

Sphärische Linsenfehler



Es wird der Verlauf von achsennahen und achsenfernen parallelen Lichtbündeln bei der Brechung an der Plankonvexlinse experimentell untersucht.

Physik

Licht & Optik

Optische Geräte & Linsen



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

This content can also be found online at:

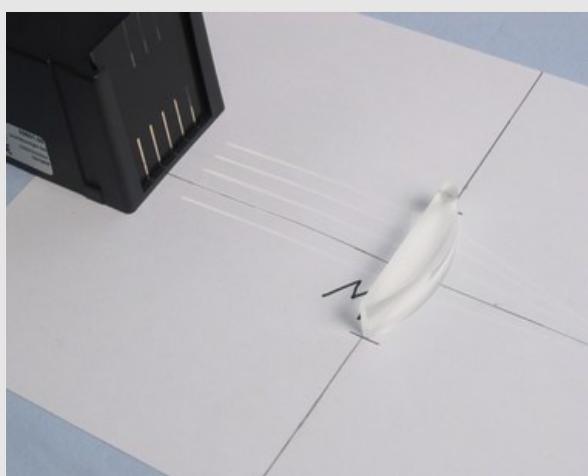


<http://localhost:1337/c/5f6ae36e75b05a00031eaf8e>

PHYWE

Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE

sphärische Linsenfehler

Sphärische Linsenfehler treten dann auf, wenn einfarbiges Licht auf eine stark gekrümmte Linse trifft. Achsenferne Strahlen werden stärker als achsennahe Strahlen gebrochen. Die gebrochenen Strahlen vereinigen sich nun nicht mehr in einem einzigen Punkt auf der optischen Achse. Es kommt zu einer Unschärfe in der Abbildung.

Linsenfehler müssen bei der Konstruktion von Linsensystemen berücksichtigt werden und können unter bestimmten Voraussetzungen minimiert werden.

Sonstige Lehrerinformationen (1/5)

PHYWE

Vorwissen



Der Strahlengang von gebrochenem Licht an plankonvexen Linsen sollte bekannt sein.

Prinzip



Paraxiale, einfallende Lichtbündel werden beim Durchgang durch eine Plankonvexlinse so gebrochen, dass sie sich in einem Punkt auf der optischen Achse treffen. Die Schnittpunkte von achsenfernen Lichtbündel mit der optischen Achse weichen von diesem Punkt erheblich ab und liegen näher an der Linse.

Sonstige Lehrerinformationen (2/5)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler lernen mit diesem Versuch einen der häufigsten Linsenfehler kennen, die sphärische Aberration. Damit wird im Zusammenhang mit den Experimenten zu den Linsenkombinationen das Verständnis vorbereitet, warum hochwertige optische Geräte stets komplizierte Linsensysteme enthalten. Zusätzlich werden die Kenntnisse über die Brechung des Lichts an Konvexlinsen gefestigt und auf einen neuen Sachverhalt übertragen.

Aufgaben



Es wird der Verlauf von achsennahen und achsenfernen parallelen Lichtbündeln bei der Brechung an der Plankonvexlinse experimentell untersucht.

Sonstige Lehrerinformationen (3/5)

PHYWE

Hinweise zum Aufbau und zur Durchführung

Auch bei diesem Versuch sollte besonderes Augenmerk darauf gerichtet werden, dass die Justierung der Versuchsanordnung mit Hilfe eines entlang der optischen Achse einfallenden Lichtbündels vom Schüler sehr sorgfältig vorgenommen wird. Die plane Fläche der Linse muss dabei genau an der senkrechten Linie des Linienkreuzes anliegen.

Die nachträgliche Ergänzung der eingezeichneten Strahlenverläufe auch für den Bereich innerhalb der Linse bietet gute Ansatzpunkte für eine Festigung des Brechungsgesetzes.

Sonstige Lehrerinformationen (4/5)

PHYWE

Anmerkung

Auf die bei genauer Beobachtung bereits erkennbare chromatische Aberration kann der Schüler hingewiesen werden, eine genauere Untersuchung erfolgt aber an dieser Stelle noch nicht.

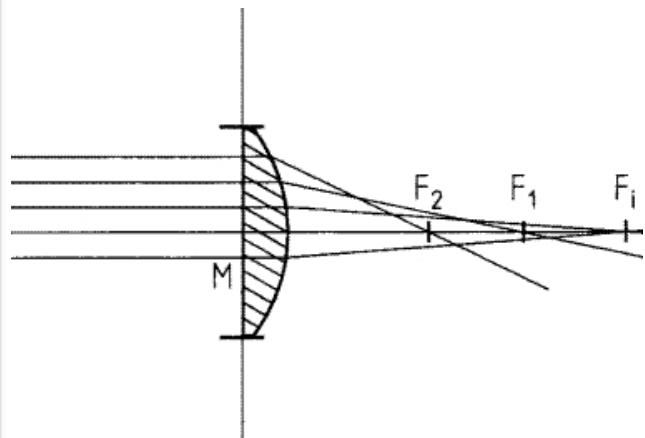
In einem Vorversuch kann das Experiment auch mit großer Blendenöffnung (ohne Fünfspaltblende) durchgeführt werden. Hierbei sind ein innenliegendes, helles Lichtfeld, das in einer langen Spitze ausläuft, und ein darunterliegender, lichtschwächerer und kurzer Lichtkegel zu beobachten.

Sonstige Lehrerinformationen (5/5)

PHYWE

Anmerkung zu den Ergebnissen

Die Aufzeichnungen der Schüler sollten in etwa denen der Abbildung entsprechen.
Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Markierungen der Lichtbündel weggelassen.



Darstellung des Strahlengangs

Sicherheitshinweise

PHYWE

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.



Schülerinformationen

Motivation

Linsenfehler sind Abweichungen von einer idealen optischen Abbildung durch ein optisches System, wie etwa ein Fotoobjektiv. Es kommt zu einem verzerrten oder auch unscharfen Bild.

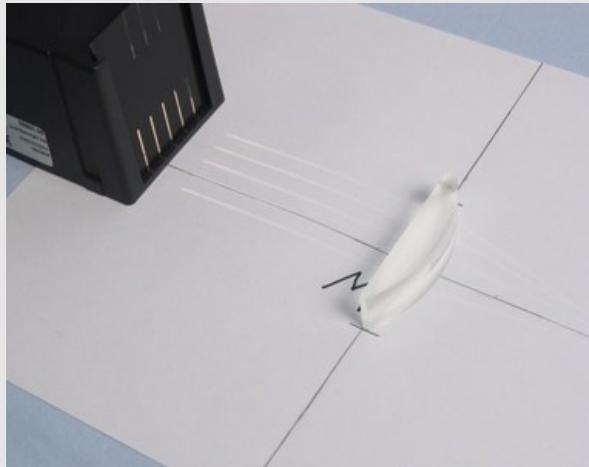
Bei der sphärischen Aberration werden weit entfernte, parallel zur optischen Achse laufende Lichtstrahlen an einer plankonvexen Linse stärker gebrochen als nah zur optischen Achse befindliche Lichtbündel. Das hat zur Folge, dass sich die Lichtstrahlen hinter der Linse nicht in einem diskreten Punkt kreuzen und ein unscharfes Bild resultiert. Die Kenntnis über solche Linsenfehler ist elementar für die Konstruktion komplexer Linsensysteme.



Kameraobjektive als Beispiel für Linsenkombinationen mit sphärischer Aberration

Aufgabe

PHYWE



Versuchsaufbau

Was sind Linsenfehler?

- Untersuche den Verlauf von achsennahen undachsenfernen Lichtbündel, die auf eine Plankonvexlinse einfallen.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Leuchtbox, Halogen 12 V/20 W	09801-00	1
2	Modellkörper, plankonvex, $f = +100$ mm	09810-04	1
3	PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1

Zusätzliches Material

PHYWE

Position	Material	Menge
1	Lineal (ca. 30cm)	1
2	Weißes Papier (DIN A4)	1

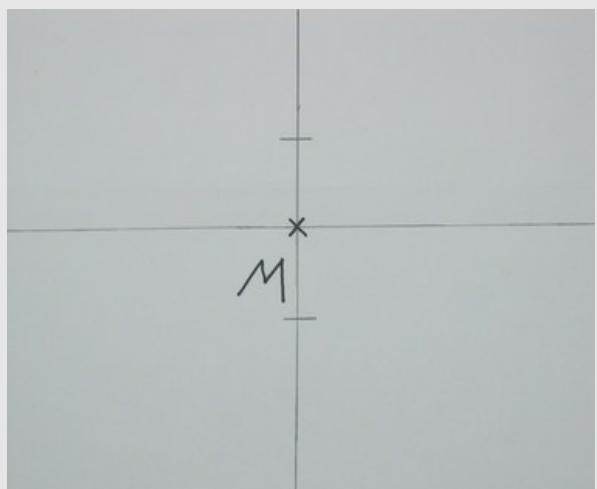
Aufbau (1/2)

PHYWE

Achtung!

Achte darauf, dass die Linse bei allen Experimenten mit der planen Fläche genau an der senkrechten Linie des Linienkreuzes liegt.

- Zeichne in der Mitte deines Blattes ein rechtwinkliges Linienkreuz. der Schnittpunkt sei M .
- Zeichne in jeweils 3 cm Abstand von M auf der senkrechten Linie je eine Markierung.

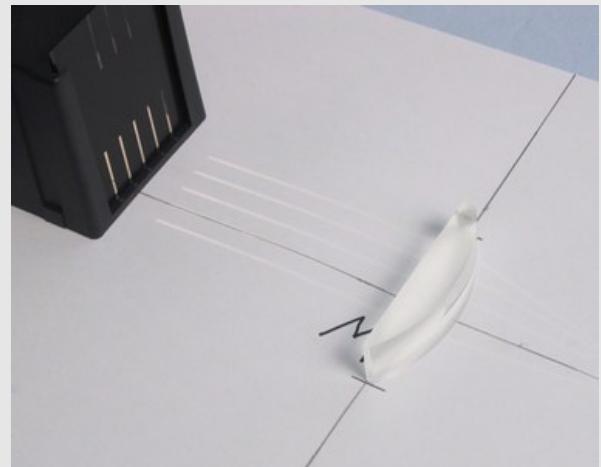


Vorbereitung

Aufbau (2/2)

PHYWE

- Lege die Plankonvexlinse (aufgerauhte Seite nach unten) mit der planen Fläche genau an die senkrechte Linie des Linienkreuzes innerhalb der beiden Markierungen.
- Setze die Fünfspaltblende auf der Linsenseite in die Leuchtbox ein und stelle diese in etwa 10 cm Abstand von dem Rand des Blattes auf.



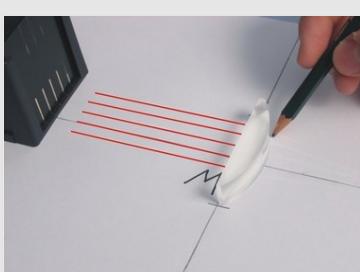
Vorbereitung

Durchführung (1/3)

PHYWE



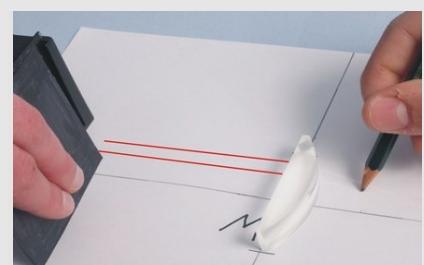
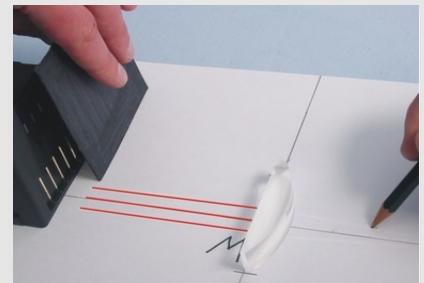
- Schließe die Leuchtbox an das Netzgerät (12 V ~).
- Verschiebe die Leuchtbox etwas nach oben, bis drei Lichtbündel oberhalb und parallel zur optischen Achse verlaufen. Das vierte Lichtbündel soll genau entlang der optischen Achse auf die Linse treffen und ungebrochen hindurchgehen.
- Markiere mit dünnem Bleistift die Umrisse der Linse.
- Beschreibe den Verlauf der Lichtbündel nach dem Durchgang durch die Linse.



Durchführung (2/3)

PHYWE

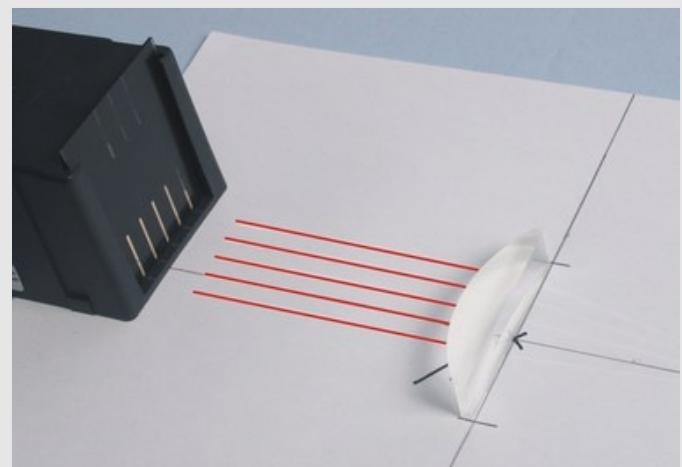
- Decke die beiden oberen Blendenöffnungen ab, so dass nur noch drei achsennahe Lichtbündel auf die Linse treffen. Beobachte und notiere deine Beobachtungen.
- Markiere den Schnittpunkt der Lichtbündel auf der optischen Achse und bezeichne ihn mit F_1 . Markiere den Verlauf der Lichtbündel.
- Decke jetzt die drei unteren Blendenöffnungen ab, so dass nur noch die zweiachsenfernen oberen Lichtbündel auf die Linse treffen. Beobachte den Verlauf der Lichtbündel und notiere die Ergebnisse.
- Markiere den Verlauf der beiden Lichtbündel und bezeichne die Schnittpunkte mit der optischen Achse mit F_1 bzw. F_2



Durchführung (3/3)

PHYWE

- Drehe nun die Linse um 180° , so dass jetzt die gewölbte Fläche der Leuchtbox zugewandt ist.
- Wiederhole die einzelnen Versuchsschritte, allerdings ohne Markierung der Lichtbündel und der Brennpunkte. Beobachte und vergleiche die Ergebnisse. Was hast du festgestellt?
- Schalte das Netzgerät aus und nimm die Leuchtbox und den Modellkörper vom Papier.
- Wenn du die jeweils zusammengehörenden Markierungen verbindest, wird der Verlauf der Lichtbündel sichtbar.

Drehen der Linse um 180°

PHYWE

Protokoll

Aufgabe 1

10° **PHYWE**

Formuliere eine Aussage über die Lage der Schnittpunkte mit der optischen Achse für achsennah bzw.achsenfern auf eine Plankonvexlinse einfallendes paralleles Licht.

Vervollständige dafür den folgenden Satz:

[redacted], parallel zur optischen Achse einfallende Lichtbündel werden beim Durchgang durch eine Plankonvexlinse so gebrochen, dass sie [redacted] auf der optischen Achse treffen. [redacted] Lichtbündel weichen von diesem Punkt erheblich ab und liegen [redacted] an der Linse.

- sich in einem Punkt
- näher
- Achsennahe
- Achsenferne

Check

Aufgabe 2

10° **PHYWE**

Bei welcher Lage der Plankonvexlinse ergibt sich eine bessere Übereinstimmung der Schnittpunkte für achsennahe undachsenferne Parallelstrahlen?

Wenn die gekrümmte Fläche der Plankonvexlinse von der Lichtquelle weg zeigt, liegt der Schnittpunkt derachsenfernen Lichtbündel dichter am Schnittpunkt derachsennahen Strahlen mit der optischen Achse.

Wenn die gekrümmte Fläche der Plankonvexlinse zur Lichtquelle zeigt, liegt der Schnittpunkt derachsenfernen Lichtbündel dichter am Schnittpunkt derachsennahen Strahlen mit der optischen Achse.

Aufgabe 3

PHYWE

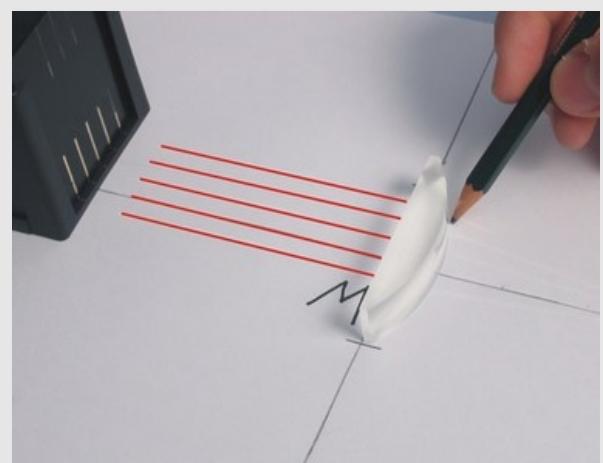
Wie wirkt sich der von dir untersuchte Linsenfehler auf das mit Hilfe einer Konvexlinse erzeugte Bild eines Gegenstandes aus?

Das Bild des Gegenstandes ist unscharf.

Das Bild des Gegenstandes ist verzerrt.

Das Bild des Gegenstandes ist um 180° gedreht.

Das Bild des Gegenstandes ist an der horizontalen gespiegelt.



Brechung am Plankonvexspiegel

Folie	Punktzahl / Summe
Folie 20: Schnittpunkte achsennaher undachsenferner Strahlen	0/4
Folie 21: Lage der Plankovexlinse	0/1
Folie 22: Auswirkung des Linsenfehlers auf das Bild	0/1

Gesamtsumme

 0/6 Lösungen Wiederholen