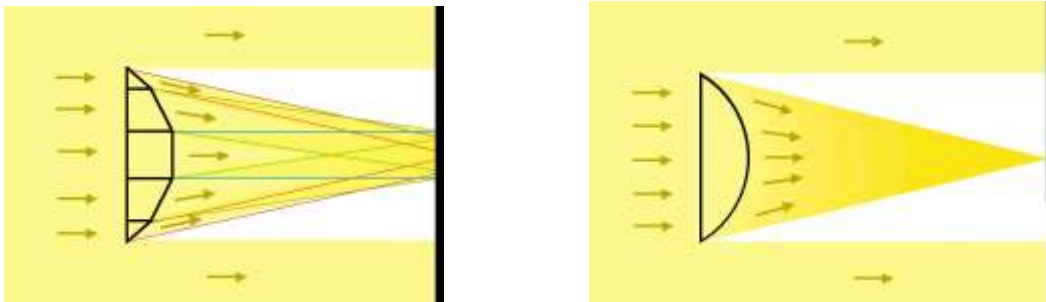


### Unterrichtskonzept Lichtbündeloptik

Beim hier vorgestellten Unterrichtskonzept zur Erklärung der Bildentstehung bei Sammellinsen wird vorausgesetzt, dass die Schülerinnen und Schüler selbständig einfache Experimente durchführen können.

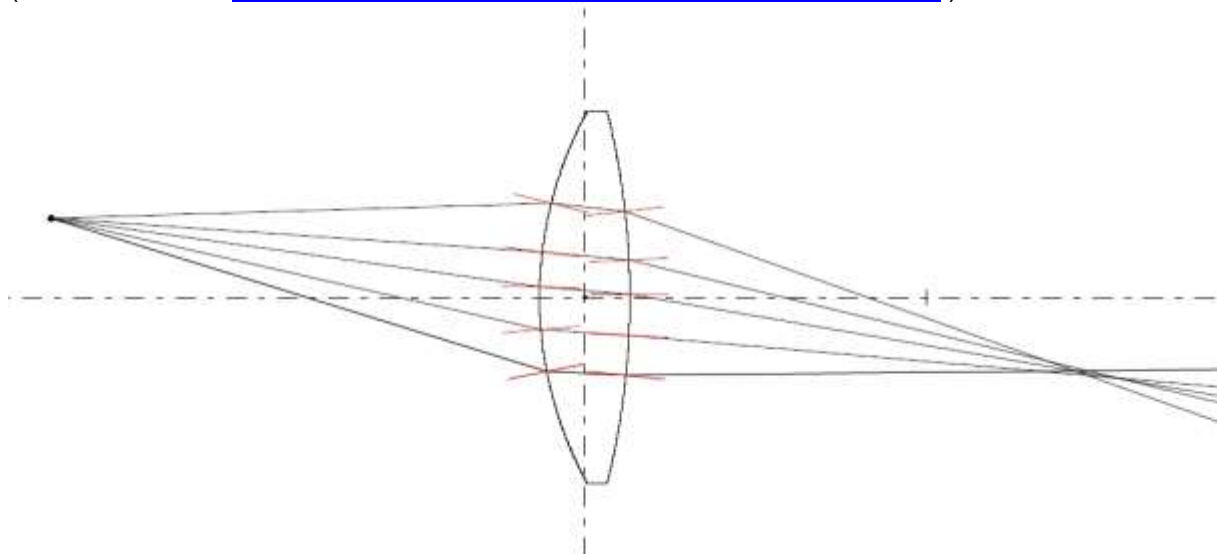
Ausgehend von den quantitativen Aussagen zur Lichtbrechung (Brechung zum Lot hin bzw. vom Lot weg beim Übergang Luft / Glas bzw. Glas / Luft) können die Eigenschaften von Sammellinsen, parallel einfallendes Licht im Brennpunkt zu bündeln sehr gut motiviert werden. Hierzu können in einem Experiment Linsen „segmentweise“ mit Prismen aufgebaut werden.

Als Alternative bietet es sich an, im Rahmen einer Übungsaufgabe oder in Form eines Gedankenexperiments die Bündelung parallel einfallenden Lichts durch geeignete Prismen nachzuvollziehen. Ein zentraler Lerninhalt ist, dass das physikalische Phänomen der Lichtbrechung an gekrümmten Flächen für die Abbildung durch Linsen verantwortlich ist.



Die Entstehung des Bildes und seine Lage werden demnach nicht durch die abstrakten Konstruktionsstrahlen (Brennstrahl, Mittelpunktstrahl und Parallelstrahl) erklärt, sondern ausschließlich durch die Wandlung von Lichtbündeln, die von selbstleuchtenden oder beleuchteten Punkten ausgehen. Die Wandlung von Lichtbündeln vollzieht sich an Grenzflächen, insbesondere an der Grenzfläche Luft / Glas.

Veranschaulicht wird diese Wandlung an Grenzflächen in der Simulationssoftware „Optibün“ (Download unter <http://www.solstice.de/physikprogramme/buendeloptik/> ).



In ersten Versuchen suchen die Jugendlichen den Brennpunkt von Sammellinsen. Dabei werden die Begriffe *Brennweite* und *Brennpunkt* definiert. In der Folge lernen sie, am besten ebenfalls in einfachen Schülerversuchen, dass mithilfe von Sammellinsen reelle Bilder er-

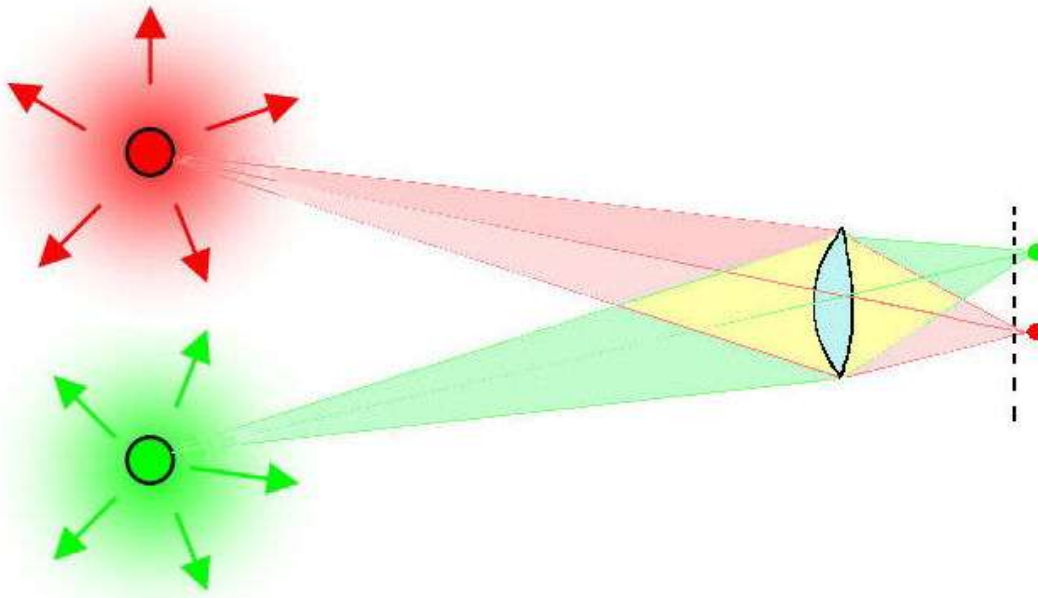
zeugt werden können, die in ähnlicher Weise entstehen wie bei der Lochkamera, wobei die Bilder deutlich schärfer und lichtstärker sind.

Die Bilderentstehung kann gut erklärt werden, wenn man sich den abzubildenden Gegenstand als Menge von leuchtenden bzw. beleuchteten Punkten vorstellt. Das Bild entsteht dann „pixelweise“. In dieser Phase des Unterrichts soll aber noch nicht systematisch untersucht werden, wo das Bild des Gegenstands liegt.

Da in der Regel bei derartigen Experimenten zunächst helle Fenster o. ä. abgebildet werden, deren Bilder sich i. d. R. in der Nähe des Brennpunkts befinden, kann dieses auch so niedergeschrieben werden; die Brennebene kann als gestrichelte Linie dargestellt werden.

Ein Merksatz könnte lauten:

Ist der Gegenstand weit von der Linse entfernt (erheblich weiter als die Brennweite der Linse ist), findet man das Bild in der Nähe des Brennpunkts. Das Bild ist gegenüber dem Gegenstand um  $180^\circ$  gedreht.



Bei der Verwendung der Simulationssoftware „Optibün“ sehen die Schülerinnen und Schüler, dass die Bündelung jeweils durch Lichtbrechung an der Glasoberfläche entsteht, durch das Einblenden der Einfallslotte kann dieses Phänomen auf die Brechung zurückgeführt werden.

In einem weiteren, kleinen Schülerexperiment werden Sammellinsen als Lupen verwendet. Es empfiehlt sich die Beobachtungen zu notieren, auf die Konstruktion des virtuellen Bildes mithilfe von Konstruktionsstrahlen sollte jedoch vollständig verzichtet werden.

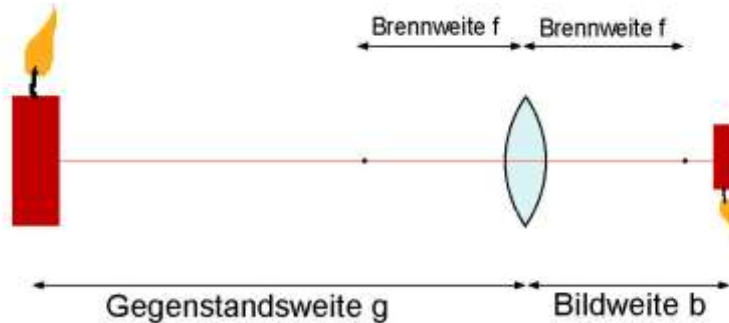
Liegt ein Gegenstand zwischen Brennpunkt und Linse, fungiert die Linse als Lupe. Der Gegenstand erscheint einem Beobachter vergrößert und nicht gedreht. Man kann dann kein Bild mit einem Schirm auffangen.

Die Begriffe *virtuelles Bild* und *reelles Bild* können definiert werden, notwendig ist es nicht.

In der darauffolgenden Stunde experimentieren die Jugendlichen mit einem hellen Gegenstand (Kerze, beleuchtetes Dia, Glühbirnen...), einer geeigneten Sammellinse mit Fassung (Brennweite 10 cm – 20 cm) sowie einem Schirm. Gegenstand und Schirm sind verschiebbar.

Die Schülerinnen und Schüler führen eine Reihe von Experimenten durch, wobei der Abstand zwischen Gegenstand und Linse sowie der Abstand zwischen Linse und Bild variiert werden, bis zum beleuchteten Gegenstand ein scharfes Bild gefunden ist. Dabei ist es sinnvoll, die Begriffe *Gegenstandsweite* und *Bildweite* zu definieren. Die Kinder protokollieren ihre Beobachtungen, werten diese jedoch nicht quantitativ aus, sondern kommentieren ihre Beobachtungen mit eigenen Worten, was zweckmäßigerweise in einer Tabelle geschieht, die zum besseren Verständnis weitgehend mit *Worten und einfachen Formeln* ausgefüllt wird.

Skizze:



Brennweite  $f$  der Linse: ca. 10 cm

Der Gegenstand G	Das Bild B
G ist viel weiter entfernt als die Brennweite ( $g \gg f$ ).	B ist um $180^\circ$ gedreht und stark verkleinert; B befindet sich knapp außerhalb der Brennweite ( $b \approx f$ ).
G befindet sich in doppelter Brennweite ( $g = 2f$ ).	B ist um $180^\circ$ gedreht und genauso groß wie G. B befindet sich in doppelter Brennweite ( $b = 2f$ ).
G befindet sich geringfügig außerhalb der Brennweite nah am Brennpunkt ( $g \approx f$ ).	B ist um $180^\circ$ gedreht und stark vergrößert; B befindet sich weit außerhalb der Brennweite ( $b \gg f$ ).
G befindet sich innerhalb außerhalb der Brennweite $g < f$ .	Es gibt kein (reelles) Bild. Der Gegenstand erscheint vergrößert hinter der Linse und ist nicht gedreht.

Mit der hier dargestellten Methode ist es nicht möglich, die exakte Lage des Bildes zu konstruieren. Dieses wird auch nicht angestrebt. Vielmehr lernen die Jugendlichen die Ursachen der Bildentstehung kennen und können die Bildentstehung auf der Basis der Lichtbrechung erklären.

Zur Vertiefung ist es zweckmäßig, die Schülerinnen und Schüler ein Fernrohr bauen zu lassen. Als Okular sollte hier eine Sammellinse verwendet werden. Das reelle Zwischenbild wird durch eine Lupe beobachtet und erscheint nochmals vergrößert. Bei der Verwendung einer Streulinse als Okular genügt der Hinweis, dass das Auge zur Verarbeitung der optischen Informationen ein parallel einfallendes Lichtbündel braucht. Dieses wird durch das Okular erzeugt, welches das konvergente Lichtbündel der Objektivlinse aufweitet.

Zum Bau eines Fernrohrs gibt es diverse Bauanleitungen; der einfachste Aufbau erfolgt mittels Kunststofflinsen, die in Pappe eingefasst werden, und Pappe-Tuben, die ineinander verschoben werden können.