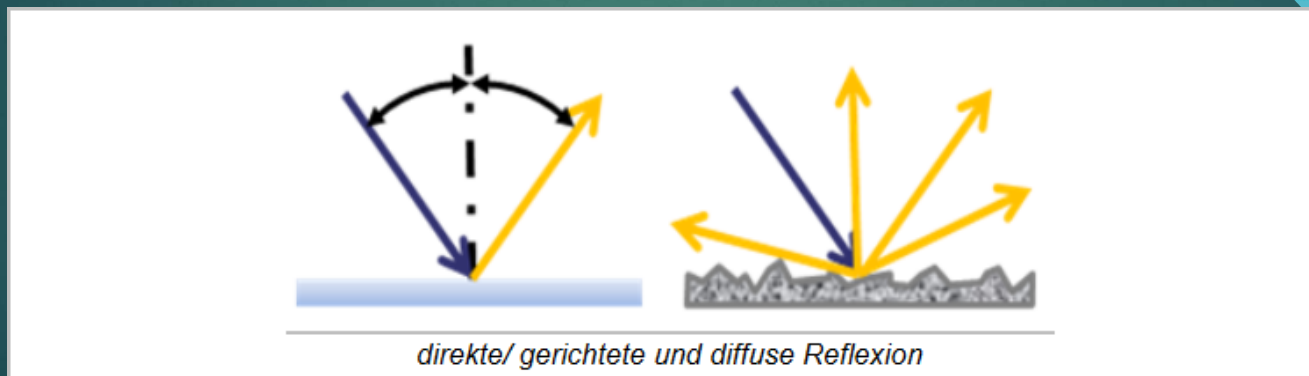


Optische Grundlagen



Reflexion

- ▶ Reflexion bedeutet, dass Licht, welches auf einen Gegenstand trifft, von diesem zurückgeworfen wird.
- ▶ Dadurch ist es möglich, Gegenstände und dessen Farbe zu erkennen.
- ▶ Man unterscheidet direkte (gerichtete) und diffuse Reflexion.
- ▶ Für das Sehen und die Fotografie ist die diffuse Reflexion entscheidend.

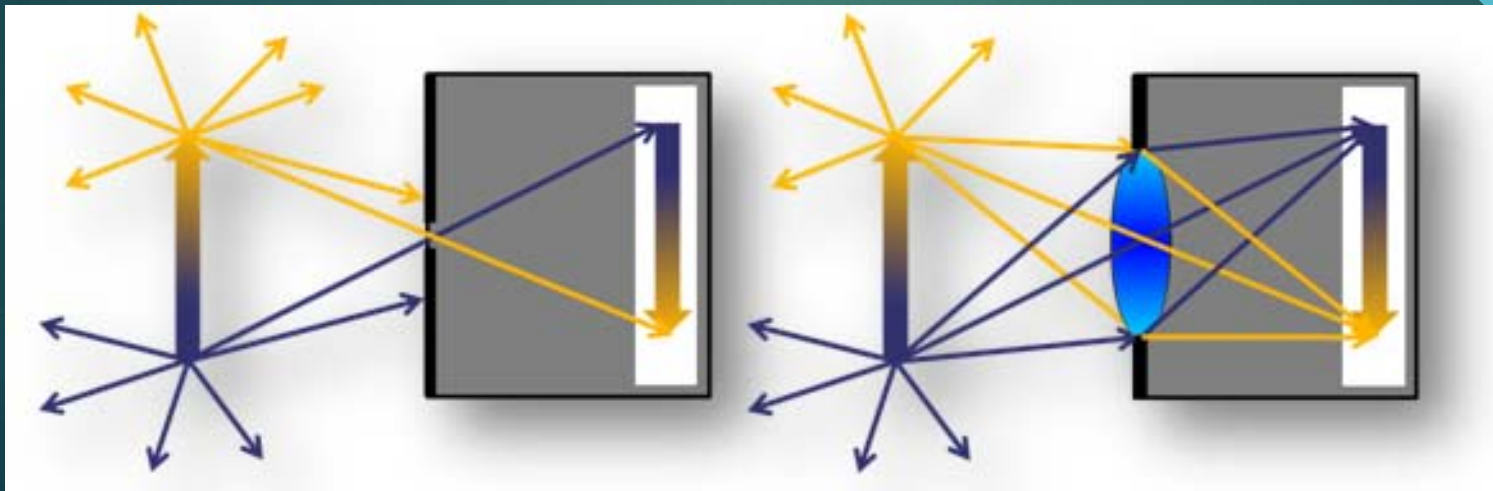




Camera obscura – Lochkamera

Warum können wir Objekte sehen und fotografieren?

- ▶ Betrachtet man den oberen und den unteren Punkt eines Objektes (dicker Pfeil), dann werden von diesen Punkten die reflektierten Strahlen kugelförmig ausgesandt.
- ▶ Wenn man nun eine lichtempfindliche Schicht neben dem Pfeil aufstellt, wird man auf dieser nur Kreise von reflektiertem Licht erkennen können. Der Pfeil wäre aber nicht als solcher zu erkennen.





Camera obscura – Lochkamera

- ▶ Um nun aber jeden Punkt des Objektes erkennen zu können, darf im Idealfall nur ein Lichtstrahl pro Punkt auf die lichtempfindliche Schicht (Netzhaut, Kleinbildfilm, CCD usw.) fallen.
- ▶ Dies erreicht man, in dem man die anderen ausblendet. Dazu verwendet man z.B. eine Wand mit einem sehr kleinen Loch, einer Blende. Die Größe der Abbildung ist vom Verhältnis der Abstände Objekt-Blende und Bildwand-Blende abhängig. Diesen Effekt hat Leonardo da Vinci in einem dunklen Raum mit Loch in der Wand entdeckt: Camera obscura (dt.: dunkler Raum). Daraus leitet sich auch der Name Kamera für einen Fotoapparat ab.
- ▶ Eine solche Blende besitzt auch unser Auge und jede Foto- oder Filmkamera. Um ein scharfes Bild von dem Objekt vor der Blende zu bekommen, müsste die Blende aber so klein sein, dass nur jeweils ein Lichtstrahl hindurch passt. Dies würde aber zur Folge haben, dass nur sehr wenig Licht auf die Bildwand trifft, wodurch ein sehr dunkles Abbild entsteht. Um dies zu vermeiden verwendet man Blenden mit größeren Löchern. Damit man aber trotzdem ein scharfes Bild erhält, braucht man eine Linse.

Die Linse

- ▶ Die Linse ist ein optisches Element, welches Licht bündeln oder streuen kann.
- ▶ Dazu werden Lichtstrahlen gezielt gebrochen, d.h. in ihrer Richtung verändert.



Die Linse - Brechung

- ▶ Lichtstrahlen werden bei Übergang zwischen zwei Medien, welche eine unterschiedliche Dichte haben, gebrochen.
- ▶ Brechung kann man schön an einem Glas mit Wasser erkennen. Steckt in diesem Glas ein Strohhalm, sieht es unter bestimmten Blickwinkel so aus, als ob der Halm geknickt wäre. Dieser Knick ist immer an der Oberfläche der Flüssigkeit bzw. genauer gesagt, an der Grenze zwischen Luft und Flüssigkeit, also zwischen optisch dünner und optisch dichterem Medium. Dies liegt daran, dass Licht, welches von einem Medium ins andere geht, an der Verbindungsfläche beider Medien gebrochen wird. Wie stark das geschieht, hängt von den physikalischen Eigenschaften der beiden Medien ab. Dabei spricht man von der optischen Dichte eines Mediums. Diese bestimmt auch die Lichtgeschwindigkeit in diesem Medium. In einem optisch dichteren Medium ist die Lichtgeschwindigkeit niedriger, als in einem optisch dünnerem.



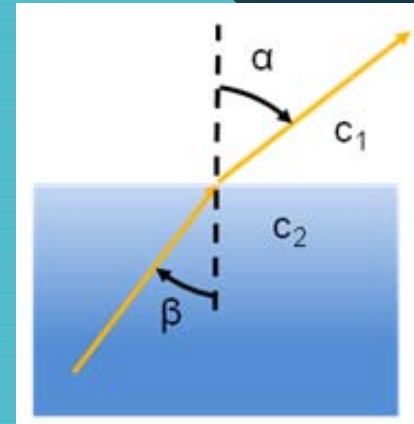
Die Linse - Brechung

- ▶ Wie stark also ein Lichtstrahl gebrochen wird, hängt vom Verhältnis der Lichtgeschwindigkeiten beider Medien ab. Die Gleichung dafür lautet:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$$

- ▶ Da es etwas unübersichtlich ist, mit Lichtgeschwindigkeiten zu rechnen, kann man auch den Brechungsindex eines Mediums berechnen. Dabei wird die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum zur der im Medium ins Verhältnis gesetzt.

$$n = \frac{c_0}{c}$$



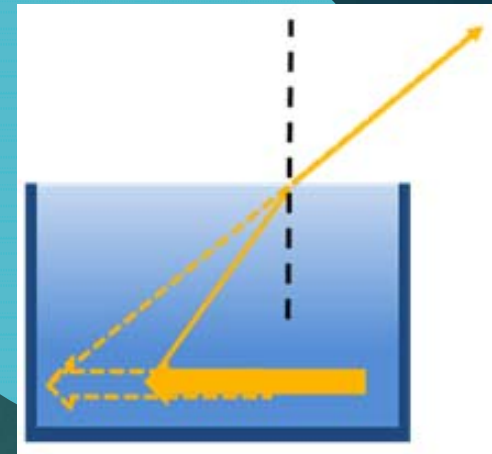
- ▶ Daraus ergibt sich für die beiden Winkel:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

- ▶ Mit diesen Brechungsindizes kann man nun den Austrittswinkel berechnen.

Die Linse - Brechung

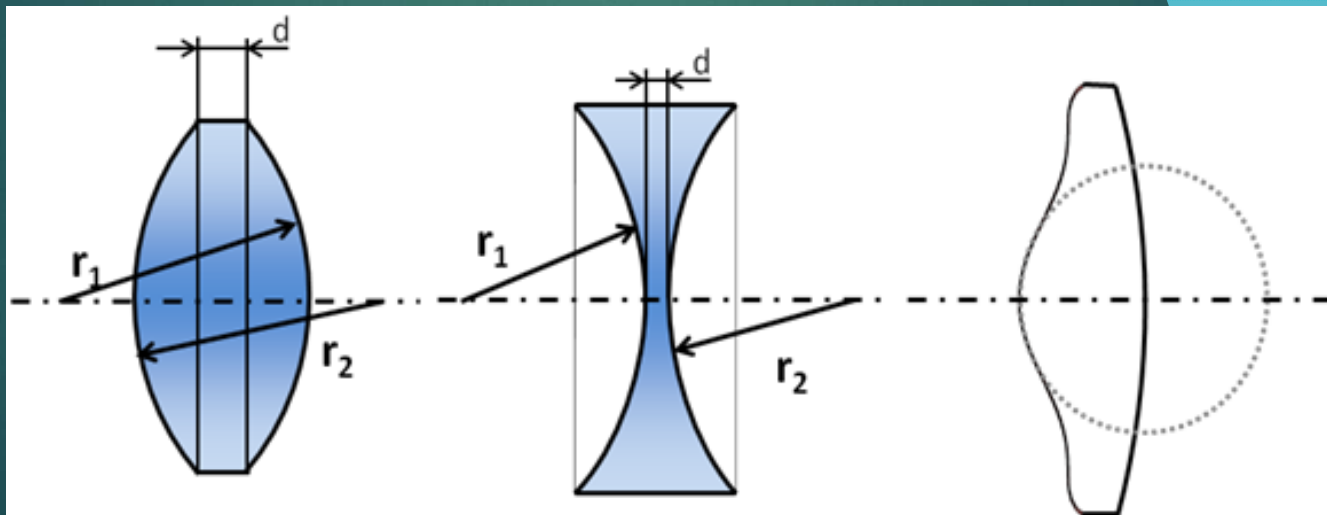
- ▶ Für den Strohhalm im Wasserglas heißt das nun, dass die Lichtstrahlen vom Strohhalm, die aus dem Wasser kommen, zur Wasseroberfläche hin gebrochen werden, die anderen nicht. Unser Auge weiß aber nichts von geknicktem Licht und dadurch entsteht der Eindruck, der Halm sei geknickt.
- ▶ In neben stehen Bild sieht man ein weiteres Beispiel. Wenn man schräg auf eine Wasseroberfläche schaut, scheinen Objekte weiter weg zu liegen, als sie es tatsächlich sind. Man sieht den Pfeil an der Position des gestricheltes Pfeil, obwohl er sich weiter rechts befindet. Das liegt auch daran, dass die Lichtstrahlen des Pfeils beim Verlassen der Wassers gebrochen werden.



realer Pfeil und
virtuelles Bild

Die Linsenform

Linsen haben kugelförmige/ sphärische Oberflächen mit einem **Krümmungsradius r** . Dadurch werden Lichtstrahlen, welche auf unterschiedlichen Punkten der Linse auftreffen, unterschiedlich stark gebrochen. Deswegen ist es möglich, mit Linsen Licht auf einen Punkt zu Fokussieren (Sammellinsen) oder zu streuen (Streulinsen). Um Abbildungsfehler zu korrigieren kann man asphärische Linsen einsetzen, diese haben keine kugelförmige Oberfläche.



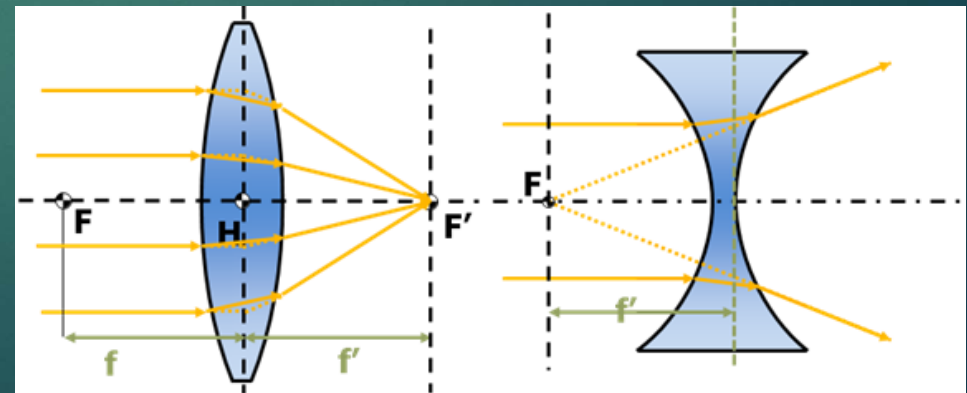
Sammellinse, Streulinse und sphärische Linse

Die Linsenform

Trifft nun ein Bündel paralleler Lichtstrahlen senkrecht auf eine gewölbte Oberfläche (in diesem Beispiel eine Sammellinse), treten diese nicht mehr parallel aus, sondern sind zur Mittellinie hin gebrochen. Den Punkt an dem sich alle Strahlen treffen nennt man Brennpunkt.

Trifft dieses Bündel nicht senkrecht, sondern unter einem von 90° verschiedenen Winkel auf die Linse, befindet sich der Brennpunkt nicht mehr auf der Mittellinie, sondern ist auf der Brennebene verschoben.

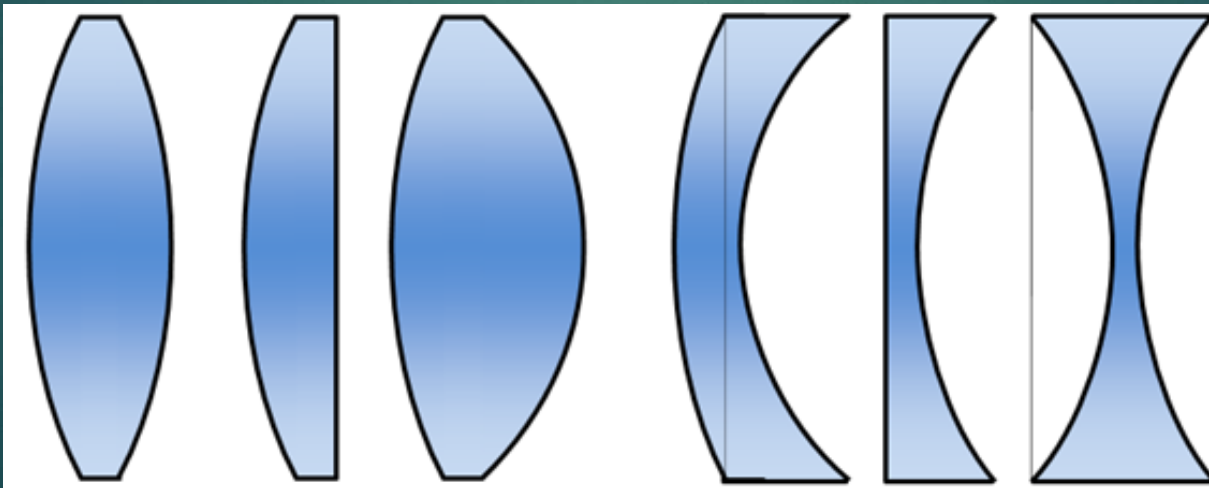
Eine Streulinse macht genau das Gegenteil, sie vergrößert den Durchmesser des ursprünglich parallelen Lichtbündels.





Die Linsenform

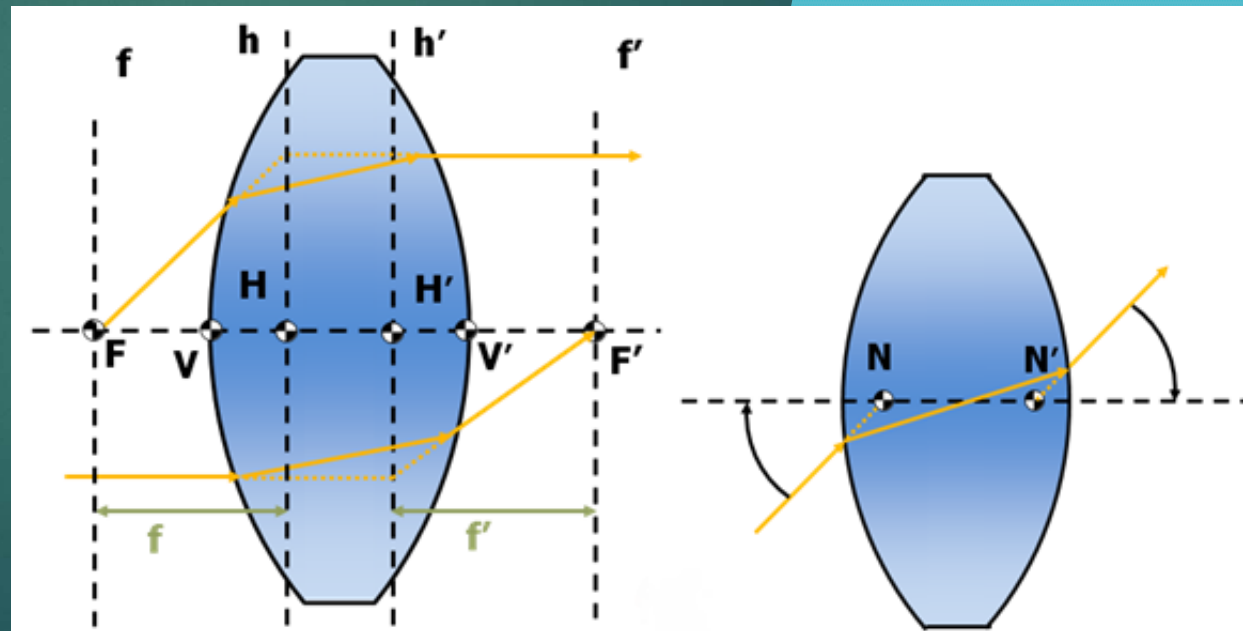
- Diese auf beiden Seiten nach außen gewölbten Linsen nennt man auch bikonvex. Das Gegenteil dazu ist konkav, "was nach innen gewölbt" bedeutet. Eine Streulinse ist z.B. bikonkav. Ist eine Seite an einer Linse eben, nennt man das plan. In der Abbildung sieht man einige Beispiele für verschiedene Linsen.



Bikonvex, plankonvex, bikonvex, konkavkonvex, bikonkav, plankonkav und bikonkav

Die Linse - Bezeichnungen

- Durch die Mitte der Linse läuft die optische Achse. Die Seite, auf der sich das Objekt befindet heißt Gegenstandsseite, die andere Bildseite. Alle Punkte und Ebenen die auf der Bildseite (hier: rechts) liegen sind mit einem Strich gekennzeichnet: z.B. H' und F' .



Ebenen, Linien und Punkte in einer Linse



Die Linse – markante Punkte

Brennpunkt oder Fokuspunkt (F)

- ▶ Dort werden parallel und senkrecht auftreffende Lichtstrahlen gebündelt. Eine Linse hat immer zwei Brennpunkte. Einen auf der Gegenstands- und einen auf der Bildseite.

Hauptpunkt (H)

- ▶ Bei der dünnen, symmetrischen Linse liegt der Hauptpunkt in der Mitte der Linse. Bei reellen Linsen gibt es zwei Hauptpunkte, diese liegen am Schnittpunkt zwischen Hauptebenen und optischer Achse.

Nodalpunkt (N)

- ▶ Bei einer Linse gibt es zwei Nodalpunkte. Strahlen welche in ihrer Verlängerung durch den einen Punkt gehen, verlassen die Linse im gleichen Winkel, wie sie auftreten.
Bei der dünnen Linse gibt es nur einen Nodalpunkt. Dieser fällt mit dem Hauptpunkt zusammen.

Scheitelpunkt (V)

- ▶ Eine Linse hat zwei Scheitelpunkte, diese liegen auf der optischen Achse an den Grenzflächen zwischen Linse und Luft



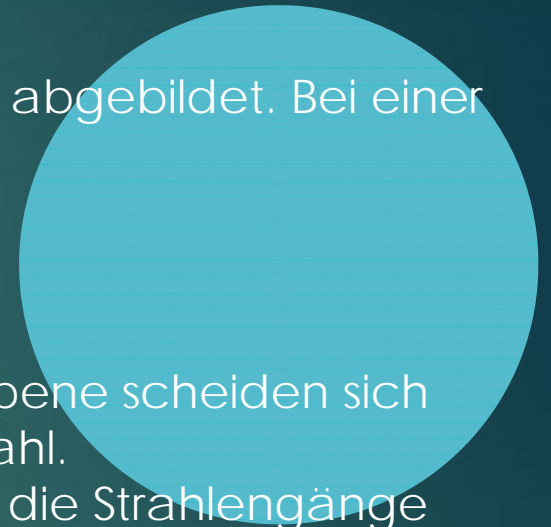
Die Linse - Ebenen

Bildebene

- Auf der Bildebene werden die Punkte der Gegenstandseite abgebildet. Bei einer Kamera befindet sich dort der Film bzw. der Sensor.

Hauptebene (h)

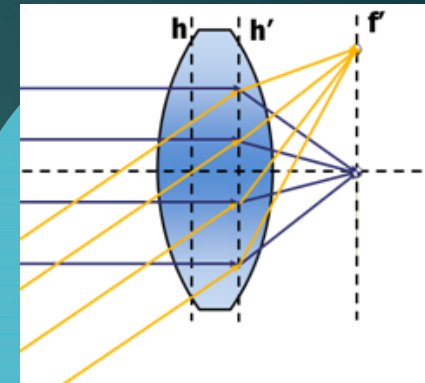
- Diese Ebene liegt in der Mitte der dünnen Linse. An dieser Ebene scheiden sich die Verlängerung von eintreffendem und austretendem Strahl. Bei einer reellen Linse gibt es zwei Hauptebenen. Man kann die Strahlengänge einer Linse so betrachten, als würde die Brechung nur an den Hauptebenen stattfinden.



Die Linse - Ebenen

Brennebene

- ▶ Parallele Strahlen, welche senkrecht auf die Linse treffen, schneiden sich im Brennpunkt. Treffen die parallelen Strahlen unter anderen Winkeln auf die Linse, schneiden sie sich in einem Punkt auf der Brennebene.
Der Abstand zwischen der Brennebene und der korrespondierenden Hauptebene nennt man Brennweite.



Brennebene

Brennweite (f)

- ▶ Die Brennweite (f) ist der Abstand zwischen Brennpunkt (F) und dem dazugehörigen Hauptpunkt (H). So ergeben sich für jede Linse/ Objektiv zwei Hauptebenen (H und H') und zwei Brennpunkte (F und F').
Dadurch gibt es auch zwei Brennweiten f und f' , wobei gilt: $f = f'$.
Der Hauptpunkt liegt also auf der Hauptebene, genauso wie der Brennpunkt auf der Brennebene liegt. Diese Brennebene entsteht dadurch, dass parallele Strahlen, die nicht senkrecht auf die Linse treffen, sich in einem Punkt schneiden, der nicht auf der optischen Achse liegt.