

---

**SMART**

**Sammlung mathematischer Aufgaben  
als Hypertext mit T<sub>E</sub>X**

**Optik (Physik)**

---

herausgegeben vom

Zentrum zur Förderung des  
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts  
der Universität Bayreuth\*

1. Mai 2010

\*Die Aufgaben stehen für private und unterrichtliche Zwecke zur Verfügung. Eine kommerzielle Nutzung bedarf der vorherigen Genehmigung.

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Geometrische Optik</b>	<b>3</b>
1. Lichtstrahlen und Lichtbündel	4
2. Reflexion	5
3. Brechung	7
4. Linsen	10
5. Optische Instrumente	12
5.1. Lupe . . . . .	12
5.2. Kamera . . . . .	12
5.3. Diaprojektor . . . . .	12
5.4. Auge . . . . .	12
5.5. Fernrohr . . . . .	12
5.6. Mikroskop . . . . .	12
6. Farben	13
<b>II. Wellenoptik</b>	<b>14</b>
7. Beugung und Interferenz	15
8. Polarisierung	17
9. Dispersion	18

**Teil I.**  
**Geometrische Optik**

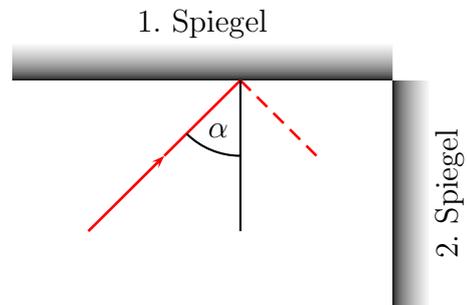
# 1. Lichtstrahlen und Lichtbündel

1. (a) Beschreibe anhand einer Skizze, wie das Bild einer Lochkamera entsteht.
- (b) Wie hängt die Bildgröße von der Gegenstandsgröße, Bildweite und Gegenstandsweite ab?
- (c) Welche Eigenschaften des Bildes lassen sich verbessern und wie kann man diese Verbesserung erreichen? Bedenke dabei auch die Nachteile!

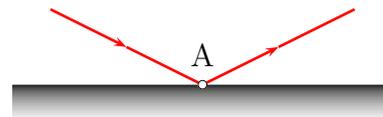
Quelle: Julia Pürkner

## 2. Reflexion

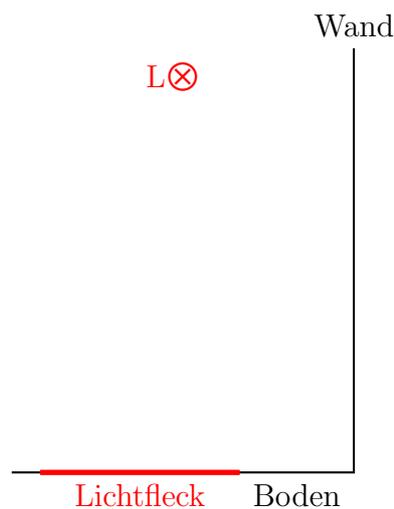
1. Zeichne den weiteren Verlauf des Lichtstrahls für  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\alpha = 45^\circ$  und  $\alpha = 75^\circ$ . Welche besondere Lagebeziehung haben der auf den ersten Spiegel einfallende Lichtstrahl und der an dem zweiten Spiegel reflektierte Lichtstrahl?



2. Der Spiegel wird um die Achse die senkrecht auf der Zeichenebene steht und durch A verläuft, um den Winkel  $\varphi$  gedreht. Um welchen Winkel wird der ursprünglich reflektierte Lichtstrahl dabei gedreht?

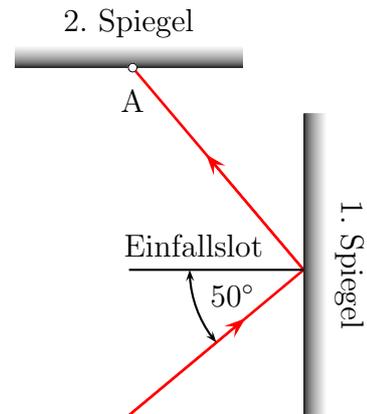


3. Das Licht einer Lampe L fällt auf einen Spiegel an der Wand und erzeugt dann einen Lichtfleck auf dem Boden. Zeichne den Spiegel und den Weg des Lichts in die Skizze ein.

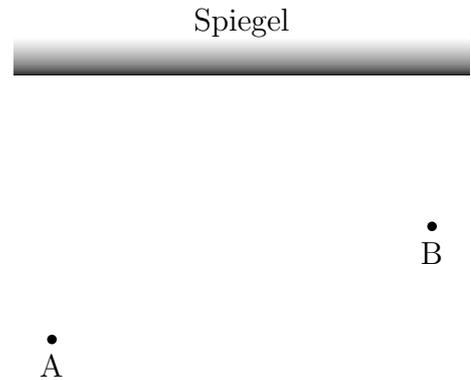


## 2. Reflexion

4. Ein Lichtstrahl trifft unter dem Einfallswinkel von  $50^\circ$  auf einen festen, ebenen Spiegel und läuft dann gegen einen zweiten ebenen Spiegel. Um welchen Winkel musst du den zweiten Spiegel um die Achse A drehen, damit der Lichtstrahl nach dieser zweiten Reflexion parallel zum eingezeichneten Lot verläuft?



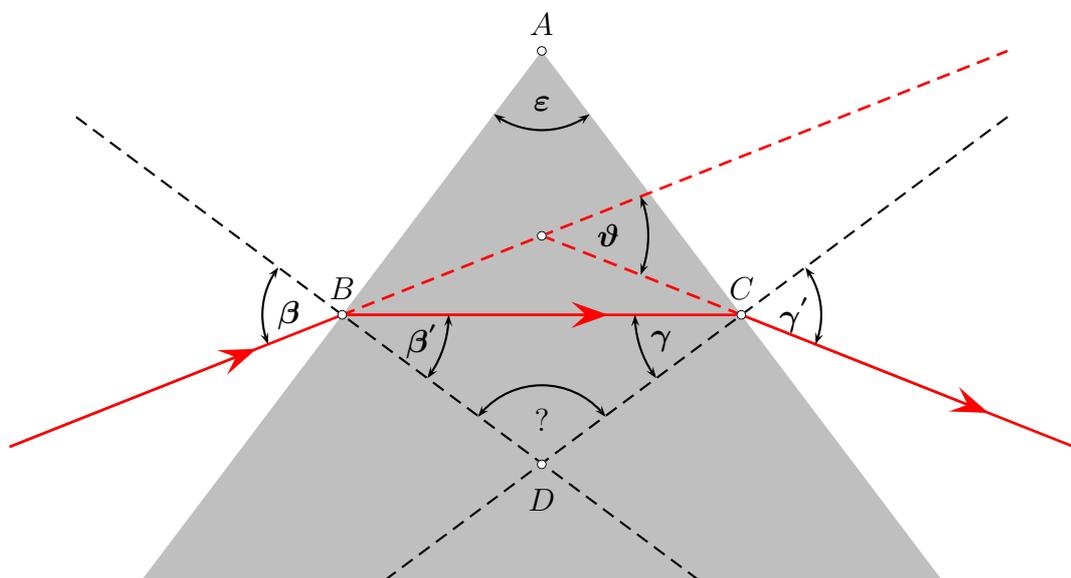
5. Du stehst im Punkt A und richtest einen Laserpointer auf den Spiegel. Auf welchen Punkt auf dem Spiegel musst du zielen, damit der am Spiegel reflektierte Laserstrahl durch den Punkt B verläuft?



### 3. Brechung

1. In der unten stehenden Abbildung fällt ein Lichtstrahl von links auf ein gleichschenkeliges Prisma mit Spitze  $A$  und ist nach dem Austritt um den Winkel  $\vartheta$  gegenüber der ursprünglichen Richtung abgelenkt.

Dieser Winkel soll nun mit den anderen in der Zeichnung vorkommenden Winkeln ausgedrückt werden.

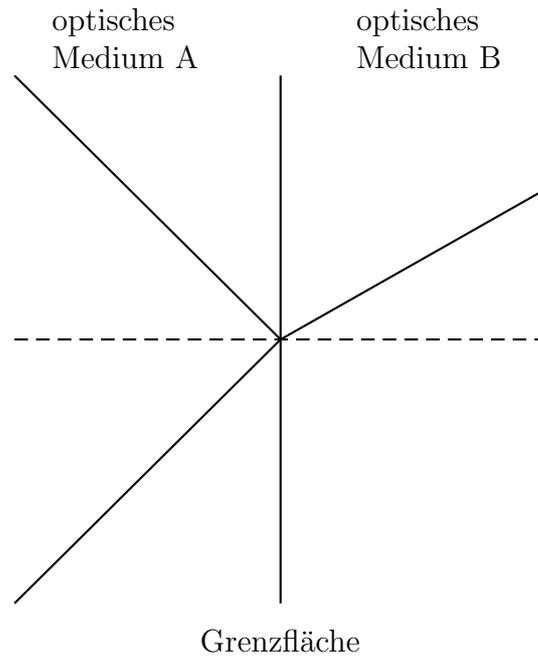


- (a) Drücke den Winkel  $?$  und anschließend  $\beta' + \gamma$  unter Verwendung von  $\epsilon$  aus.
- (b) Um welchen Winkel wird der von links einfallende Lichtstrahl im Punkt  $B$  und um welchen Winkel im Punkt  $D$  gedreht?
- (c) Wie kann man nun  $\vartheta$  ausdrücken?

### 3. Brechung

2. Beim Übergang des Lichtes von einem optischen Medium in ein anderes beobachtet man die gezeichneten Lichtstrahlen. Beantworte die folgenden Fragen und gib jeweils eine Begründung an:

- Welches Medium ist optisch dichter?
- In welcher Richtung verläuft das Licht?
- Wo ist die Lichtquelle?



3. Ein Versuch zur Untersuchung des Brechungsverhaltens von Licht beim Übergang von Luft in Wasser, Luft in Glas bzw. Luft in Diamant erbrachte folgende Ergebnisse. Dabei bezeichnet  $\alpha$  den Einfallswinkel und  $\beta$  den Brechwinkel.

<b>Wasser</b>	$\frac{\alpha}{^\circ}$	0	10	20	30	40	50	60	65	70	75	80	85
	$\frac{\beta}{^\circ}$	0	8	15	23	29	36	42	44	46	48	49	50

<b>Glas</b>	$\frac{\alpha}{^\circ}$	0	10	20	30	40	50	60	65	70	75	80	85
	$\frac{\beta}{^\circ}$	0	6	12	17	22	27	31	32	34	35	35	36

<b>Diamant</b>	$\frac{\alpha}{^\circ}$	0	10	20	30	40	50	60	65	70	75	80	85
	$\frac{\beta}{^\circ}$	0	4	8	12	17	19	21	22	23	24	24	25

Trage die Messwerte auf mm-Papier in gemeinsames Diagramm ein!

Format: DIN A4 hoch, auf beiden Achsen 1 cm für 10°.

### 3. Brechung

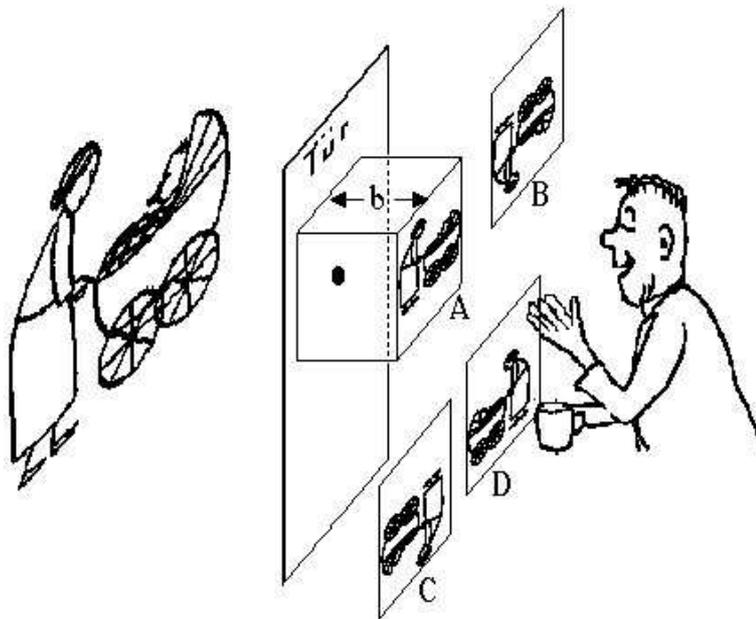
4. Wie kann man experimentell das Verhalten von Licht beim Übergang von Glas nach Luft untersuchen? Skizziere einen möglichen Versuchsaufbau und beschreibe die Beobachtung.

## 4. Linsen

- Beschreibe, wie man die Brennweite  $f$  einer Sammellinse bestimmen kann.
  - Ein leuchtender Gegenstand wird vor der Sammellinse aufgestellt. In welchem Bereich steht der Gegenstand, wenn sein scharfes Bild (reell) gleich groß auf dem Bildschirm zu sehen ist. Wie groß ist der Abstand des Bildes von der Linse?
  - Was ändert sich an der Abbildung von Teilaufgabe (b), wenn der Gegenstand nun weiter von der Linse entfernt wird?

Quelle: Julia Pürkner

- Herr Schlaumeier hat in seine Wohnungstür ein kleines Loch gebohrt und im Abstand  $b$  hinter dem Loch eine Mattscheibe aufgestellt. Nun beobachtet er Frau Bolte.



- Welches der Bilder A, B, C oder D sieht Herr Schlaumeier auf der Mattscheibe? Erläutere kurz deine Antwort!
- Da das Bild etwas unscharf und lichtschwach ist, setzt Herr Schlaumeier in das Loch eine Linse mit  $f=500\text{mm}$ . Sieht er damit ein vergrößertes oder verkleinertes Bild, wenn Frau Bolte  $5,0\text{m}$  vom Loch entfernt ist? Begründe deine Antwort!

#### 4. Linsen

Quelle: Julia Pürkner

# 5. Optische Instrumente

## 5.1. Lupe

## 5.2. Kamera

## 5.3. Diaprojektor

1. Beim Diaprojektor wird ein durchleuchtetes Bild mit einer Linse auf einer Leinwand abgebildet.
  - (a) Das Bild auf der Leinwand ist zunächst zu klein, aber scharf. Was muss man mit dem Projektor tun, damit das Bild größer wird?
  - (b) Das Vorgehen von Teilaufgabe (a) war erfolgreich, das Bild wurde größer. Was ist nun aber schlecht?
  - (c) Durch welche Änderung am Projektor kann man auch den Nachteil aus Teilaufgabe (b) beheben?

Quelle: Julia Pürkner

## 5.4. Auge

## 5.5. Fernrohr

## 5.6. Mikroskop

# 6. Farben

## 1. Sonnenlicht

Die Sonne ist für das irdische Leben unverzichtbar. Allerdings wird auch sehr häufig vor Gefahren der Sonnenstrahlung gewarnt. Dabei wird auf verschiedene Anteile der Sonnenstrahlung, deren Eigenschaften und Wirkungen Bezug genommen.

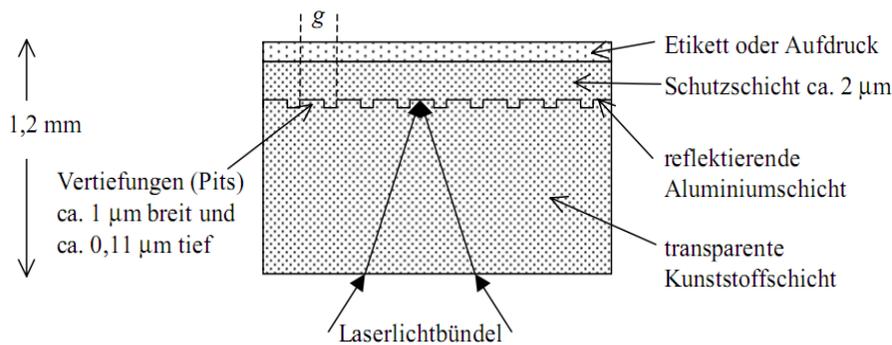
- (a) Nenne die verschiedenen Anteile des Sonnenlichts. Wonach unterscheidet man diese?
- (b) Als Folge der Wechselwirkung des Sonnenlichts mit Materie lassen sich Wirkungen wie der Sonnenbrand, die Photosynthese und die starke Erwärmung eines Körpers beobachten. Ordne diesen drei Wirkungen die dafür verantwortlichen Anteile des Sonnenlichts zu.
- (c) Geldscheine werden mit Hilfe von ultraviolettem Licht auf Echtheit geprüft. Beschreibe eine Möglichkeit für den Nachweis des UV-Anteils in der Sonnenstrahlung mit Hilfe eines Geldscheines.

Quelle: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004

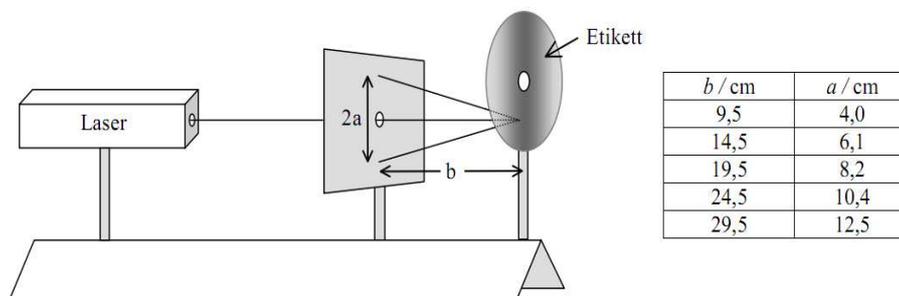
**Teil II.**  
**Wellenoptik**

# 7. Beugung und Interferenz

1. Auf einer CD werden Informationen digital durch unterschiedlich lange, spiralförmige Vertiefungen (so genannte Pits) gespeichert, die sich mit einem Laser, z. B. in einem CD-Spieler auslesen lassen.



Um Informationen zum Aufbau einer CD zu gewinnen, wird eine CD in einem Experiment mit monochromatischem Licht der Wellenlänge  $\lambda = 632,8\text{nm}$  bestrahlt. Das Experiment liefert Informationen über den Abstand der Spurlinien.



- (a) Beschreiben Sie das zu beobachtende Schirmbild.
- (b) Zeigen Sie, dass bei der untersuchten CD der Wert von  $g$  innerhalb des Toleranzbereichs des von der deutschen Norm angegebenen Wertes von  $g = (1,6 \pm 0,1)\mu\text{m}$  liegt. Beschreiben Sie mögliche Fehlerquellen.

Brechungseffekte beim Übergang von Luft in die Kunststoffschicht müssen nicht berücksichtigt werden.

- (c) Betrachtet man den Aufbau der CD, wäre es denkbar, dass die Beobachtungen durch eine Interferenz hervorgerufen werden, die durch Reflexion an der Ober- bzw. Unterseite der transparenten Kunststoffschicht entsteht.

## 7. Beugung und Interferenz

Beschreiben Sie qualitativ an Hand einer Skizze, wie es zu einer konstruktiven Interferenz an dünnen Schichten kommen kann.

Es gibt mehrere Gründe, warum es sich bei dem vorggeführten Experiment nicht um eine Interferenz an einer dünnen Schicht handeln kann. Führen Sie einen dieser Gründe aus.

nach: EPA Physik, Beschluss der KMK vom 5.2.04

2. Wenn man eine CD in den Händen hält, fallen sofort die sichtbaren farbigen Spektren auf. Halten Sie die Ihnen zur Verfügung gestellte CD waagrecht mit dem Etikett nach unten, so dass das Licht der Deckenlampe Spektren erzeugt. Kippen Sie die CD nun so zur Lampe hin, dass sich die Spektren gut beobachten lassen.

- (a) Beschreiben sie die Farberscheinungen und erläutern Sie das Zustandekommen. Gehen Sie hierbei insbesondere auf die Reihenfolge der Farben ein. Ergänzen Sie Ihre Erläuterungen gegebenenfalls mit qualitativen Skizzen.
- (b) Ersetzt man die normale Raumbelichtung durch eine Quecksilberdampf Lampe, so erkennt man im Wesentlichen nur noch die Farben Gelb, Grün und Blau.

Die Gerätekarte zur Hg-Lampe gibt an, dass die Lampe in sechs Wellenlängen ( $407,7\text{nm}$ ,  $435,8\text{nm}$ ,  $491,6\text{nm}$ ,  $546,1\text{nm}$ ,  $579,0\text{nm}$  und  $579,1\text{nm}$ ) strahlt.

Erläutern Sie die scheinbare Diskrepanz und die Unterschiede zwischen den im Licht der Deckenlampe beobachteten Spektren und den Spektrallinien der Hg-Lampe.

- (c) Untersuchen Sie mit der CD das Spektrum anderer Lichtquellen.

nach: EPA Physik, Beschluss der KMK vom 5.2.04

3. In Anlehnung an die Photonenstruktur von Licht postulierte de Broglie Welleneigenschaften von Elektronen. Beschreiben Sie ein Experiment zum Nachweis der Elektronenbeugung.

nach: EPA Physik, Beschluss der KMK vom 5.2.04

## 8. Polarisation

1. Es fällt unpolarisiertes Licht auf eine Kombination zweier Polfilter, deren Durchlassrichtungen einen Winkel  $\psi \leq 90^\circ$  miteinander einschließen. Zwischen die beiden Filter wird ein dritter Polfilter gebracht. Zeige, dass man hinter der Anordnung dieser drei Polfilter genau dann ein Maximum für die Amplitude des elektrischen Feldvektors erhält, wenn der Winkel, den der erste und der zweite Polfilter miteinander einschließen  $\frac{\psi}{2}$  ist.

## 9. Dispersion