

Aufgaben 9 Mehrlinsen- und Mehrspiegelsysteme Mehrspiegelsysteme, Abbildungsfehler

Lernziele

- 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.
- die Bildentstehung bei einem System aus Planspiegeln und einem System aus sphärischen Spiegeln kennen und verstehen.
- die Abbildungsgleichung für sphärische Spiegel zur Berechnung von Bildweiten bei einem System aus sphärischen Spiegeln anwenden können.
- die Abbildungsfehler Sphärische Aberration, Chromatische Aberration, Koma und Astigmatismus kennen und verstehen.
- Methoden zur Korrektur von Abbildungsfehlern kennen und verstehen.

Aufgaben

Mehrspiegelsysteme

- 9.1 Analog zur Bildentstehung für ein System aus zwei dünnen sphärischen Linsen (vgl. Aufgaben 8) kann auch ein System aus zwei sphärischen Spiegeln Bilder erzeugen.

Skizzieren Sie (analog zur Aufgabe 8.2) die Bildentstehung/-konstruktion für ein System aus zwei sphärischen Spiegeln.

Nehmen Sie an, dass sich der Gegenstand zwischen den beiden Spiegeln befindet. Konstruieren Sie zuerst das Bild des Gegenstandes an einem der beiden Spiegel. Betrachten Sie dieses Zwischenbild als Gegenstand für die Bildentstehung am anderen Spiegel. Konstruieren Sie dann das Bild am anderen Spiegel.

Betrachten Sie die untenstehenden Fälle für die Spiegeltypen und für die Vorzeichen von Bildweite b_1 , Gegenstandsweite g_2 und Bildweite $b_2 =: b$.

- a) 2 Hohlspiegel
 $b_1 < 0$ (virtuelles Zwischenbild hinter dem ersten Spiegel)
 $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor dem zweiten Spiegel)
 $b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild vor dem zweiten Spiegel)
- b) 2 Wölbspiegel
 $b_1 < 0$ (virtuelles Zwischenbild hinter dem ersten Spiegel)
 $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor dem zweiten Spiegel)
 $b_2 =: b < 0$ (virtuelles Endbild hinter dem zweiten Spiegel)
- c) Hohlspiegel (Spiegel 1) – Wölbspiegel (Spiegel 2)
 $b_1 > 0$ (reelles Zwischenbild vor dem ersten Spiegel)
 $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor dem zweiten Spiegel)
 $b_2 =: b < 0$ (virtuelles Endbild hinter dem zweiten Spiegel)

Hinweis:

- Weitere mögliche Bilder (Zwischenbild am zweiten Spiegel, Bilder durch mehrfache Reflexion an den Spiegeln) sollen hier nicht betrachtet werden.

- 9.2 Betrachten Sie ein System aus zwei sphärischen Hohlspiegeln im Abstand 12.0 cm mit Brennweiten 12.0 cm und 6.0 cm. Vor dem ersten Spiegel befindet sich ein Gegenstand mit Gegenstandsweite 4.0 cm.

- a) Konstruieren Sie das Bild, welches das System vom Gegenstand erzeugt.
b) Berechnen Sie die Bildweite des erzeugten Bildes.

(Fortsetzung siehe nächste Seite)

Hinweise:

- Beachten Sie die Analogie zwischen einem sphärischen Hohlspiegel und einer dünnen sphärischen Sammellinse.
- Diese Aufgabe ist daher analog zur Aufgabe 8.7.

9.3 Betrachten Sie ein System aus einem sphärischen Hohlspiegel und einem sphärischen Wölbspiegel im Abstand 13.0 cm mit Brennweiten 6.0 cm und -11.0 cm. Vor dem ersten Spiegel befindet sich ein Gegenstand mit Gegenstandsweite 9.0 cm.

- Konstruieren Sie das Bild, welches das System vom Gegenstand erzeugt.
- Berechnen Sie die Bildweite des erzeugten Bildes.

Hinweise:

- Beachten Sie die Analogie zwischen einem sphärischen Hohl- bzw. Wölbspiegel und einer dünnen sphärischen Sammel- bzw. Zerstreuungslinse.
- Diese Aufgabe ist daher analog zur Aufgabe 8.8.

9.4 Der Berner Liedermacher Mani Matter (*1936, †1972) beschreibt in seinem Lied [Bim Coiffeur](#) (1:25), wie er als Kunde beim Coiffeur auf dem Sessel sitzt. Er schaut in den Spiegel vor sich. Im Spiegel sieht er nicht nur sich, sondern auch den Spiegel hinter sich und darin wiederum den Spiegel vor sich usw.. Gleichzeitig sieht er auch unzählige Spiegelbilder von sich selbst, alle aufgereiht wie in einem unendlich langen Korridor.

Erklären Sie die Bildentstehung für einen Gegenstand, der sich zwischen zwei Planspiegeln befindet. Konstruieren Sie einige der Bilder, die durch Mehrfachreflexion an den beiden Spiegeln entstehen.

Abbildungsfehler

9.5 Vorgängiges Selbststudium

- Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:
- 29.3 Abbildungsfehler (Seiten 1083 und 1084)
- Studieren Sie das folgende **YouTube-Video**:
- [Astigmatismus, Koma und sphärische Aberration einer optischen Abbildung](#) (9:38)
- Führen Sie in Moodle den [Test 9.1](#) durch.

9.6 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgende Aufgabe:
29.24

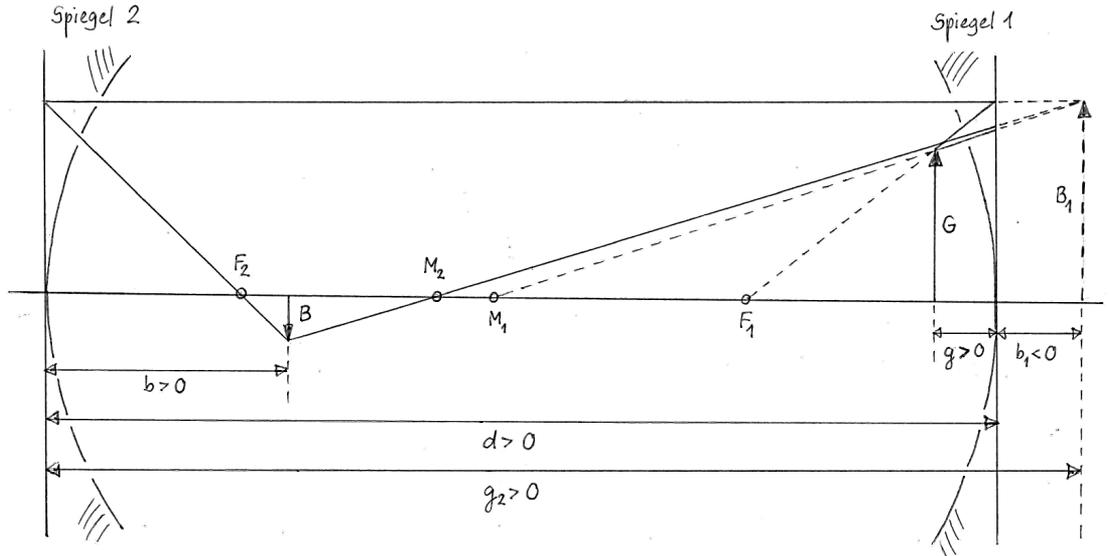
9.7 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.
Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

	wahr	falsch
a) Die bei einer Linse auftretende sphärische Aberration könnte vermieden werden, wenn statt der Linse ein Spiegel verwendet würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Die bei einer Linse auftretende chromatische Aberration könnte vermieden werden, wenn statt der Linse ein Spiegel verwendet würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Abbildungsfehler von Linsen werden in praktischen Anwendungen häufig durch den Einsatz von Linsensystemen minimiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Die Abbildungsfehler bei sphärischen Linsen sind darin begründet, dass es praktisch nicht möglich ist, eine Linse mit idealen sphärischen Oberflächen zu fertigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Bei einer bikonvexen Sammellinse tritt Astigmatismus genau dann auf, wenn der Krümmungsradius der Oberflächen nicht über die ganze Oberfläche konstant ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lösungen

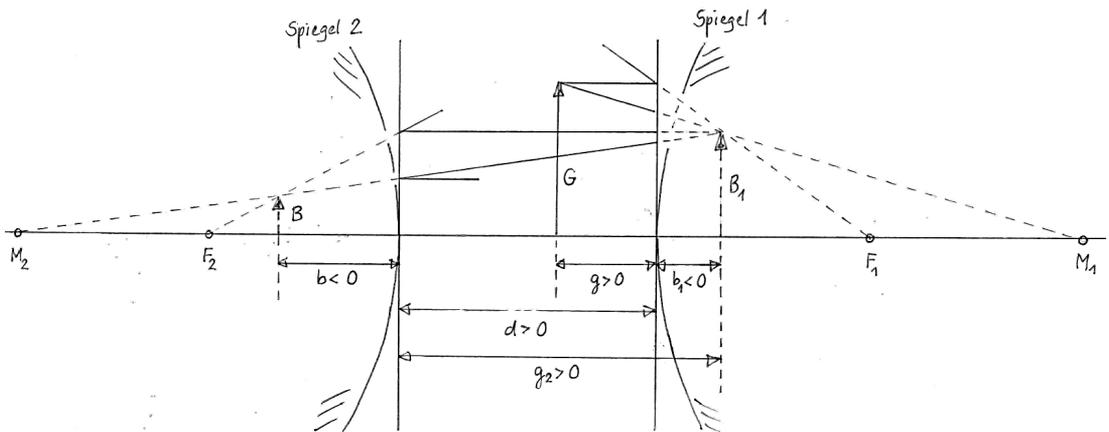
9.1 a) 2 Hohlspiegel

- $b_1 < 0$ (virtuelles Zwischenbild hinter dem ersten Spiegel)
- $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor dem zweiten Spiegel)
- $b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild vor dem zweiten Spiegel)



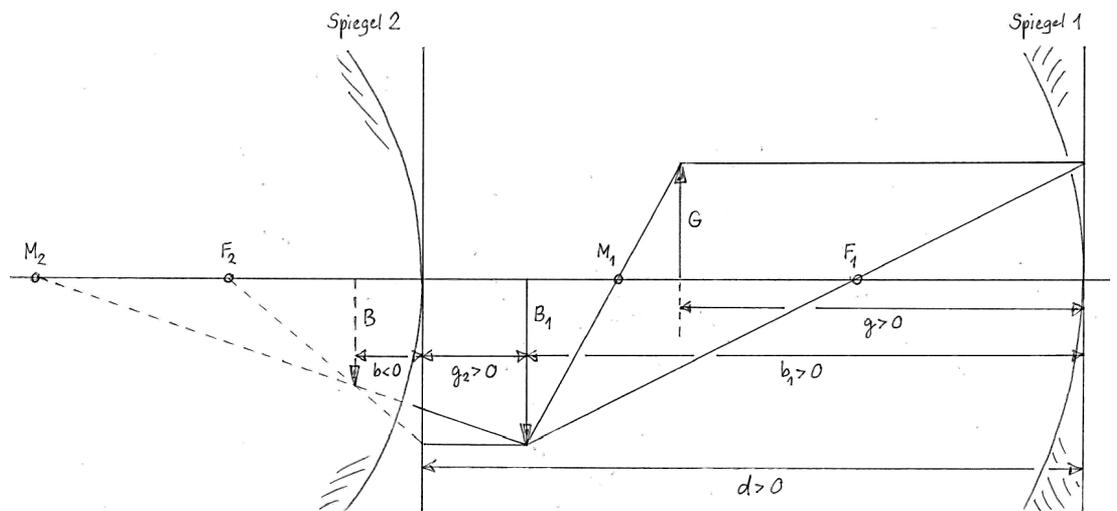
b) 2 Wölbspiegel

- $b_1 < 0$ (virtuelles Zwischenbild hinter dem ersten Spiegel)
- $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor dem zweiten Spiegel)
- $b_2 =: b < 0$ (virtuelles Endbild hinter dem zweiten Spiegel)

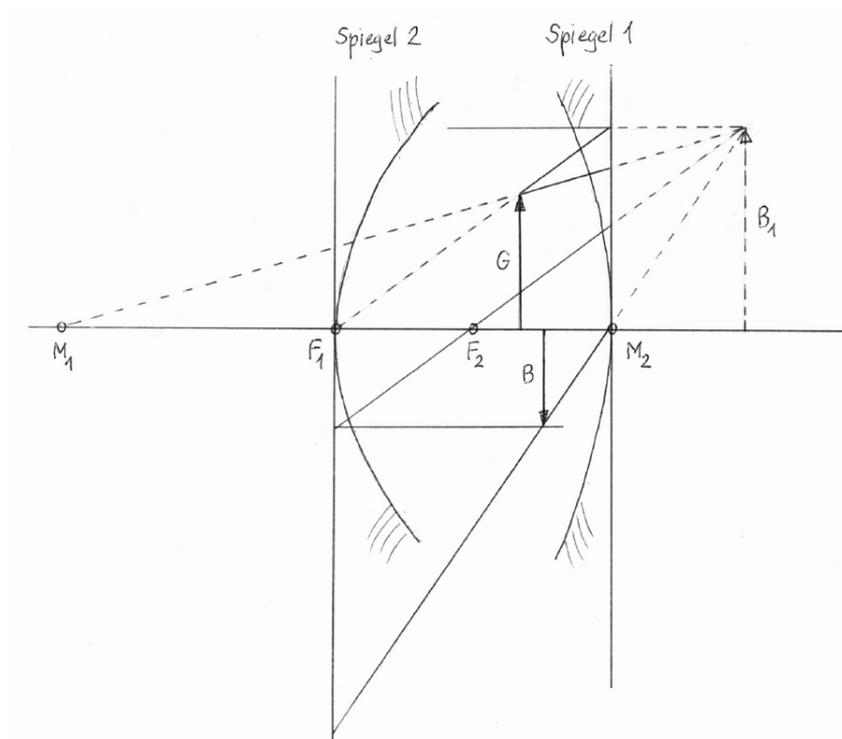


c) (siehe nächste Seite)

- c) Hohlspiegel (Spiegel 1) – Wölbspiegel (Spiegel 2)
 $b_1 > 0$ (reelles Zwischenbild vor dem ersten Spiegel)
 $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor dem zweiten Spiegel)
 $b_2 =: b < 0$ (virtuelles Endbild hinter dem zweiten Spiegel)



9.2 a)



- b) (siehe nächste Seite)

- b) Wegen der Analogie zwischen einem sphärischen Hohlspiegel und einer dünnen sphärischen Sammellinse ergeben sich die gleichen Gleichungen und die gleiche Lösung wie in der Aufgabe 8.7:

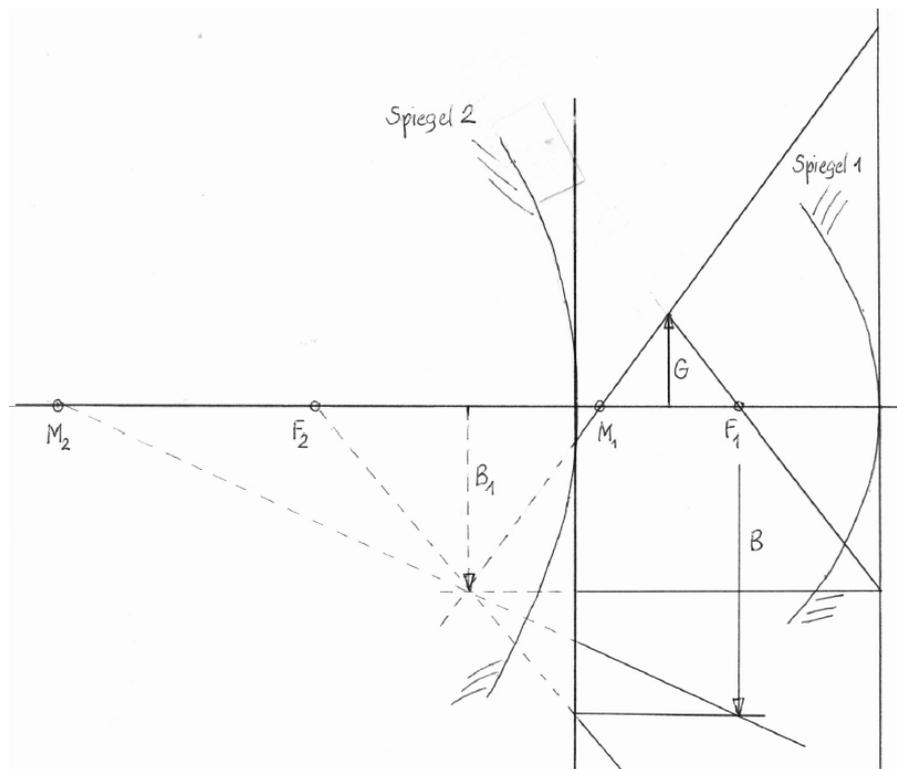
		<u>Unb.</u>	<u>Bek.</u>
Zwischenbild B_1 :	$\frac{1}{g} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_1}$	I	$g = 4.0 \text{ cm}$
Bild B :	$\frac{1}{g_2} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_2}$	II	$f_1 = 12.0 \text{ cm}$
	$g_2 = -b_1 + d$	III	$f_2 = 6.0 \text{ cm}$
			$d = 12.0 \text{ cm}$

I : $\frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{g} = -\frac{1}{6.0} \text{ cm}^{-1} \Rightarrow b_1 = -6.0 \text{ cm}$

III : $g_2 = -b_1 + d = 18.0 \text{ cm}$

II : $\frac{1}{b} = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{g_2} = \frac{1}{9.0} \text{ cm}^{-1} \Rightarrow b = 9.0 \text{ cm} > 0 \text{ cm}$
 Bild reell

9.3 a)



- b) (siehe nächste Seite)

- b) Wegen der Analogie zwischen einem sphärischen Hohl- bzw. Wölbspiegel und einer dünnen sphärischen Sammell- bzw. Zerstreuungslinse ergeben sich die gleichen Gleichungen und die gleiche Lösung wie in der Aufgabe 8.8:

Zwischenbild B_1 :	$\frac{1}{g} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_1}$	I	<u>Unb.</u>	<u>Bek.</u>
			b_1	$g = 9.0 \text{ cm}$
Bild B :	$\frac{1}{g_2} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_2}$	II	g_2	$f_1 = 6.0 \text{ cm}$
			b	$f_2 = -11.0 \text{ cm}$
	$b_1 = d - g_2$	III		$d = 13.0 \text{ cm}$

$$\text{I : } \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{g} = \frac{1}{18.0} \text{ cm}^{-1} \Rightarrow b_1 = 18.0 \text{ cm}$$

$$\text{III : } g_2 = d - b_1 = -5.0 \text{ cm}$$

$$\text{II : } \frac{1}{b} = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{g_2} = \frac{6}{55} \text{ cm}^{-1} \Rightarrow b = \frac{55}{6} \text{ cm}$$

$$= 9.2 \text{ cm} > 0 \text{ cm}$$

Bild reell

9.4 ...

9.5 -

9.6 (siehe Arbeitsbuch Mills)

- 9.7
- a) falsch
 - b) wahr
 - c) wahr
 - d) falsch
 - e) falsch