

(no title)

Ingo Blechschmidt

16. Mai 2007

## Inhaltsverzeichnis

0.1	Stehende Welle in der Mechanik und der Elektrodynamik . . . . .	2
0.1.1	Überlagerung zweier Wellenzüge . . . . .	2
0.2	Polarisiertes Licht . . . . .	2
0.3	Zugänge zum Brechungsgesetz . . . . .	3
0.4	[Kohärenz] (Veranschaulichung lokaler Zustände eines lichtdurchfluteten Bereichs (Wellenfelds)) . . . .	6
0.4.1	[Kohärenz im Metzler . . . . .	6
0.4.2	[Bessere Definition . . . . .	6
0.5	[Interferenz] . . . . .	6
0.5.1	[Das Doppelspaltexperiment] . . . . .	6
0.5.2	Zusammenstellung der Gleichungen zur Interferenz ( $\Delta s = n\lambda \rightarrow n$ -tes Maximum bei zwei Strahlen) . . . . .	8
0.5.3	Anwendung der Drehkristallmethode bei der Analyse von Röntgenstrahlung . . . . .	9
0.6	Zwei Modelle für das Phänomen „Licht“ . . . . .	11
0.6.1	Strahlenmodell . . . . .	11
0.6.2	Wellenmodell . . . . .	11
0.7	Klassische Strahlenoptik zum Thema Abbildung . .	11

0.7.1 Am Anfang war das Loch . . . . . 11  
 0.7.2 Die Dreilochblende mit zwei Prismen . . . . . 12  
 0.7.3 Die optische Abbildung . . . . . 12

16.03.2006

**0.1 Stehende Welle in der Mechanik und der Elektrodynamik**

Grundschwingung:  $l = \frac{\lambda}{2}$ ;

$[l = \frac{\lambda}{2} = \frac{cT}{2} = \frac{1}{2} \frac{c}{f}; \Leftrightarrow f = \frac{1}{2} \frac{c}{l} \approx 1,9 \text{ GHz};]$

21.03.2006

**0.1.1 Überlagerung zweier Wellenzüge**

$y_{\text{ges.}}(x, t) = y_{\text{Eingang}}(x, t) + y_{\text{Reflektion}}(x, t) = y_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \omega t\right) + y_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \omega t\right) = y_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{T}t\right) + y_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{2\pi}{T}t\right);$

Jahrgangsstufe 9:

- $y(x, t) = (x - vt)^2$ ;
- $y(x, t) = x^2 + vt$ ;
- $y(x, t) = \sqrt{x - vt}$ ;

29.03.2006

**0.2 Polarisiertes Licht**

- „Polarisation“ als Attribut einer Welle  
 Ausbreitungsrichtung (Vektor)  $\neq$   
 Richtung des oszillierenden Signals; Amplitude und Richtung  
 → Vektor des Signals

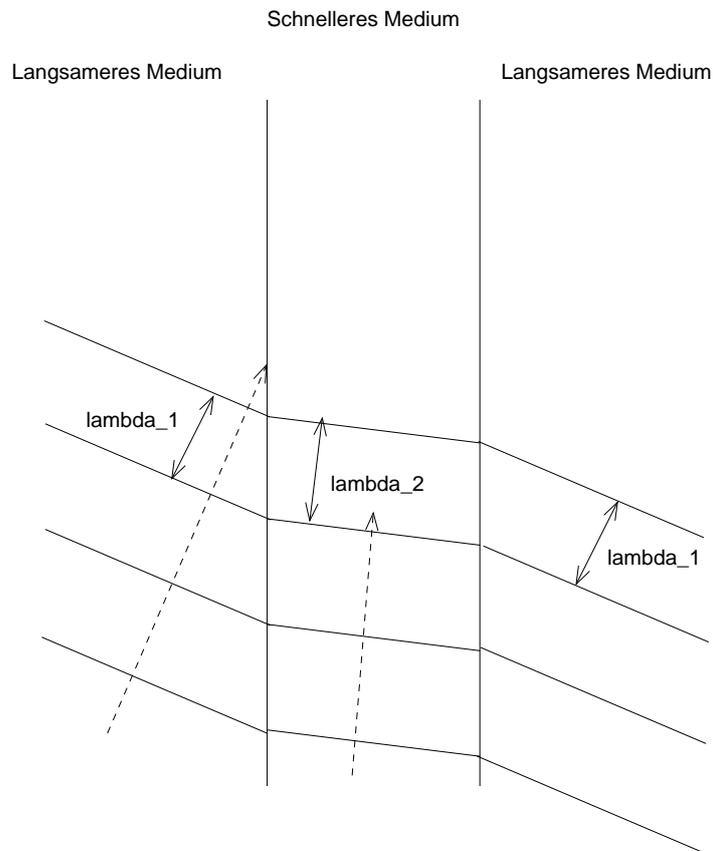
04.04.2006

### 0.3 Zugänge zum Brechungsgesetz

- **[„Teilchenmärchen“**

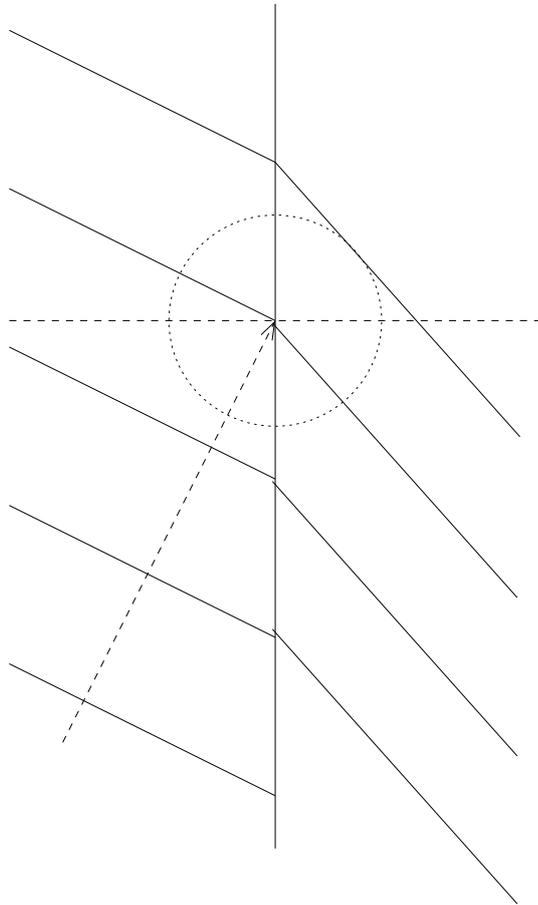
Gesucht ist nicht der räumlich kürzeste, sondern der zeitlich schnellste Weg fürs Photon von  $A$  nach  $B$ .

Problem dabei: Das Photon müsste über übernatürliche Kräfte verfügen, um immer den kürzesten Weg finden zu können.



- **Licht als Welle**

Betrachtet man dagegen Licht als Welle – delokalisiert – stellen sich diese Probleme nicht:]

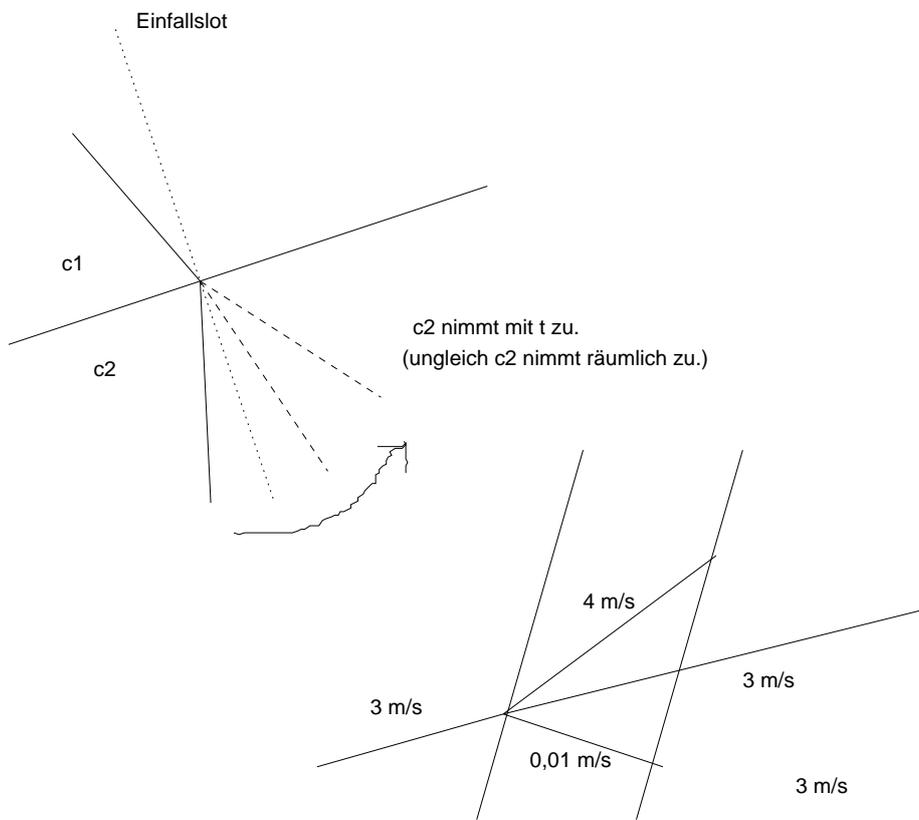


$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 3LE; \\ c &= \lambda f; \quad f_1 = f_{1,5}; \\ \Rightarrow \frac{c_1}{\lambda_1} &= \frac{c_{1,5}}{\lambda_{1,5}}; \\ \Rightarrow \lambda_{1,5} &= \frac{c_{1,5}}{c_1} \cdot \lambda_1 = 2LE; \\ c_1 &= 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \\ c_{1,5} &= 2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \end{aligned}$$

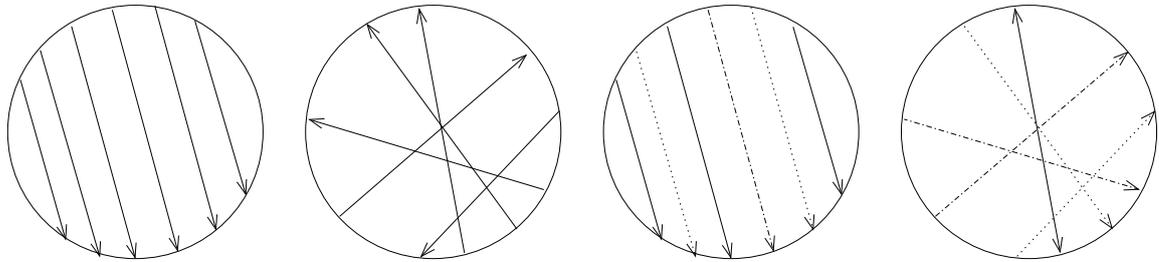
05.04.2006

[Da  $f_1 = f_2$  und  $c_1 \neq c_2$  und  $c = \lambda f$ , muss sich  $\lambda$  beim Übertritt ändern.

„Die Physik muss vor und nach der Brechung die gleiche sein –  $f_1 = f_2$ .“



## 0.4 [Kohärenz] (Veranschaulichung lokaler Zustände eines lichtdurchfluteten Bereichs (Wellenfelds))



Eine einzige Farbe, eine einzige Richtung der "Lichtstrahlen" (Wellennormalen).

Eine einzige Farbe, alle [viele] Richtungen.

Eine einzige Richtung, alle Farben.

Alle Richtungen, alle Farben.

Das Licht ist zeitlich und räumlich kohärent.

Das Licht ist zeitlich kohärent.

Das Licht ist räumlich kohärent.

Zeitlich und räumlich inkohärent.

w konst.  
k konst.

w konst.

$k|\text{Vektor}| / k$  konst.

03.05.2006

### 0.4.1 [Kohärenz im Metzler]

Kohärenz ist eine Eigenschaft von Quellen. Quellen sind kohärent, wenn sie Wellen fester Frequenz und fester Phasenbeziehung  $\Delta\varphi$  ausstrahlt.

Unveränderliche Interferenzmuster (oder auch kurz nur „Interferenzmuster“) entstehen nur bei der Überlagerung von Wellen kohärenter Quellen.]

### 0.4.2 [Bessere Definition]

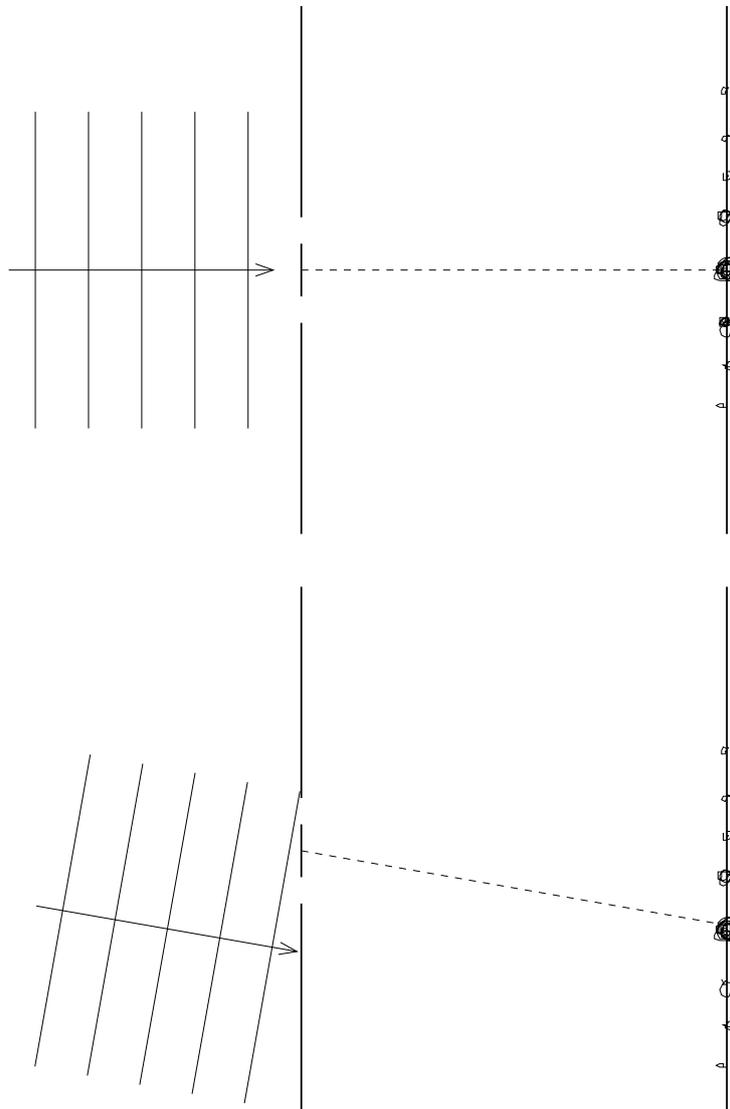
Kohärenz ist eine Eigenschaft von (infinitesimalen) Raumbereichen, ähnlich wie Steigung eine Eigenschaft von infinitesimalen Punktbereichen ist.]

03.05.2006

## 0.5 [Interferenz]

### 0.5.1 [Das Doppelspaltexperiment]

Anmerkung zu B. S. 133/1



Das Interferenzmuster wandert, ändert sich [aber] qualitativ nicht [nur zieht sich das Muster als Folge des veränderten gedachten „Spaltabstands“ leicht auseinander]. Zum Wundern:

[Mehr als nur zwei „Flecke“ und nochwas XXX]

06.05.2006

**Interferenzexperiment zur Wellenlängenbestimmung**

[Siehe 83. Hausaufgabe.]

09.05.2006

### **Ermittlung der Wellenlängen eines Lasers durch Ausmessen des Interferenzmusters**

[ $e$ : Abstand Laser-Wand,  $d$ : Spaltabstand; XXX]

$$\lambda = \frac{d1}{ne} = d \frac{a}{e} n^{-1} = \frac{d1}{e} \text{ für } n = 1;$$

$$\lambda = d \sin \alpha; \text{ (Maximumbedingung)}$$

$$\sin \alpha = \frac{n\lambda}{e};$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{e};$$

30.05.2006

#### **0.5.2 Zusammenstellung der Gleichungen zur Interferenz ( $\Delta s = n\lambda \rightarrow n$ -tes Maximum bei zwei Strahlen)**

[In allen Fällen gibt es keine energetische Wechselwirkung, sondern ausschließlich Impulsaustausch.]

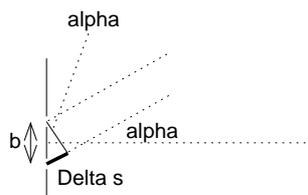
#### **Doppelspalt**

$$b \cdot \sin \alpha = n\lambda; \rightarrow \text{Maximum } n\text{-ter Ordnung}$$

$b$ : Spaltabstand

Wegen  $\sin \alpha \leq 1$  gilt:  $n \leq \frac{b}{\lambda}$ ;

Z.B.:  $\frac{4 \mu\text{m}}{630 \text{ nm}} \approx 6,35$ ;  $\rightarrow$  maximal sechs Maxima nach einer Seite, d.h. 13 Maxima [insgesamt]

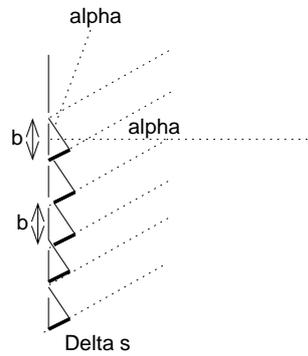


#### **Gitter**

$$b \cdot \sin \alpha = n\lambda; \text{ (wie beim Doppelspalt)}$$

$b$ : „Gitterkonstante“

Maxima sind beim Gitter stärker ausgeprägt als beim Doppelspalt.



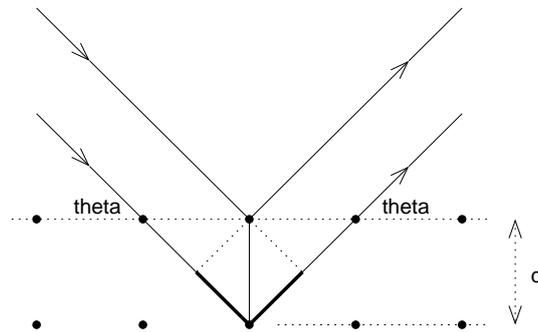
**Röntgeninterferenz am dreidimensionalen Gitter**

Strahl„ablenkung“:  $2\vartheta$

$$2d \cdot \sin \vartheta = n\lambda;$$

$d$ : Netzebenenabstand  $\approx 10^{-10}$  m

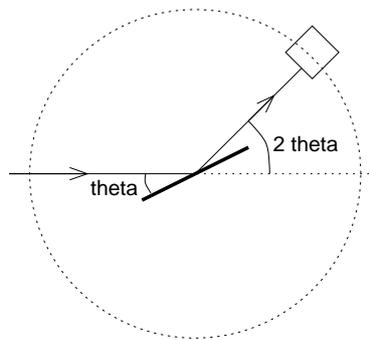
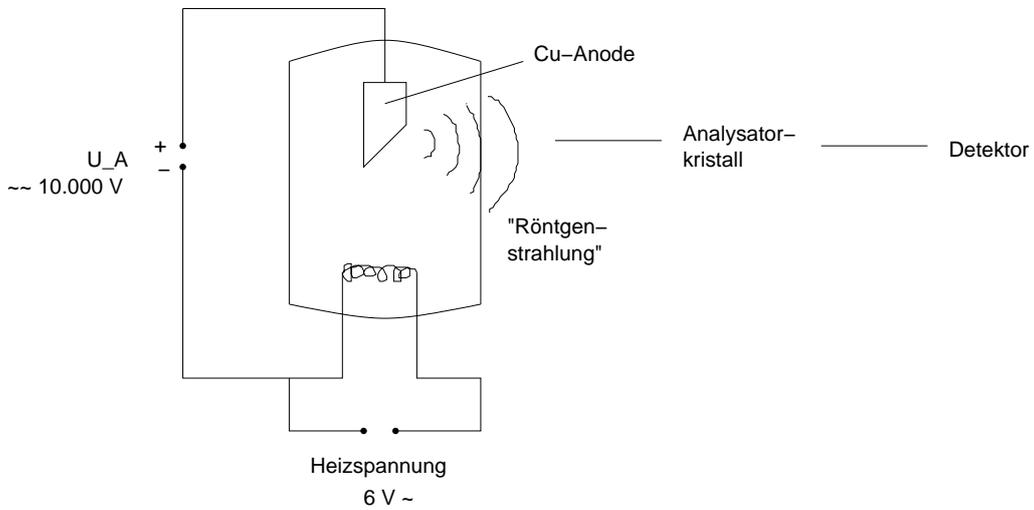
BRAGGreflexe nur unter bestimmten  $\vartheta$ - $\vartheta$ -Winkeln!



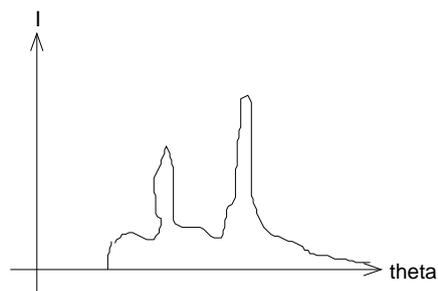
01.06.2006

**0.5.3 Anwendung der Drehkristallmethode bei der Analyse von Röntgenstrahlung**

Bild 326.1:



$$n\lambda = 2d \sin \vartheta;$$

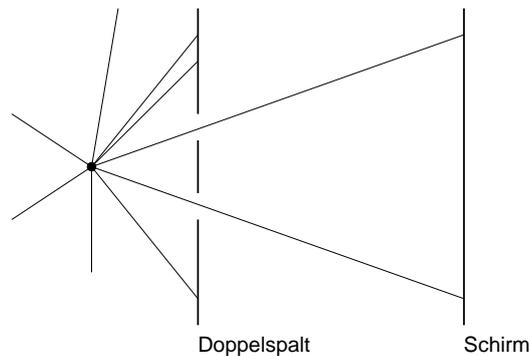


[Echt scharfer Knick im Spektrum, hängt mit der Quantelung der Energieübertragung ab.]

[Charakteristische Peaks, kommen von Elektronen in der Anode, die Schalen wechseln, nachdem andere Elektronen aus dem Kern rausgeworfen worden.]

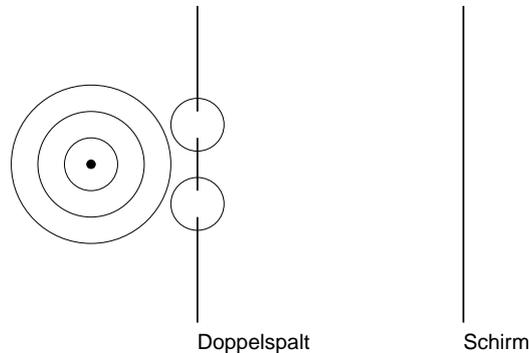
## 0.6 Zwei Modelle für das Phänomen „Licht“

### 0.6.1 Strahlenmodell



Sehr nützlich für Situationen, in denen die Lichtwellenlänge (bspw. 640 nm)  $\ll$  abzubildende Struktur (bspw. 64 mm).

### 0.6.2 Wellenmodell



27.07.2006

## 0.7 Klassische Strahlenoptik zum Thema Abbildung

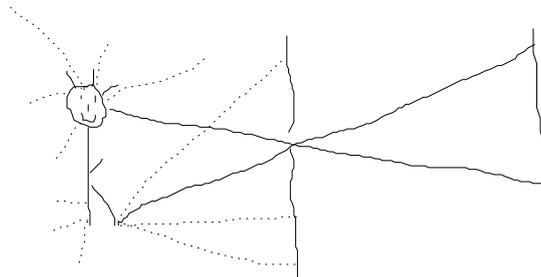
### 0.7.1 Am Anfang war das Loch

Das Wellenfeld, das von einer beleuchteten Klasse ausgesendet wird, liefert auf dem bloßen Fotopapier einen konturlosen Lichtbrei. Jeder „Leuchtpunkt“ der Klasse wird auf das komplette Fotopapier „hinverschmiert“.

Durch Ausblenden von 99,999 % der einfallenden Lichtstrahlen mithilfe einer Lochblende wird jedem Leuchtpunkt der Klasse **ein** Punkt auf dem Fotopapier zugeordnet. Diese Punkt-zu-Punkt-Zuordnung macht das Loch allein durch Ausblenden [von Information].

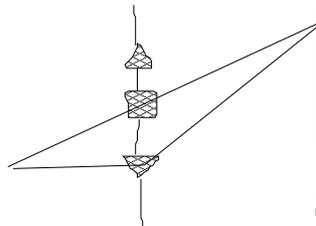
Das Loch ist was XXXbildendes.

Loch als Ordnungsprinzip! [→ Pro Punkt eine Richtung]



### 0.7.2 Die Dreilochblende mit zwei Prismen

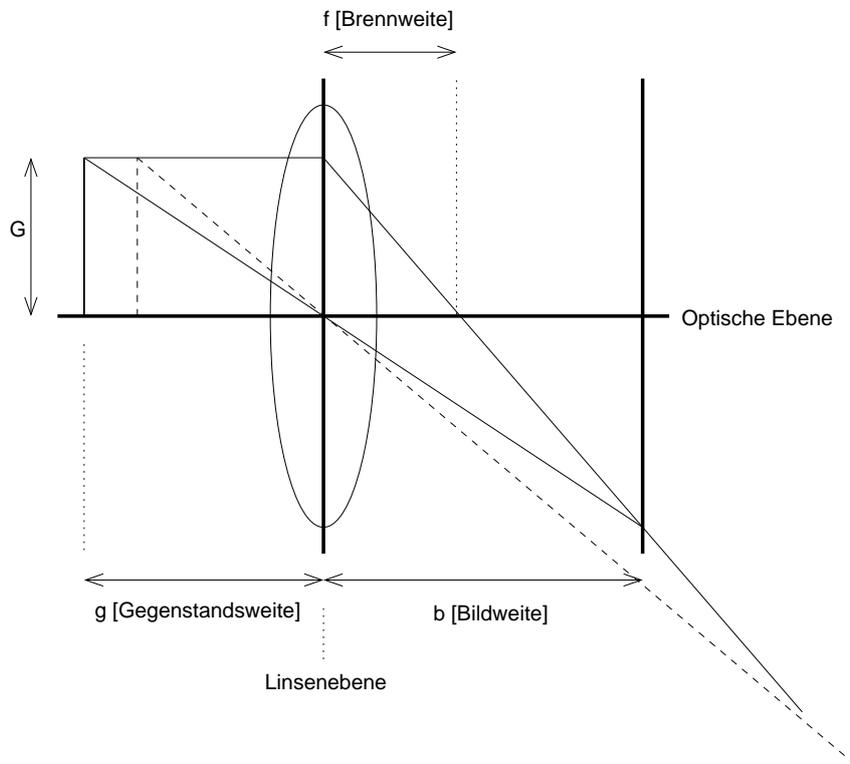
Die Lichtstärke wird durch die Verwendung mehrerer Löcher mit dazugeschalteten Strahlableitern (Prismen) gelöst.



05.08.2006

### 0.7.3 Die optische Abbildung

„Mittelstufe“



Parallelstrahlen  $\rightarrow$  Brennpunktstrahlen

Mittelpunktstrahlen erfahren keine Richtungsablenkung.

[Wenn die Linse „zu klein“ ist, funzt das ganze trotzdem!]

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}; \text{ (Linsengleichung)}$$

**„Oberstufe“: Linse als Wellentransformator**

