

Aufgaben 13 **Beugung** **Auflösung optischer Instrumente**

Lernziele

- wissen und verstehen, dass die Auflösung eines optischen Instrumentes durch Beugung begrenzt wird.
- das Rayleigh-Kriterium zur Auflösung einer Blende kennen, verstehen und anwenden können.
- wissen und verstehen, dass die Auflösung eines Fernrohres und eines Auges durch die beugungsbedingte Auflösung einer Blende bestimmt wird.
- wissen und verstehen, dass die Auflösung eines Mikroskops durch Beugung am abzubildenden Objekt bestimmt wird.
- die Abbe-Bedingung zur Auflösung eines Mikroskops kennen und verstehen.
- den Zusammenhang zwischen der numerischen Apertur und dem Auflösungsvermögen eines Mikroskops kennen und verstehen.
- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten können.

Aufgaben

13.1 **Vorgängiges Selbststudium**

Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:

- 30.8 Beugung und Auflösung (ohne die zweite Spalte auf der Seite 1124 („Betrachten wir nun ...“ bis „... Ordnung aufgelöst werden.“), ohne Beispiel 30.5, ohne letzter Teil auf der Seite 1126 („Es ist interessant, ...“ bis Schluss), Seiten 1123 bis 1126)

13.2 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die Aufgabe 30.23.

- a) (wie Teilaufgabe a) im Arbeitsbuch)
- b) (wie Teilaufgabe b) im Arbeitsbuch)
- c) (zusätzliche Teilaufgabe)
Bestimmen Sie, wie weit zwei Punkte in 1.00 km Abstand mindestens voneinander entfernt sein müssen, um von der betrachteten Blende sauber aufgelöst werden zu können.

13.3 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
30.24, 30.28

13.4 Bestimmen Sie den Abstand zweier Punkte auf dem Mond, welche von der Erde aus mit einem Spiegelteleskop mit Durchmesser 5.00 m bei der Wellenlänge 400 nm gerade noch getrennt wahrgenommen werden können.

Hinweis:

- Die Distanz zwischen Erde und Mond beträgt $3.85 \cdot 10^8$ m.

13.5 Ein Astronaut mit Augenpupillendurchmesser 5.00 mm befindet sich in einem Raumschiff in 400 km Höhe über der Erdoberfläche.

Beurteilen Sie, ob der Astronaut die chinesische Mauer mit einer Breite von 10 m erkennen kann.

Hinweis:

- Bestimmen Sie die kleinste lineare Ausdehnung, die der Astronaut mit bloßem Auge auf der Erde noch erkennen kann.

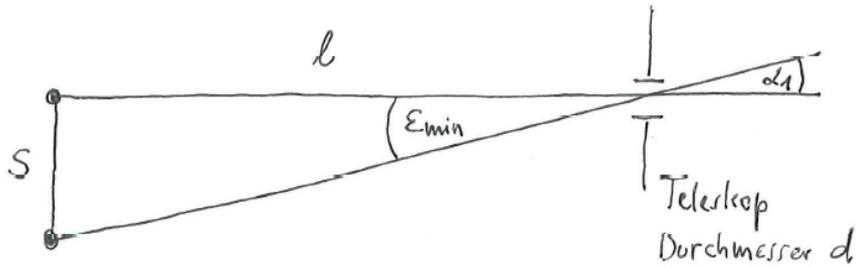
13.6 Betrachten Sie ein optimal ausgelegtes Teleskop, dessen Eintrittsblende einen Durchmesser von 8.00 cm hat. Seine Vergrößerung ist so gewählt, dass man zwei nahe beieinander liegende Sterne, die beugungsbedingt gerade noch aufgelöst werden können, hinter dem als Lupe funktionierenden Okular unter dem Winkel von 4.0 Bogenminuten sieht.

Bestimmen Sie die totale Vergrößerung des Teleskops.

13.7 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind. Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

	wahr	falsch
a) Das Auflösungsvermögen einer Lochblende vergrößert sich mit zunehmendem Durchmesser der Blende.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Das Auflösungsvermögen eines Fernrohres vergrößert sich mit zunehmender Wellenlänge des Lichtes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Die numerische Apertur eines Mikroskops hängt von der Wellenlänge des verwendeten Lichts ab.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Nach der Abbe'schen Abbildungstheorie liefert die 0., die 1. und die 2. Beugungsordnung zusammen ein schärferes und helleres Bild als die 1. und die 2. Beugungsordnung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Bei einem Mikroskop wird das Auflösungsvermögen vor allem durch die Wellenlänge des verwendeten Lichtes bestimmt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13.4



2 Punkte
 auf Mand

$$\epsilon_{\min} = \alpha_1 \quad (\text{Rayleigh})$$

$$\sin(\alpha_1) \approx 1.22 \frac{\lambda}{d}$$

$$\tan(\epsilon_{\min}) = \frac{s}{l}$$

Unb. Bek.

$$\epsilon_{\min} \quad \lambda = 400 \text{ nm}$$

$$\alpha_1 \quad d = 5.00 \text{ m}$$

$$s \quad l = 3.85 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$s = l \cdot \tan(\epsilon_{\min})$$

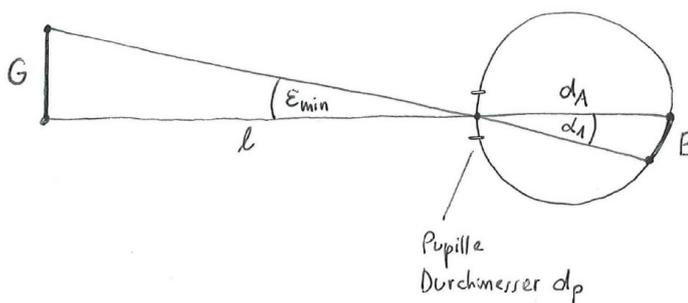
$$= l \cdot \tan(\alpha_1)$$

$$\approx l \cdot \sin(\alpha_1) \quad (\alpha_1 \text{ klein})$$

$$= 1.22 \frac{\lambda \cdot l}{d}$$

$$= 37.6 \text{ m}$$

13.5



$$\epsilon_{\min} = \alpha_1 \quad (\text{Rayleigh})$$

$$\sin(\alpha_1) \approx 1.22 \frac{\lambda}{d_p}$$

$$\tan(\epsilon_{\min}) = \frac{G}{l}$$

Unb. Bek.

$$\epsilon_{\min} \quad \lambda \approx 500 \text{ nm}$$

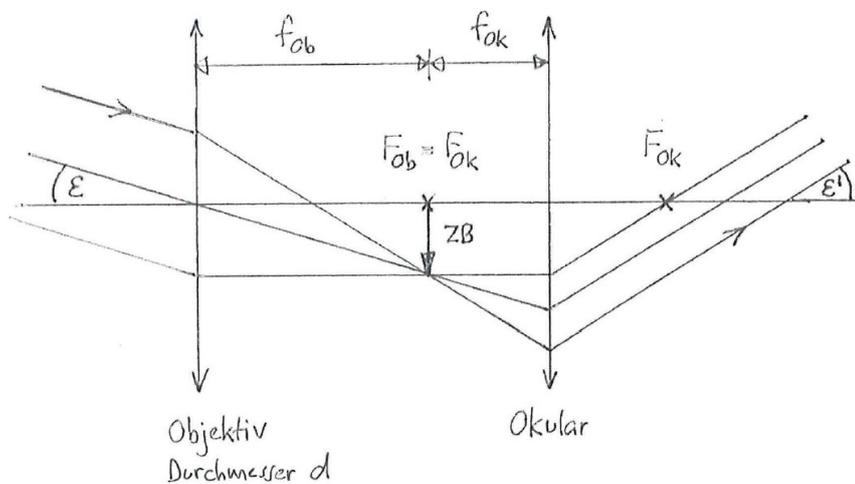
$$\alpha_1 \quad d_p = 5.00 \text{ mm}$$

$$G \quad l = 400 \text{ km}$$

$$\begin{aligned}
 G &= l \cdot \tan(\epsilon_{\min}) \\
 &= l \cdot \tan(\alpha_1) \\
 &\approx l \cdot \sin(\alpha_1) \quad (\alpha_1 \text{ klein}) \\
 &= 1,22 \frac{\lambda \cdot l}{d_p} \\
 &= 48,8 \text{ m} > 10 \text{ m} \quad (\text{Breite der chinesischen Mauer})
 \end{aligned}$$

⇒ Chinesische Mauer nicht erkennbar

13.6



$M = \frac{\tan(\epsilon')}{\tan(\epsilon)}$	<u>Unb.</u>	<u>Bek.</u>
	M	$\epsilon' = -4,0$ Bogenminuten
$\epsilon = \alpha_1$ (Rayleigh)	ϵ	$\lambda = 550 \text{ nm}$
$\sin(\alpha_1) = 1,22 \frac{\lambda}{d}$	α_1	$d = 8,00 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{\tan(\epsilon')}{\tan(\alpha_1)} \\
 &\approx \frac{\tan(\epsilon')}{\sin(\alpha_1)} \quad (\alpha_1 \text{ klein}) \\
 &= \frac{\tan(\epsilon') \cdot d}{1,22 \cdot \lambda} \quad (\text{Bem.: } 1^\circ = 60' \text{ (Bogenminuten)}) \\
 &= -139
 \end{aligned}$$

Hinweis:

- Die totale Vergrößerung V_T des Teleskops wird hier mit M bezeichnet.

- 13.7
- a) wahr
 - b) falsch
 - c) falsch
 - d) wahr
 - e) wahr