

Astro Stammtisch Peine

ANDREAS SÖHN

OPTIK

FÜR DIE ASTRONOMIE

Grundsätzliches

Was ist Optik?

Die Optik beschäftigt sich mit den Eigenschaften des (sichtbaren) Lichtes. Es gibt hierbei die geometrische Optik oder Strahlenoptik sowie die Wellenoptik.

In der geometrischen Optik betrachtet man die Ausbreitung des Lichtes als Strahl. Hiermit kann man die Funktionsweise optischer Instrumente verstehen.

In der Wellenoptik geht es um die Welleneigenschaft des Lichtes. Hiermit kann man z. B. das Auflösungsvermögen eines optischen Instrumentes bestimmen.

Geometrische Optik

Was kann ich damit machen?

In der geometrischen Optik betrachtet man die Ausbreitung des Lichtes als Strahl. Hierbei werden Aussagen gemacht über die Richtung der Ausbreitung. Damit kann man dann die Bildentstehung in optischen Instrumenten beschreiben. Begriffe wie Vergrößerung oder Lichtsammelvermögen lassen sich ebenfalls erklären. Keine Aussagen sind jedoch möglich über die Auflösung oder über Beugungserscheinungen.

Geometrische Optik

Grundlagen der geometrischen Optik

Die geometrische Optik hat als Grundlagen das Fermatsche bzw. das Huygenssche Prinzip. Es ergeben sich folgende Axiome:

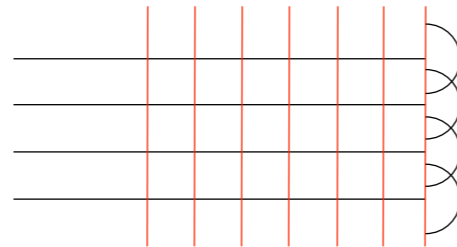
- 1. Axiom: In **homogenem** Material sind die Lichtstrahlen gerade.
- 2. Axiom: An der Grenze zwischen zwei homogenen **isotropen** Materialien wird das Licht im Allgemeinen nach dem **Reflexionsgesetz** reflektiert und nach dem **Brechungsgesetz** gebrochen.
- 3. Axiom: Der Strahlengang ist umkehrbar, die Lichtrichtung auf einem Lichtstrahl ist belanglos.
- 4. Axiom: Die Lichtstrahlen durchkreuzen einander, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen.

Geometrische Optik

Fermat und Huygens

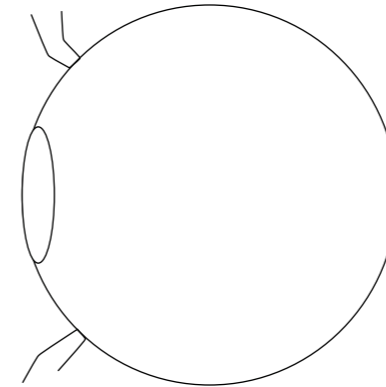
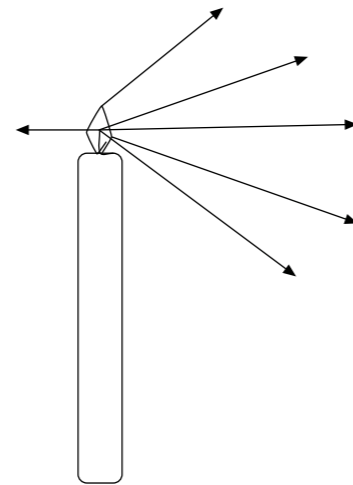
Das Fermatsche Prinzip besagt, das Licht zwischen zwei Punkten stets auf der Strecke bewegt, auf der es die wenigste Zeit braucht.

Das Huygensche Prinzip besagt, das jeder Punkt einer Lichtwelle als Ausgangspunkt für eine neue (Kugel)welle angesehen werden kann (Elementarwelle). Die tatsächliche Wellenfront ergibt sich als Superposition (Überlagerung) sämtlicher Elementarwellen.



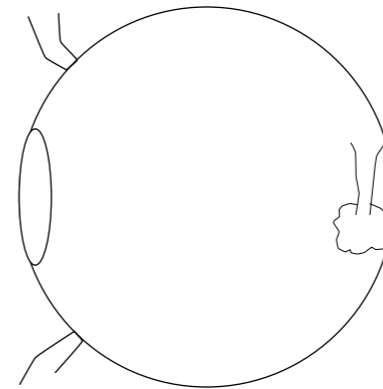
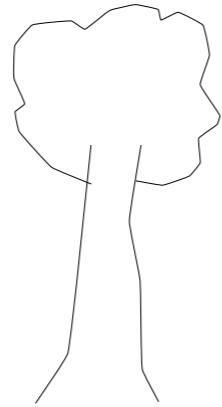
Aus dem Huygensschen Prinzip folgt auch die Beugung.

Lichtausbreitung



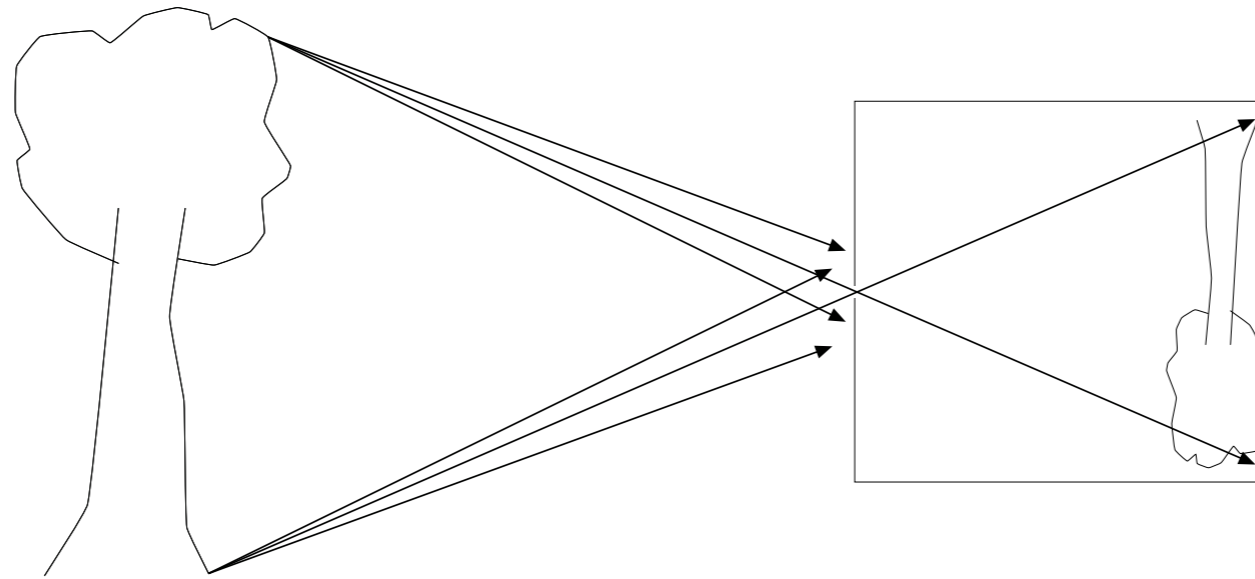
Im homogenen lichtdurchlässigen Medium (und im Vakuum) breitet sich Licht geradlinig aus. Von jedem leuchtenden Punkt aus breitet es sich in alle Richtungen aus.

Sehen von Objekten



Wir sehen Objekte, weil durch das Licht ein Bild des Objektes auf unsere Netzhaut gezeichnet wird. Wie das genau funktioniert, werden wir uns nun erarbeiten.

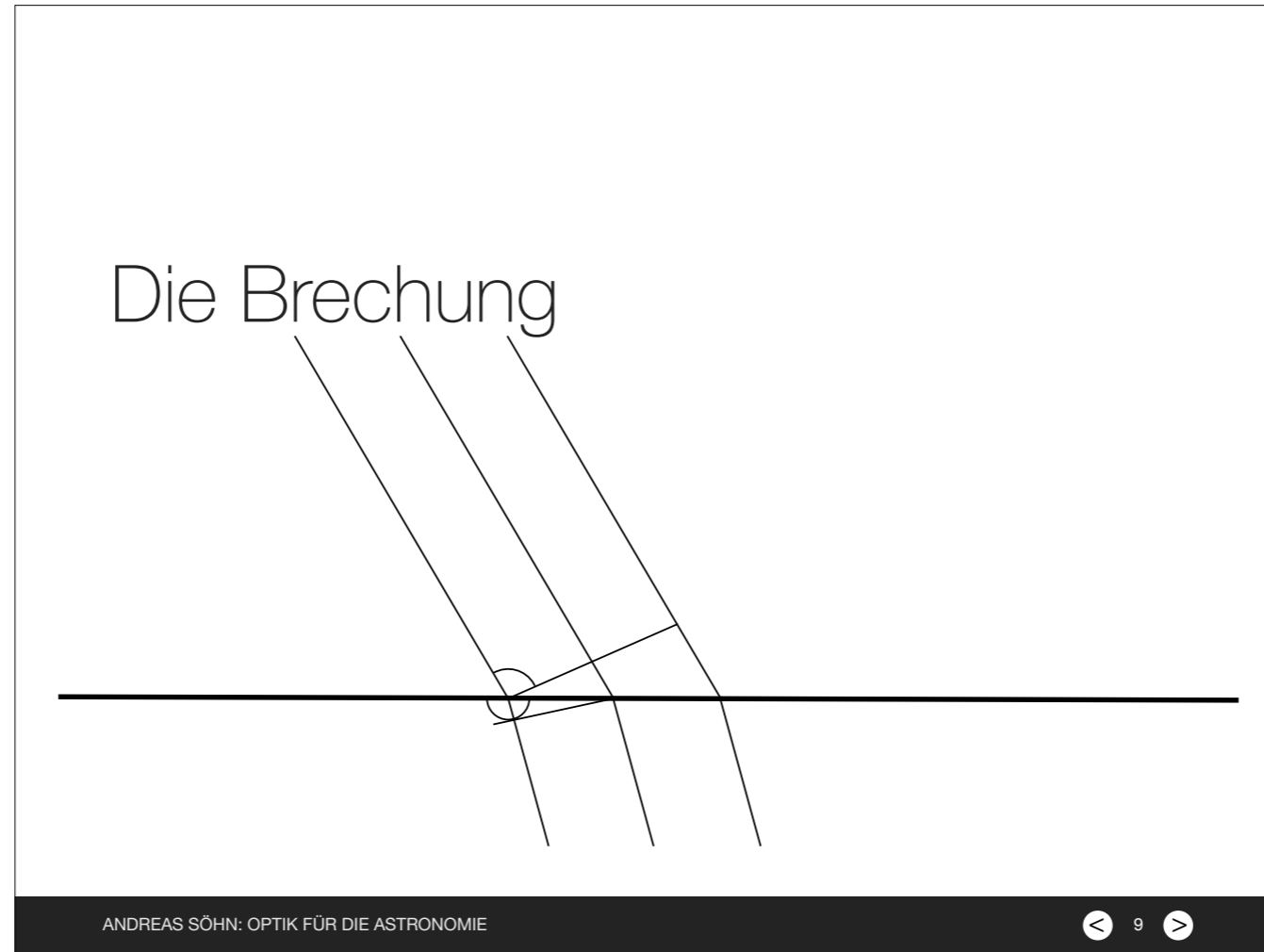
Die Lochkamera



ANDREAS SÖHN: OPTIK FÜR DIE ASTRONOMIE

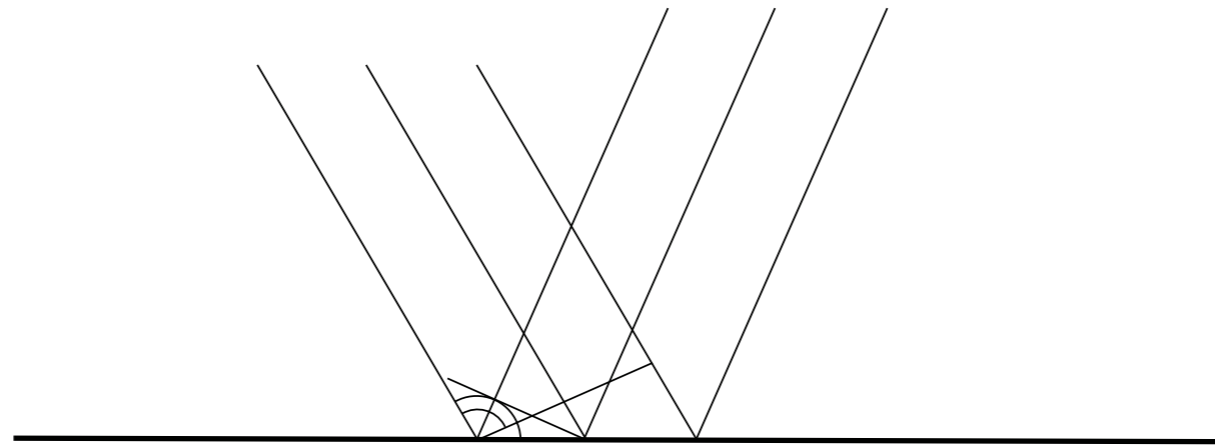


Bildentstehung: Jeder Punkt des Objektes wird auf genau einen Punkt im Bild abgebildet. Bei der Lochkamera wird diese Schärfe gewährleistet, indem alle anderen Lichtstrahlen ausgeblendet werden. Nachteil: nur wenig Licht fällt in die Kamera.



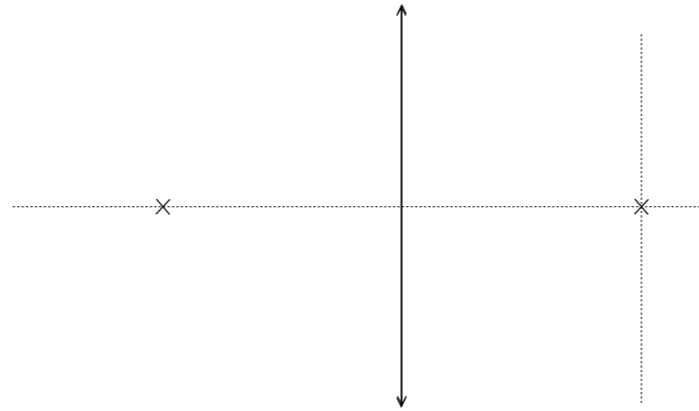
Brechung: Dringt Licht von einem Medium in ein anderes, ändert sich die Lichtgeschwindigkeit.

Die Spiegelung



Spiegelung: Wird Licht an einer Oberfläche gespiegelt, gilt: Einfallswinkel = Ausfallswinkel.

Die Sammellinse



In einer Linse geht das Licht zunächst vom optisch dünneren in das dichtere Medium über, danach umgekehrt. Die Sammellinse ist dabei so beschaffen, dass gilt:

- Ein durch den Brennpunkt gehender Strahl verlässt die Linse senkrecht
- Ein durch den Mittelpunkt der Linse gehender Strahl bleibt gerade
- Alle parallel eintreffenden Strahlen treffen sich in der Brennebene hinter der Linse in einem Punkt

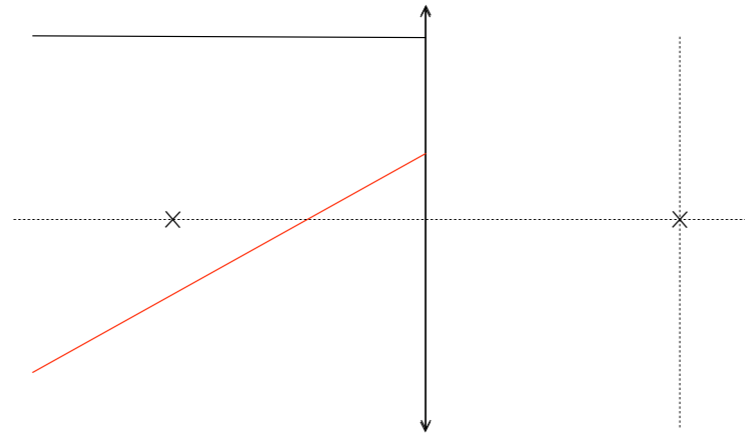
Beschrieben wird die Linse durch ihre Brennpunkte. Senkrecht zur Linse durch deren Mittelpunkt verläuft ihre optische Achse, senkrecht dazu durch die Brennpunkte die Brennebenen. Außerdem spielt ihr Durchmesser eine Rolle (auf die wir hier aber nicht näher eingehen werden).

Die Sammellinse

Eigenschaften zur Beschreibung der Linse im Rahmen der geometrischen Optik

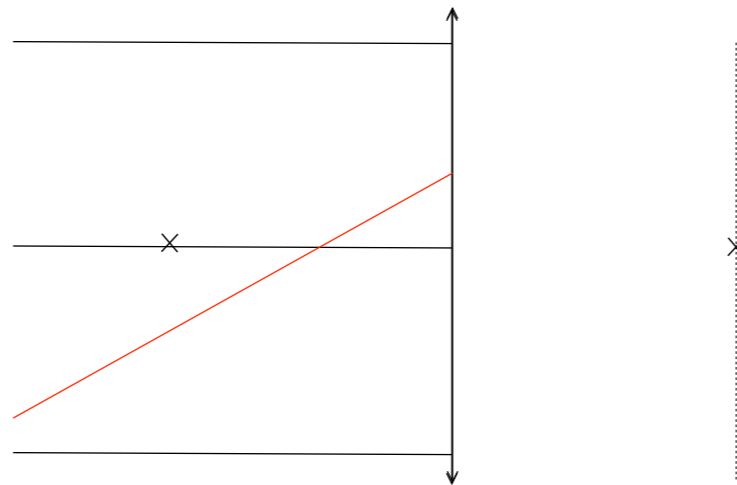
- Ein durch den Brennpunkt gehender Strahl verlässt die Linse senkrecht zur Linsenfläche
- Ein durch den Mittelpunkt der Linse gehender Strahl bleibt gerade
- Alle parallel zueinander eintreffenden Strahlen treffen sich in der Brennebene hinter der Linse in einem Punkt

Die Sammellinse



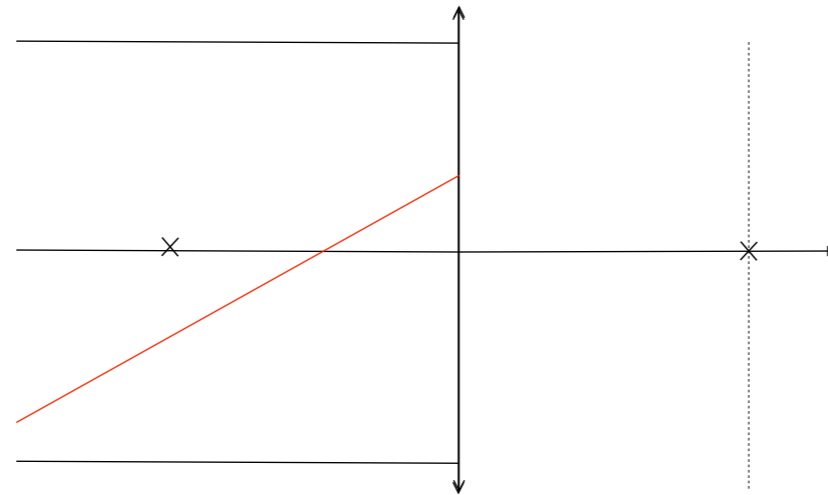
Wir betrachten nun exemplarisch zwei eintreffende Strahlen. Wohin verlaufen diese hinter der Linse?

Die Sammellinse



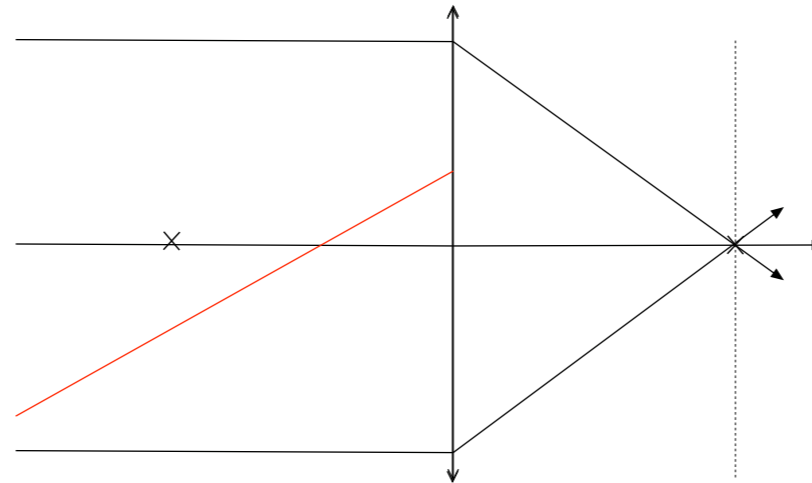
Um dies zu klären nehmen wir zunächst den oberen Strahl. Er trifft senkrecht auf die Linse, wird also zum Brennpunkt hin gebrochen. Wir wollen dennoch zwei weitere Strahlen betrachten, die parallel zum ersten verlaufen. Einer davon geht durch den Mittelpunkt der Linse, wird also nicht gebrochen.

Die Sammellinse



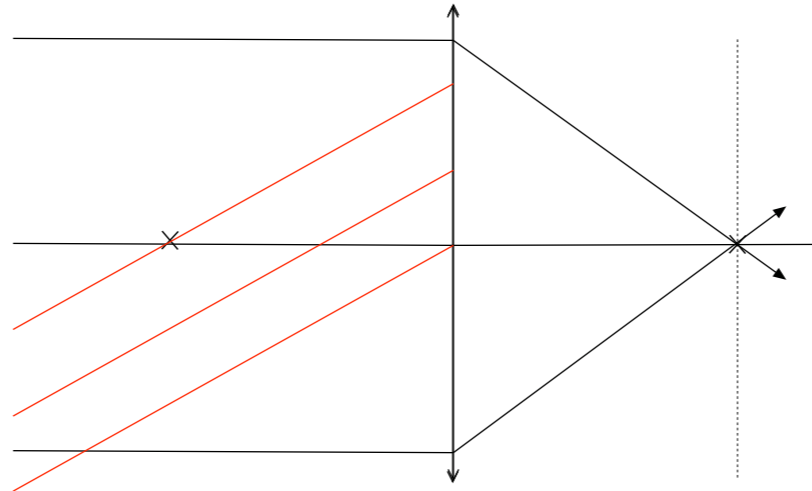
Dieser Mittelpunktstrahl schneidet die Brennebene hinter der Linse wie erwartet im Brennpunkt.

Die Sammellinse



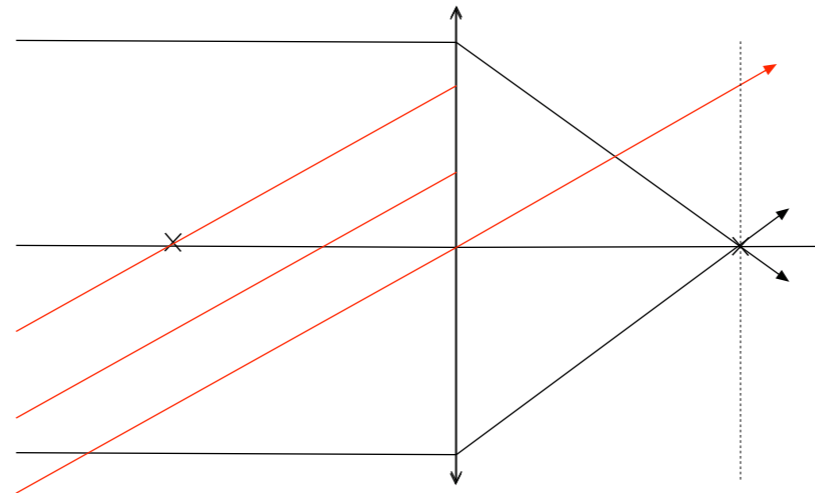
Alle parallelen Strahlen schneiden die Brennebene ebenfalls im selben Punkt, hier also im Brennpunkt. Unsere drei Aussagen (s.o.) sind also nicht unabhängig voneinander.

Die Sammellinse



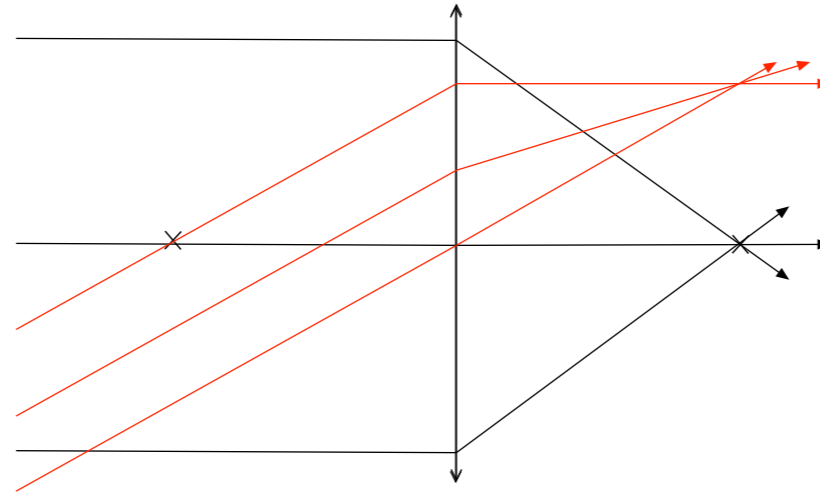
Für den unteren, roten Strahl zeichnen wir ebenfalls zwei Parallelen. Eigentlich würde eine reichen. Wir nehmen hier den Strahl durch den linksseitigen Brennpunkt sowie den durch die Linsenmitte. Für beide kennen wir den weiteren Verlauf.

Die Sammellinse



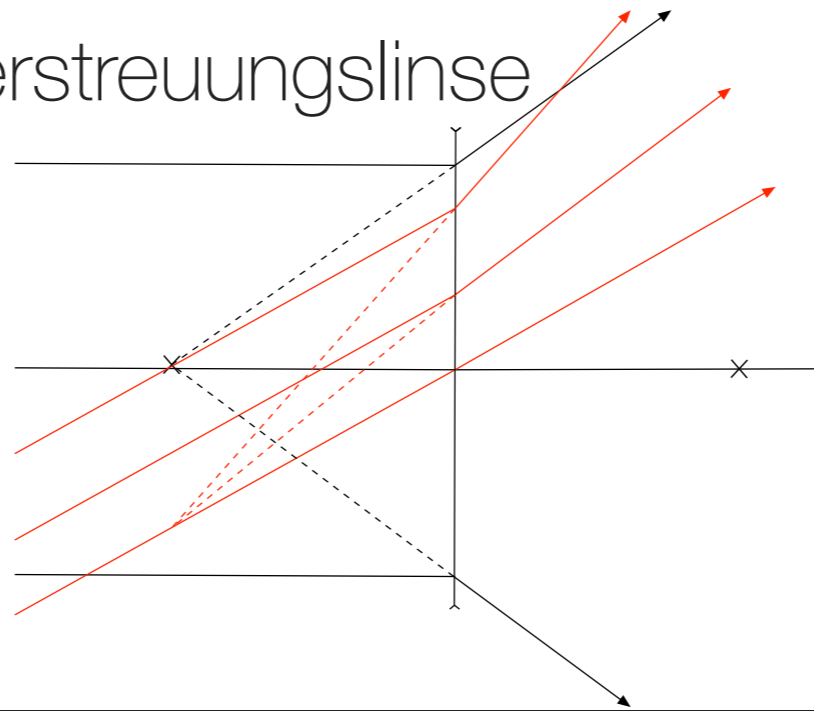
Nun suchen wir den Punkt, an dem sich die parallelen Strahlen in der Brennebene treffen. Dazu können wir einen Strahl senkrecht zur Linse eintragen, der von dem Punkt ausgeht, auf dem der Strahl durch den Brennpunkt auftritt, oder wir nehmen wir hier den Mittelpunktstrahl und verlängern ihn bis zur Brennebene.

Die Sammellinse



Fertig!

Die Zerstreuungslinse



Die Zerstreuungslinse ist so beschaffen, dass gilt:

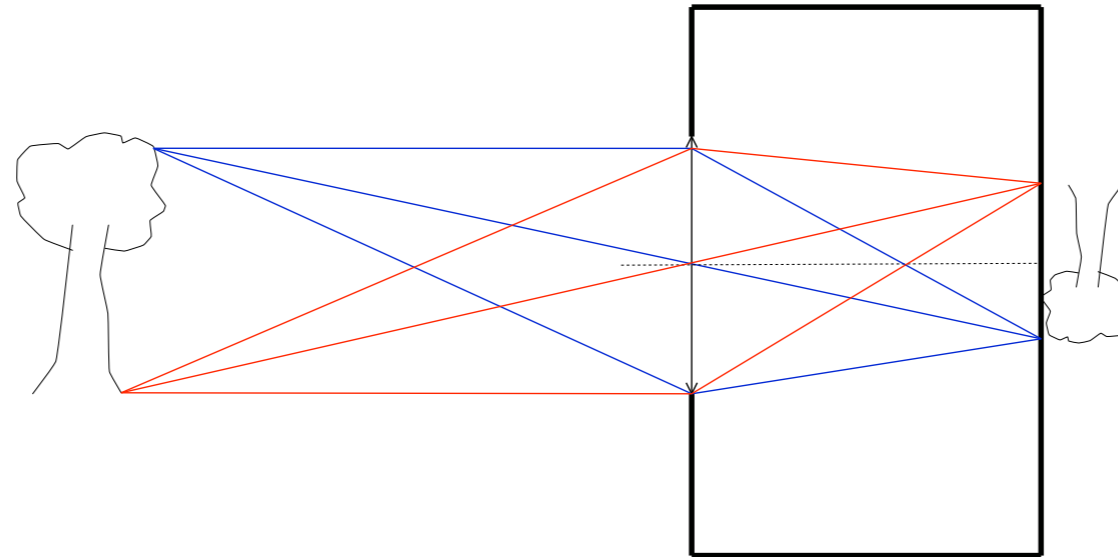
- Ein senkrecht eintreffender Strahl wird so abgelenkt, dass er aus dem Brennpunkt zu kommen scheint
- Ein durch den Mittelpunkt der Linse gehender Strahl bleibt gerade
- Alle parallel eintreffenden Strahlen scheinen vom selben Punkt der Brennebene zu kommen

Die Zerstreuungslinse

Eigenschaften zur Beschreibung der Linse im Rahmen der geometrischen Optik

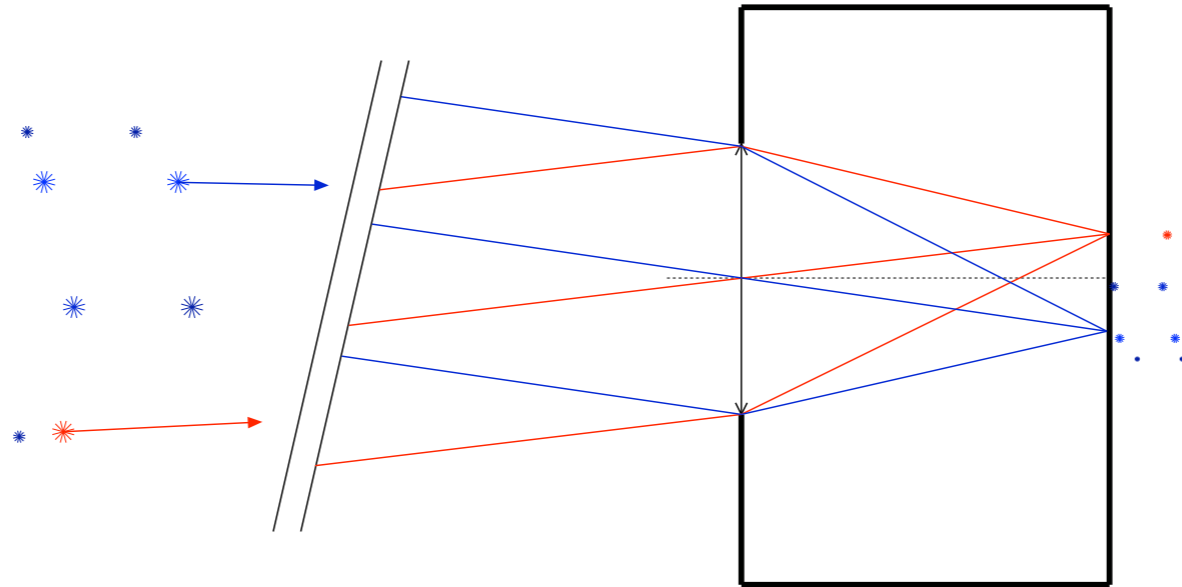
- Ein senkrecht zur Linsenfläche eintreffender Strahl wird so abgelenkt, dass er aus dem Brennpunkt zu kommen scheint
- Ein durch den Mittelpunkt der Linse gehender Strahl bleibt gerade
- Alle parallel zueinander eintreffenden Strahlen scheinen vom selben Punkt der Brennebene zu kommen

Die Kamera (das Auge)



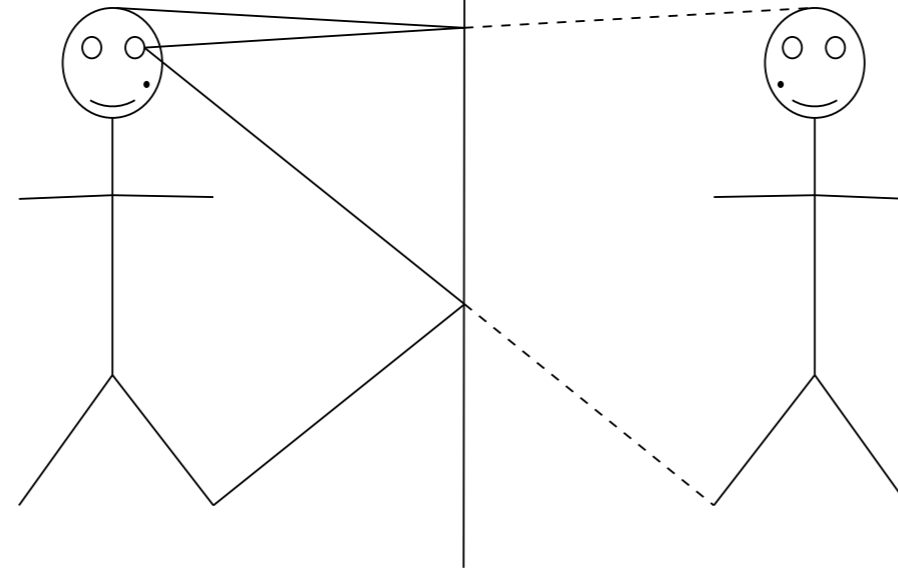
Auch hier gilt: Ein Punkt des Objektes muss auf einen Bildpunkt abgebildet werden. Mit einer Sammellinse ist das wie gezeigt zu erreichen. Wir haben es hier allerdings mit einem Bonsai zu tun, der extrem dicht vor der Kamera steht! Wenn das Objekt sehr weit entfernt ist (unendlich weit) erreichen uns alle Strahlen vom selben Punkt parallel.

Die Kamera (unendlich)



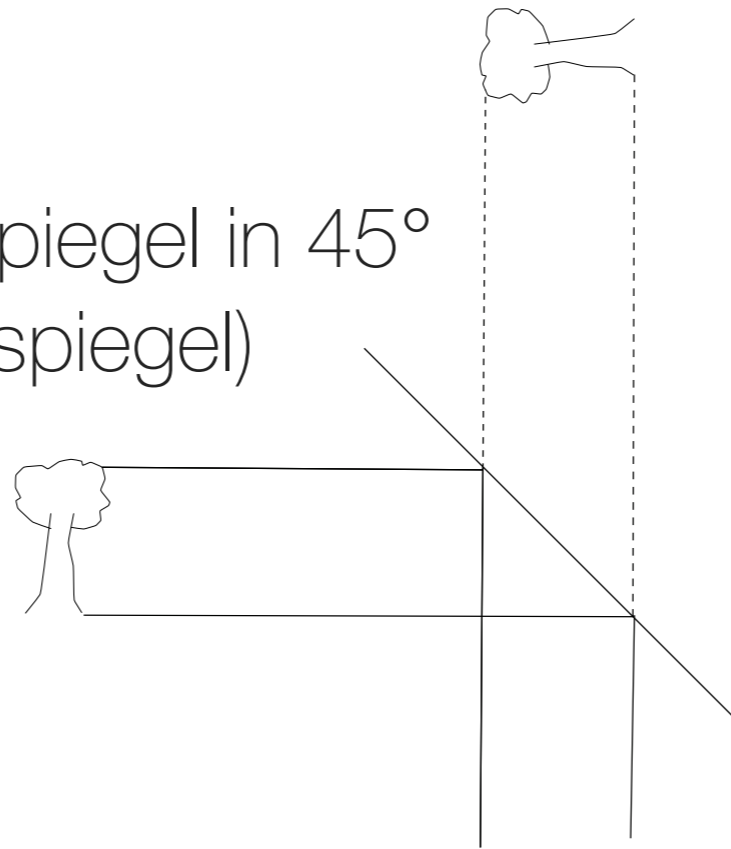
In diesem Fall ist die Filmebene genau in der Brennebene (Unendlichstellung des Objektivs). Das Auge funktioniert im Prinzip genauso wie diese Kamera.

Der Spiegel



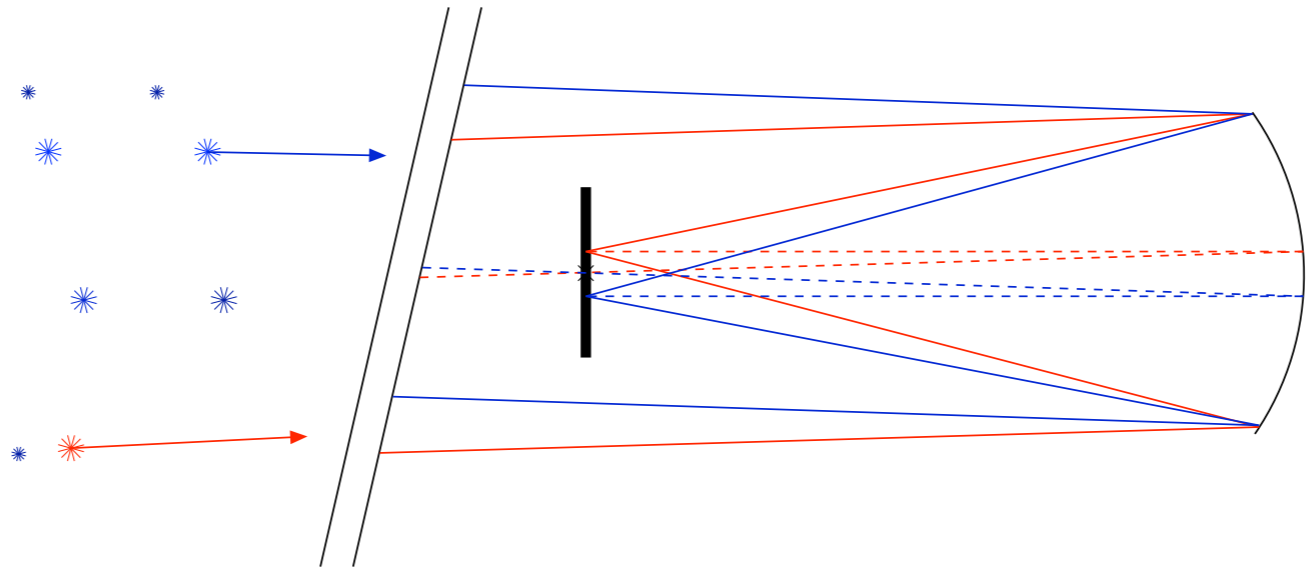
Es gilt Einfallswinkel = Ausfallswinkel. Die Lichtstrahlen scheinen dann von einem virtuellen Objekt im Spiegel zu kommen. Die Änderung der Perspektive führt dazu, dass das Bild spiegelverkehrt erscheint.

Der Spiegel in 45°
(Fangspiegel)



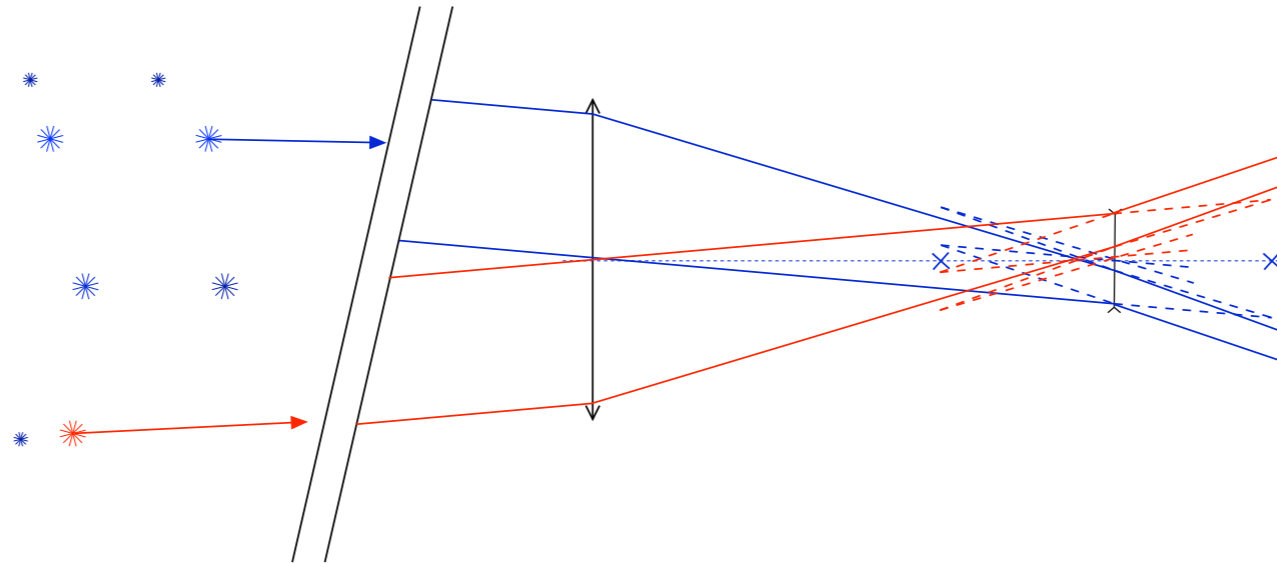
Auch hier ist das Bild spiegelverkehrt. Je nach Position des Betrachters und des Spiegels kann auch noch eine Drehung entstehen. Im Beispiel schauen wir von unten, und oben ist dann links, unten rechts.

Die Schmidt-Kamera



Die Korrekturplatte entfällt hier, da der Spiegel als idealer Parabolspiegel angenommen wird. Das Bild ist gedreht und spiegelverkehrt.

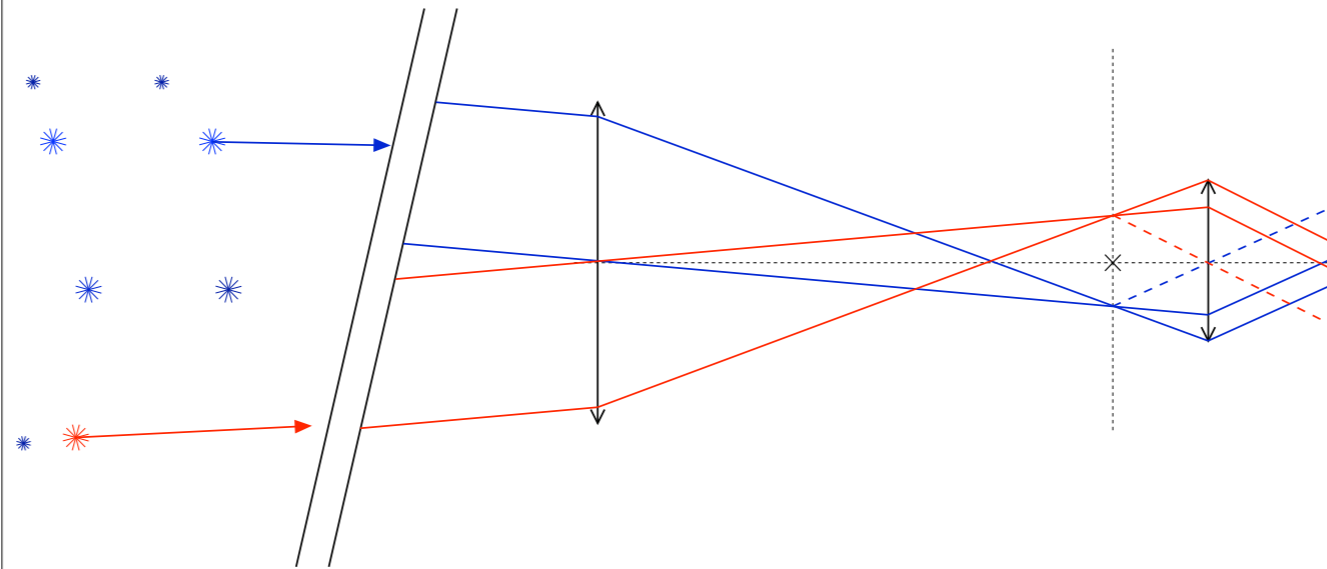
Das Galilei-Teleskop



Um das Bild in der Brennebene zu sehen, benötigen wir eine Lupe, das Okular. Beim Galilei-Teleskop liegt das Okular sogar vor der Brennebene. Ein scharfes Bild erhalten wir, wenn Lichtstrahlen, die parallel in das Objektiv eingetreten sind, auch parallel aus dem Okular wieder austreten (den Rest macht unser Auge!). Der steilere Winkel zeigt hierbei die Vergrößerung. Dass die Strahlen dichter zusammen liegen, zeigt die Lichtsammelleistung des Teleskops. Objekte erscheinen größer und heller.

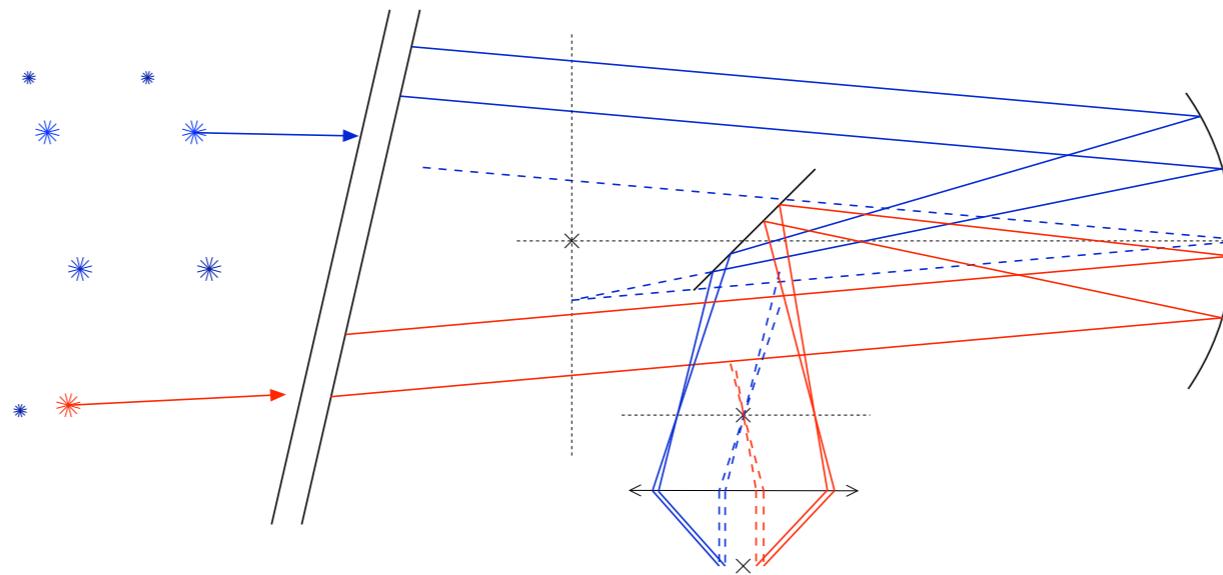
Beim Galilei-Teleskop scheint das Licht nach dem Durchgang immer noch aus der gleichen Richtung (abgesehen von der Vergrößerung) zu kommen. Das Bild ist aufrecht und seitenrichtig.

Das Kepler-Teleskop



Beim diesem Teleskop liegt das Okular hinter der Brennebene des Objektivs. Hier ändern die Strahlen ihre Richtung. Oben liegende Objekte scheinen nun unten zu liegen, auch rechts und links werden vertauscht. Insgesamt wird das Bild um 180° gedreht.

Das Newton-Teleskop



Beim Newton-Teleskop hat man zwei Spiegel. Die doppelte Spiegelung hebt sich auf. Das Bild erscheint auch hier um 180° gedreht. Allerdings spielt hier auch die Richtung eine Rolle, aus der man hineinschaut. Durch Drehen des Kopfes dreht sich ja quasi auch das Bild!