

# 1. Licht, Lichtausbreitung, Schatten, Projektion

## Was ist Licht?

### Definition:

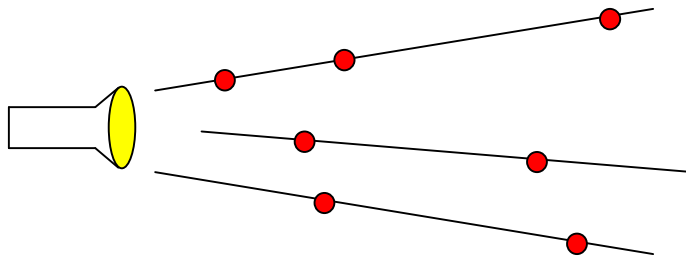
Die Optik ist das Gebiet der Physik, das sich mit dem Licht befasst. Der Begriff aus dem Griechischen bedeutet „Lehre vom Sichtbaren“. Licht ist also primär das, was durch das menschliche Auge wahrnehmbar ist. Aber auch das unsichtbare Licht wird teils noch als Licht bezeichnet: Infrarotlicht und ultraviolettes Licht.

### Das Licht

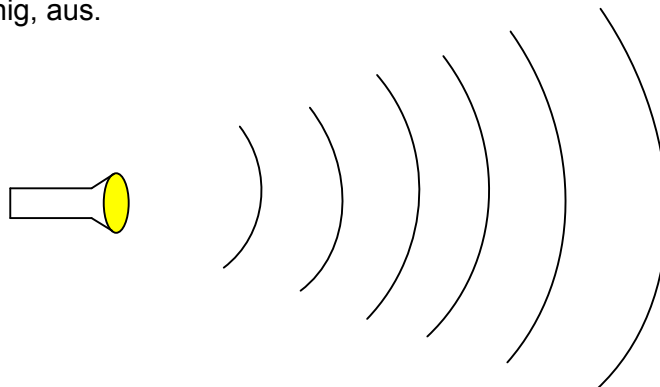
Heute sprechen wir vom **Dualismus des Lichts**, weil zwei Modelle als Vorstellung des Lichts nebeneinander Gültigkeit haben:

Das **Teilchenmodell** und **Wellenmodell**.

Beim **Teilchenmodell** wird das Licht als kleinste **Teilchen** (Quanten), Energieeinheiten, den Photonen, angenommen, die von einer Lichtquelle ausgesendet werden und sich geradlinig ausbreiten.



Das **Wellenmodell** erklärt Licht als **elektromagnetische Welle**. Wellen haben eine bestimmte Wellenlänge oder Frequenz. Licht ist eine elektromagnetische Welle in jenem Frequenzbereich, der vom Auge wahrnehmbar ist. Diese Wellen breiten sich kugelförmig vom Zentrum, und damit ebenfalls radial, also geradlinig, aus.



Das Licht hat aber Eigenschaften von beiden. Es ist weder ausschliesslich Welle noch ausschliesslich Teilchen. Es ist ein „Quantenobjekt“, das sich paradoxerweise unserer konkreten „Anschauung“ entzieht.

## Lichtausbreitung

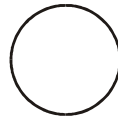
Verdeutlichen Sie mit Hilfe von Lichtstrahlen, wie sich Licht von den dargestellten Lichtquellen aus ausbreitet!

*Ideale, punktförmige Lichtquelle*

*Sonne oder Kugellampe*

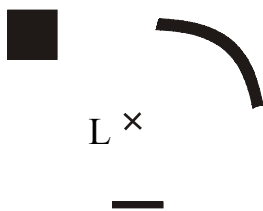
*Kerzenflamme*

×

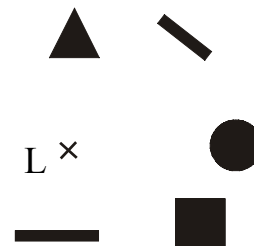


2. Zeichnen Sie in die Skizzen die Schattengebiete ein! Markieren Sie sie!

a)



b)



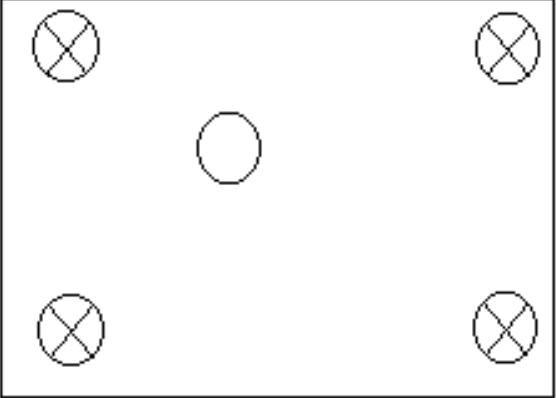
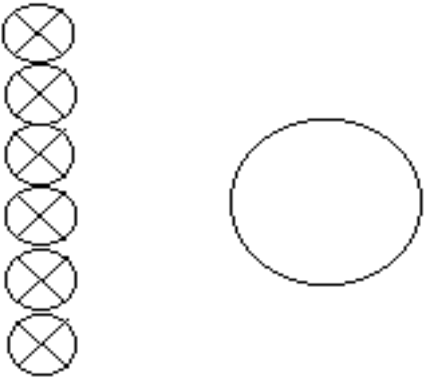
3. Ein Körper wird von zwei punktförmigen Lichtquellen beleuchtet und umstrahlt. Zeichnen Sie die Schattengebiete ein! Markieren Sie sie!

$L_1 \times$



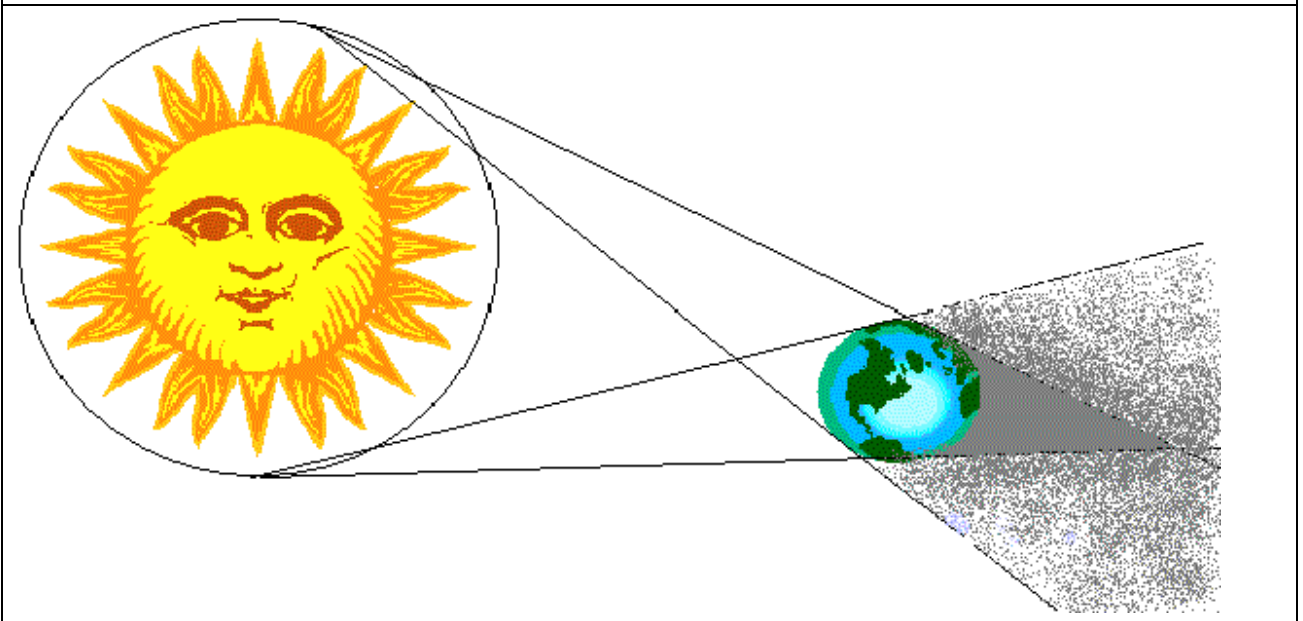
$L_2 \times$

Warum kann man im Schatten eines Sonnenschirms (auch wenn er ganz lichtdicht ist) trotzdem lesen?

<p>In einem Stadion gibt es mindestens 4 Beleuchtungsposten. Zeichnen Sie den bzw. die Schatten des Spielers Wo ist der Kernschatten?</p>	 <p>The diagram shows a rectangular stadium with four light sources, represented by circles with an 'X' inside, positioned at the corners. In the center of the stadium is a small circle representing a player.</p>
<p>Eine „Neonröhre“ (Fluoreszenz-Leuchtstoffröhre) kann als Reihe vieler Punktlichtquellen verstanden werden. Zeichnen Sie die Schatten, wenn 6 Quellen angenommen werden. Was gilt für die diversen Halbschatten?</p>	 <p>The diagram shows a vertical line of six light sources, represented by circles with an 'X' inside. To the right of this line is a large circle representing a shadow or object.</p>

Tag + Nacht: Zeichnen Sie den Erdschatten. Bedenken Sie, dass die Sonne gegenüber der Erde eine «grosse Lichtquelle» ist.

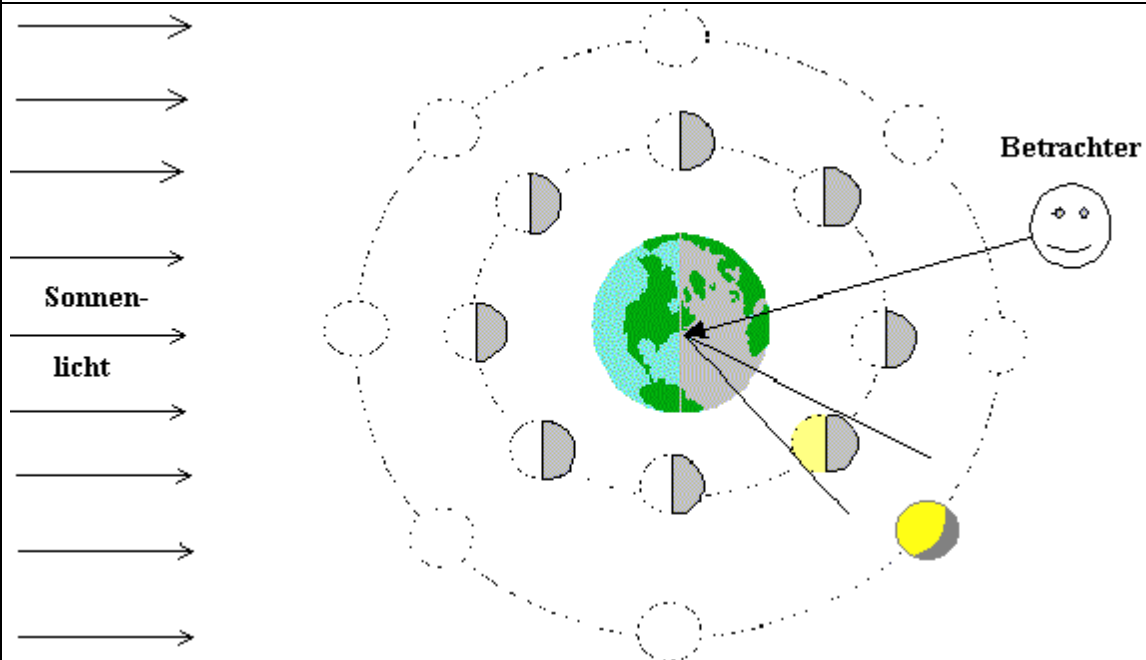
Wie ist die Halbschattenzone zu beschreiben?  
Wie wird der Halbschatten von Erdbewohnern erlebt?



## Mondphasen, Mondfinsternis, Sonnenfinsternis

Das folgende Bild zeigt den tatsächlichen Mondschaten dem Effekt von der Erde aus gesehen.  
Innenkreis: Zeigt in jeder Position die Licht- und Schattenseite des Mondes und der Erde.  
Aussenkreis: Ansicht des Mondes von der Erde aus gesehen: Beispiel: Dreiviertelmond.

=> Ergänzen Sie die Skizze für die übrigen Mondpositionen: Was sieht man von der Erde aus?  
(Beachten Sie, dass der Mond hier nicht direkt «vor» und «hinter» der Erde steht, sondern etwas ausserhalb der Zeichen-Ebene.)



Denken Sie sich nun den Mond im obigen Bild **in** der Zeichen-Ebene:

Wie kommt es zu einer **Mondfinsternis**

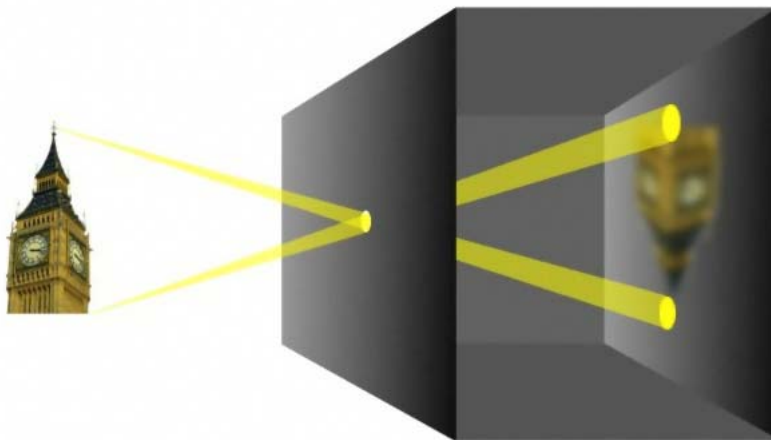
Wie kommt es zu einer **Sonnenfinsternis**!

## Einfache Abbildungen, Projektion von Bildern: Die Lochkamera,

Lichtstrahlen breiten sich grundsätzlich geradlinig aus. Allein aufgrund dieser Erkenntnis lässt sich ein einfacher Fotoapparat bauen. Das Grundprinzip wurde schon vom Aristoteles im 4. Jh. v. Chr. entdeckt.

Prinzip: Eine dunkle Kiste, oder ein dunkler Raum (camera obscura) enthält eine dünne Wand mit einem kleinen Loch.

Beobachtung: An der Wand gegenüber dem Loch wird die Aussenwelt der Kiste abgebildet. Von jedem Gegenstand ausserhalb des Raums werden Lichtstrahlen in allen Richtungen reflektiert. Ein solcher Lichtstrahl, und nur ein einziger, trifft genau auf unser Loch und dringt in den Raum ein. Er erzeugt an der gegenüberliegenden Wand einen winzigen kleinen Lichtpunkt, der die von jedem Punkt der Aussenwelt gelangt „ein Lichtstrahl“ auf die Innenwand. Diese Strahlen erzeugen ein Bild, das in Farbe und Lichtstärke den äusseren Gegenständen entsprechen.



Oben ist unten, links ist rechts. Von innen gesehen ist das Bild aber nicht spiegelverkehrt, nur im 180 Grad gedreht. Bringen wir an der Wand lichtempfindliches Papier oder einen Film an, so haben wir einen einfachen Fotoapparat, eine Lochkamera, mit der sich echte Fotos machen lassen.

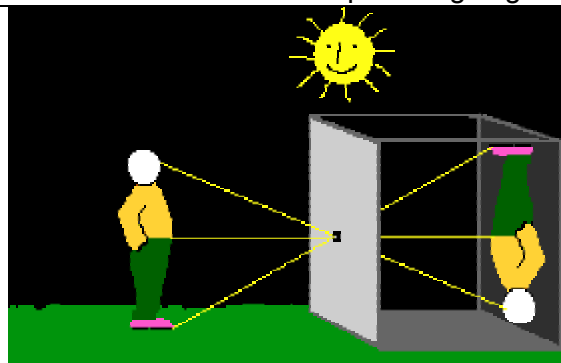
Diese einfache Lochkamera hat je einen grossen Vor- und Nachteil:

Eigenschaften:

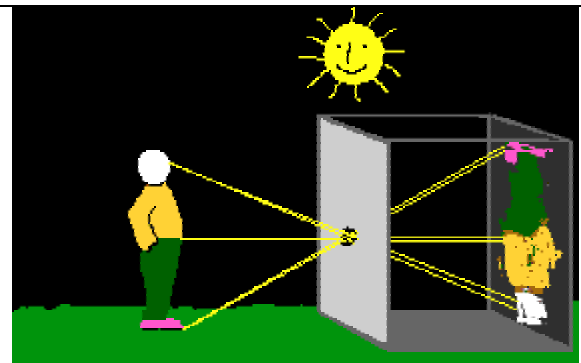
- Die Schärfe braucht nicht eingestellt zu werden, sie ist **unabhängig** vom **Abstand** des Objekts! Die Tiefenschärfe ist unendlich. Das Loch hat im Gegensatz zu Linsen oder Objektiven (=Linsensystemen) keine bestimmbare Brennweite.
- Die Schärfe ist aber direkt abhängig von der Lochgrösse

Je kleiner das Loch, desto schärfer das Bild, aber desto weniger Licht kommt herein. Deshalb wird das Bild weniger lichtstark, und die Belichtungszeit für einen Film muss stark vergrössert werden. Für bewegte Bilder ist die Lochkamera also überhaupt nicht geeignet.

- ! Ein grösseres Loch bringt zwar ein helleres Bild, aber es treffen mehr Lichtstrahlen von verschiedenen Stellen des Objekts an einem Punkt auf. Dadurch verschwimmt das Bild.



kleines Loch: scharfes, aber dunkles Bild



grosses Loch: helleres, aber unscharfes Bild

Die einzige Möglichkeit, die Schärfe zu behalten und den Lichteinfall (Blende) zu vergrößern, haben wir mit dem Einsatz von Linsen (also eines Objektivs). Dabei werden aber die Lichtstrahlen gebrochen und nicht mehr geradlinig abgebildet. Mehr dazu im Abschnitt über Lichtbrechung/Linsen.

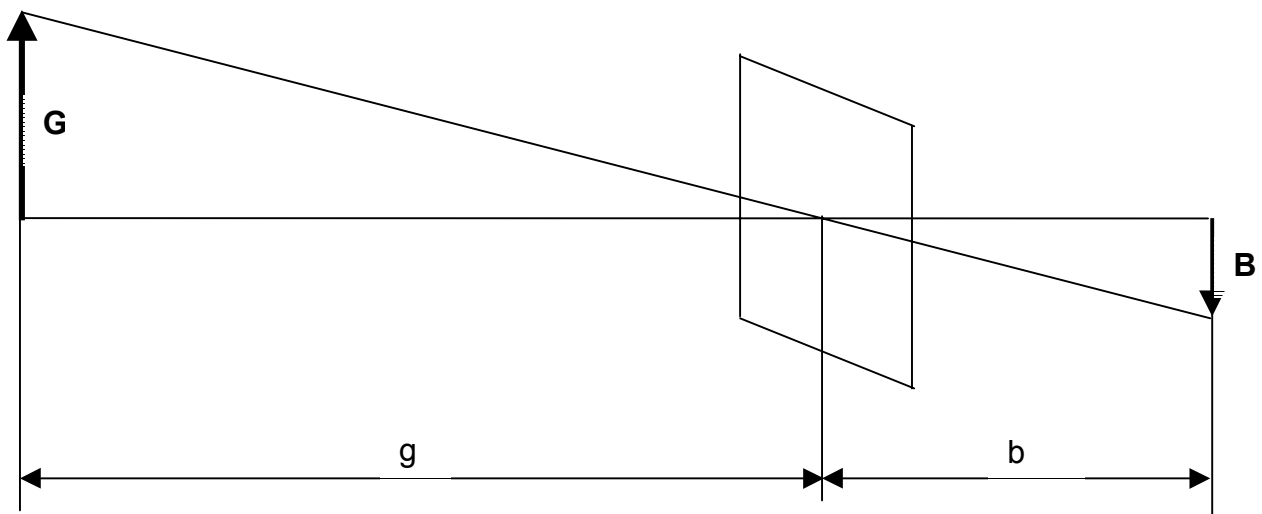
Heute werden Lochkamera nur noch selten eingesetzt. Einen Anwendungsbereich in der Fotografie besitzen sie aber noch:

Bei kleinem Loch und damit wenig Licht muss die Belichtungszeit lange gewählt werden. Dadurch werden Motive, welche nur kurze Zeit am selben Ort verweilen, nicht auf den Film zu sehen sein. Dadurch ist es zum Beispiel möglich, den Markusplatz in Venedig menschenleer zu fotografieren, obschon zu jeder Zeit viele Leute dort spazieren.

Da eine Lochkamera aber kein Objektiv besitzt, können wir die Bildgröße nur mit den Proportionen der Kamera und dem Abstand vom Objekt einstellen.

Das abzubildende Objekt heisst Gegenstand, es hat die Gegenstandsgröße **G**.

Dabei lässt sich geometrisch die das **Abbildungsgesetz** ableiten, es gilt der **Strahlensatz**:



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

G = Gegenstandsgröße

B = Bildgröße

g = Gegenstandsweite

b = Bildweite

Der Abbildungsmaßstab A ergibt sich aus den folgenden Verhältnissen:

$$A = \frac{B}{G} \quad \text{oder auch} \quad A = \frac{b}{g}$$

### Beispiel

Sie wollen ein Haus fotografieren. Ihre Lochkamera ist 40 cm tief. Das Bild soll 24 mm hoch werden. Das Haus ist 16 m hoch. Wie weit müssen Sie vom Haus entfernt sein, um es entsprechend abbilden zu können?

Gegeben: b = 40 cm

B = 24 mm

G = 16 m

Gesucht: g = ?

g =

Sie müssen also ..... vom Haus weit entfernt sein.