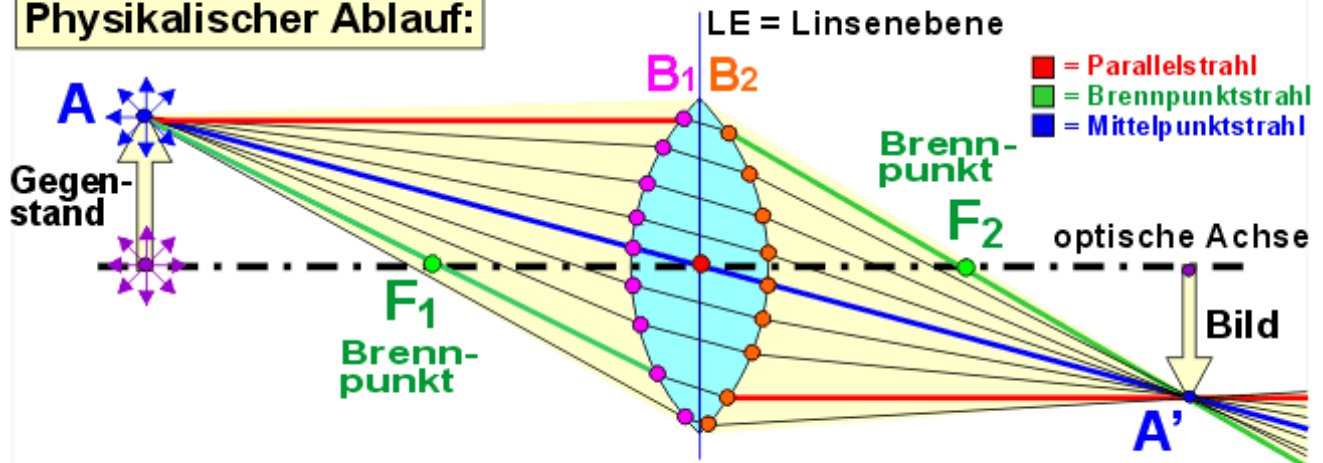


Über die vereinfachte Konstruktion mit Hilfe der drei besonderen Strahlen kann man das Bild einfach nach folgenden Regeln zeichnerisch ermitteln:

- Parallelstrahlen** werden zu _____
- Brennpunktstrahlen** _____
- Mittelpunktstrahlen** _____

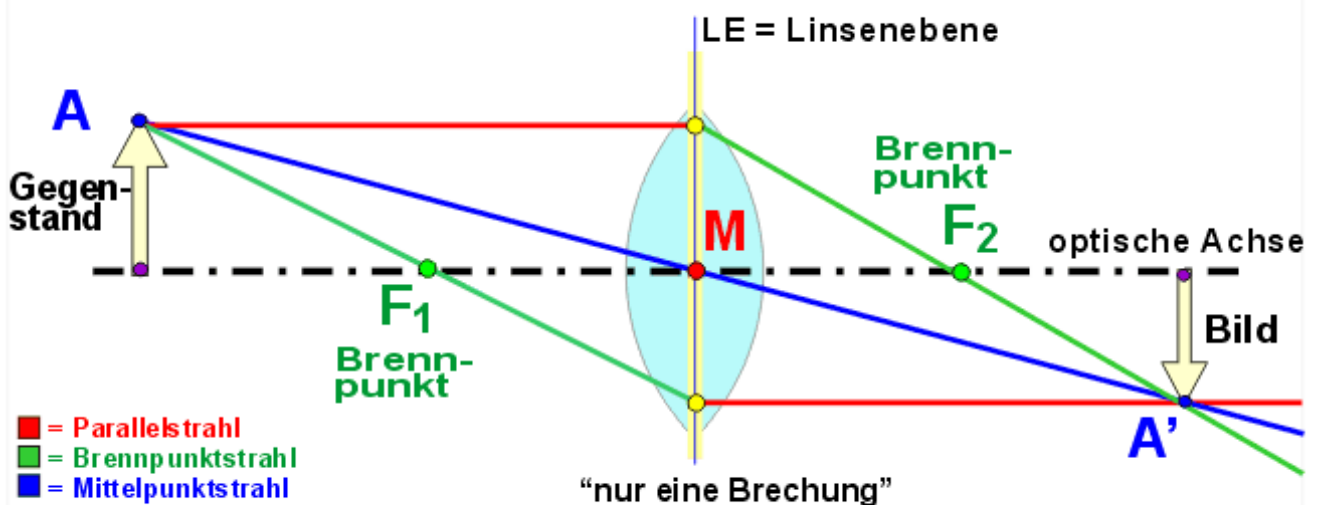
Diese Regel gilt selbst dann, wenn die Linse zu klein ist, um all diese Strahlen auch tatsächlich zu ermöglichen, weil _____

Physikalischer Ablauf:



Die Skizze zeigt den Teil des Lichts, der vom Punkt A des Gegenstandes aus durch die Sammellinse zum Bildpunkt A' des Bildes gesandt wird. Dabei finden an der Sammellinse genau genommen immer zwei Brechungen B_1 (beim Übergang Luft/Glas) und B_2 (beim Übergang Glas/Luft) statt.

Konstruktive Vereinfachung (Brechung an der Linsenebene):

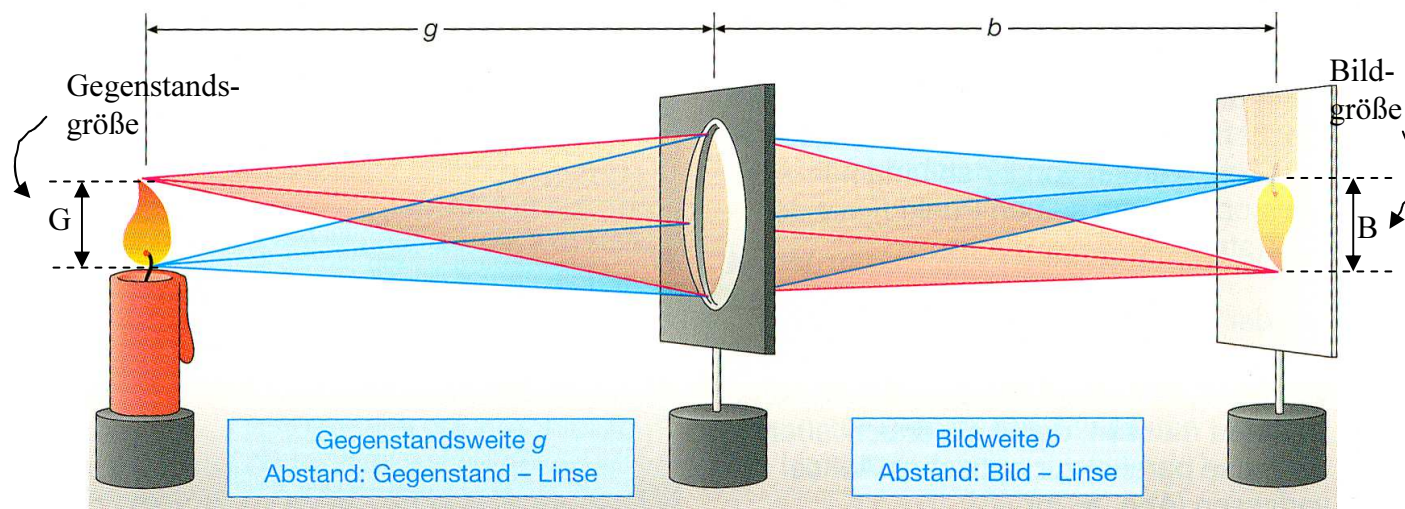


Über die vereinfachte Konstruktion mit Hilfe der drei besonderen Strahlen kann man das Bild einfach nach folgenden Regeln zeichnerisch ermitteln:

**Parallelstrahlen werden zu Brennpunktstrahlen,
Brennpunktstrahlen werden zu Parallelstrahlen,
Mittelpunktstrahlen bleiben Mittelpunktstrahlen.**

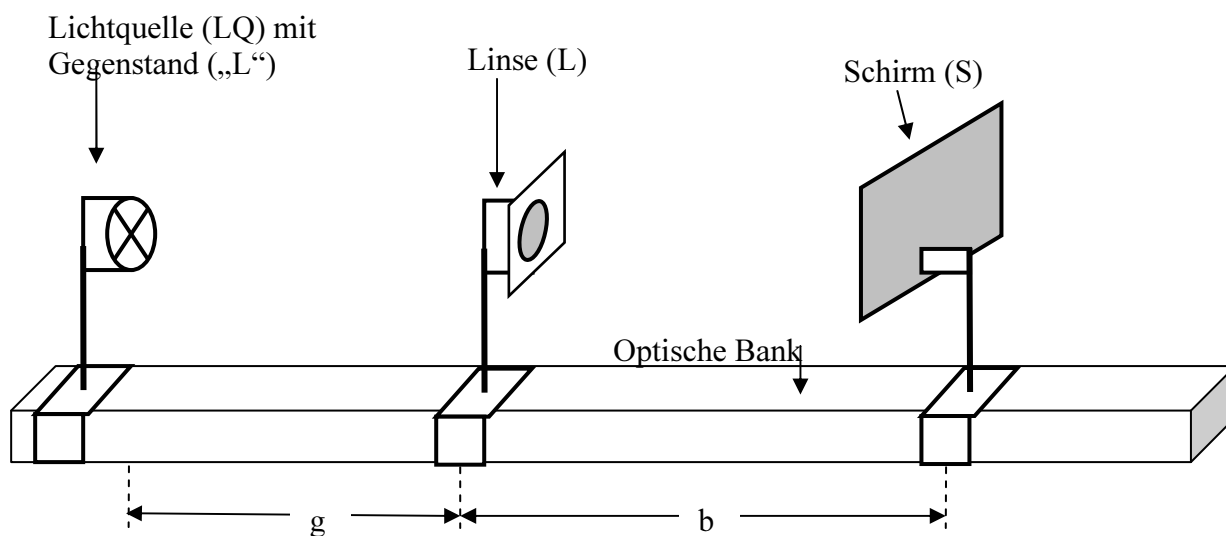
Diese Regel gilt selbst dann, wenn die Linse zu klein ist, um all diese Strahlen auch tatsächlich zu ermöglichen, weil die 3 besonderen Strahlen ja nur eine Auswahl aus der Menge aller möglichen Strahlen darstellen.

Auftrag L3: (Dauer etwa 1 Stunde, eher mehr)
Bildentstehung bei Konvexlinsen / Sammellinsen,
Bild- und Gegenstandsweite, Bild- und Gegenstandsgröße



Wir fangen ein Bild mit dem Schirm auf und messen die Abstände.

Mit dem gezeigten Aufbau kann man im Experiment genau untersuchen, wo das Bild eines Gegenstandes durch eine Sammellinse entsteht und wie groß es ist. Dazu werden Lichtquelle, Gegenstand, Linse und Schirm auf Halterungen, so genannte „Reiter“, gesteckt, die auf einer geraden Metallschiene, der „optischen Bank“ verschoben werden können.



Die Durchführung wird dir – wieder ohne Ton – im folgenden „Ecole Science“-Video demonstriert. <https://youtu.be/ZuqJscDG1uA>

Diesen Versuch hättest du in der Schule selber durchgeführt. Dabei verwenden wir verschieden dicke Konvexlinsen (Brennweiten $f = 5\text{ cm}$, $f = 10\text{ cm}$ und $f = 20\text{ cm}$) und stellen den Gegenstand (das aus Löchern gebildete, direkt vor die Lichtquelle gesteckte „L“ in verschiedenen Entfernungen zur Linse auf. Dann verschieben wir den Schirm jeweils so, dass ein scharfes Bild des „L“ zu sehen ist. Anschließend messen wir Gegenstandsweite g , Bildweite b und Bildgröße B .

Das „L“ ist bei unserem Versuch immer $G = 4\text{ cm}$ groß.

Messwerte:

Brennweite der Linse: $f = 10 \text{ cm}$

Gegenstandsgröße $G = 4 \text{ cm}$

Bildgröße B in cm	4,0	5,7	8,0	20,0	2,7	2,0	1,3	1,0
Gegenstandsweite g in cm	20	17	15	12	25	30	40	50
Bildweite b in cm	20,0	24,3	30,0	60,0	16,7	15,0	13,3	12,5

Brennweite der Linse: $f = 5 \text{ cm}$

Gegenstandsgröße $G = 4 \text{ cm}$

Bildgröße B in cm	4,0	6,7	20,0	*)	2,0	1,3	0,8	0,4
Gegenstandsweite g in cm	10	8	6	4	15	20	30	50
Bildweite b in cm	10,0	13,3	30,0	*)	7,5	6,7	6,0	5,6

*) Bei dieser Gegenstandsweite ist es nicht möglich, ein scharfes Bild auf dem Schirm aufzufangen.

Brennweite der Linse: $f = 20 \text{ cm}$

Gegenstandsgröße $G = 4 \text{ cm}$

Bildgröße B in cm	*)	*)	*)	16,0	8,0	4,0	2,7	2,0
Gegenstandsweite g in cm	10	15	20	25	30	40	50	60
Bildweite b in cm	*)	*)	*)	100	60	40,0	33,3	30,0

*) Bei diesen Gegenstandsweiten ist es nicht möglich, ein scharfes Bild auf dem Schirm aufzufangen.

Wie nahe kann die Linse höchstens an dem Gegenstand sein, damit ein scharfes Bild entsteht?
(Nimm dazu gegebenenfalls den Schirm vom Reiter und halte ihn hinter die optische Bank).
Vergleiche diese Mindestentfernungen mit den Angaben auf der Linse!

Immer wenn der Gegenstand näher an der Linse ist als der Brennpunkt, die Gegenstandsweite also kleiner als die Brennweite ist, ist es nicht möglich, ein scharfes Bild auf dem Schirm aufzufangen.

In welchen Abständen sind Gegenstandsgröße und Bildgröße gleich?

Gegenstandsgröße und Bildgröße sind immer gleich groß, wenn Gegenstands- und Bildweite genau der doppelten Brennweite entsprechen (also z.B. bei $f = 10 \text{ cm}$ ist $g = b = 20 \text{ cm}$).

Ergänze nun mit Hilfe der Beobachtungen und Messwerte den Lückentext:

Mit einer Sammellinse kann man ein scharfes Bild eines Gegenstandes erzeugen, wenn der Gegenstand weiter von der Linse entfernt ist als der _____ . Das Bild erscheint _____ .

Wenn die Gegenstandsweite gerade das _____ der Brennweite beträgt, dann sind Gegenstand und Bild gleich groß. Die Bildweite ist dann _____ wie die Gegenstandsweite.

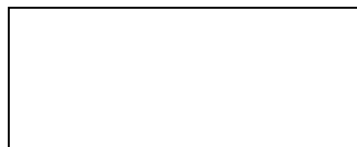
Wenn der Gegenstand _____ als die _____ Brennweite ist, dann ist das Bild größer als der Gegenstand; ist der Gegenstand _____ als die _____ Brennweite entfernt, dann ist das Bild kleiner als der Gegenstand.

Je näher man den Gegenstand an die Brennebene heran bewegt, desto _____ wird das Bild und desto _____ befindet es sich.

Je geringer die Gegenstandsweite ist, desto _____ ist die Bildweite und umgekehrt.

Wenn der Gegenstand allerdings näher an der Linse ist als die _____, dann kann man kein reelles Bild mehr auf einem Schirm auffangen. Man kann allerdings ein **virtuelles, nicht umgekehrtes („aufrechtes“)** Bild mit dem Auge sehen.

Der Quotient von _____ und _____ ist gleich dem Quotienten von _____ und _____, als Formel:



Ergänze nun mit Hilfe deiner Beobachtungen und Messwerte den Lückentext:

Mit einer Sammellinse kann man ein scharfes Bild eines Gegenstandes erzeugen, wenn der Gegenstand weiter von der Linse entfernt ist als der **Brennpunkt**. Das Bild erscheint **umgekehrt** (seitenverkehrt, „auf dem Kopf“).

Wenn die Gegenstandsweite gerade das **Doppelte** der Brennweite beträgt, dann sind Gegenstand und Bild gleich groß. Die Bildweite ist dann **genau so groß** wie die Gegenstandsweite.

Wenn der Gegenstand **näher** als die **doppelte** Brennweite ist, dann ist das Bild größer als der Gegenstand; ist der Gegenstand **weiter** als die **doppelte** Brennweite entfernt, dann ist das Bild kleiner als der Gegenstand. Je näher man den Gegenstand an die Brennebene heran bewegt, desto **größer** wird das Bild und desto **weiter entfernt** befindet es sich.

Je geringer die Gegenstandsweite ist, desto **größer** ist die Bildweite und umgekehrt.

Wenn der Gegenstand allerdings näher an der Linse ist als die **Brennweite**, dann kann man kein reelles Bild mehr auf einem Schirm auffangen. Man kann allerdings ein **virtuelles, nicht umgekehrtes** („aufrechtes“) Bild mit dem Auge sehen.

Der Quotient von **Bildgröße** und **Gegenstandsgröße** ist gleich dem Quotienten

von **Bildweite** und **Gegenstandsweite**.

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

Gegenstandsweite g	Bildweite b	Eigenschaften des Bildes
$g > 2f$	$f < b < 2f$	reell, umgekehrt, verkleinert
$g = 2f$	$b = 2f$	reell, umgekehrt, gleich groß
$f < g < 2f$	$b > 2f$	reell, umgekehrt, vergrößert
$g = f$	—	kein Bild auf dem Schirm
$g < f$	$b > g$	virtuell, aufrecht, vergrößert

Zusammenhang von Gegenstands- und Bildweite bei Sammellinsen