

Aufgaben 7 **Bildentstehung, Spiegel und Linsen** **Bildentstehung/Bildkonstruktion bei Systemen zweier dünner** **sphärischer Linsen**

Lernziele

- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten können.
- die Bildentstehung bei einem System zweier dünner sphärischer Linsen kennen und verstehen.
- mit Hilfe der Methode mit einem Zwischenbild das Bild eines Gegenstandes bei einem System zweier dünner sphärischer Linsen von Hand konstruieren können.
- die Abbildungsgleichung für dünne sphärische Linsen zur Berechnung von Bildweiten bei einem System zweier dünner sphärischer Linsen anwenden können.

Aufgaben

7.1 Skizzieren Sie die Bildentstehung/-konstruktion für ein System aus zwei dünnen sphärischen Linsen.

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

- a) 2 Sammellinsen
 $b_1 > 0$ (reelles Zwischenbild hinter der ersten Linse)
 $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor der zweiten Linse)
 $b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild hinter der zweiten Linse)
- b) 2 Sammellinsen
 $b_1 > 0$ (reelles Zwischenbild hinter der ersten Linse)
 $g_2 < 0$ (Zwischenbild hinter der zweiten Linse)
 $b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild hinter der zweiten Linse)
- c) 2 Sammellinsen
 $b_1 < 0$ (virtuelles Zwischenbild vor der ersten Linse)
 $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor der zweiten Linse)
 $b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild hinter der zweiten Linse)
- d) 2 Zerstreuungslinsen
 $b_1 < 0$ (virtuelles Zwischenbild vor der ersten Linse)
 $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor der zweiten Linse)
 $b_2 =: b < 0$ (virtuelles Bild vor der zweiten Linse)
- e) Sammellinse – Zerstreuungslinse
 $b_1 > 0$ (reelles Zwischenbild hinter der ersten Linse)
 $g_2 < 0$ (Zwischenbild hinter der zweiten Linse)
 $b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild hinter der zweiten Linse)
- f) Zerstreuungslinse – Sammellinse
 $b_1 < 0$ (virtuelles Zwischenbild vor der ersten Linse)
 $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor der zweiten Linse)
 $b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild hinter der zweiten Linse)

7.2 (siehe nächste Seite)

- 7.2 Betrachten Sie zwei dünne sphärische Sammellinsen mit Brennweiten f_1 und f_2 , welche auf derselben optischen Achse im Abstand d hintereinander stehen.

Zeigen Sie, dass für dieses Linsensystem im Grenzfall $d \rightarrow 0$ eine Brennweite f angegeben werden kann, für welche die folgende Beziehung gilt:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

Hinweise:

- Formulieren Sie für die Bildentstehung an den beiden einzelnen Linsen je die Abbildungsgleichung.
- Formulieren Sie den Zusammenhang zwischen der Bildweite b_1 und der Gegenstandsweite g_2 für $d \rightarrow 0$.
- Für die Bildentstehung am ganzen Linsensystem bzw. für die Brennweite f des ganzen Linsensystems soll die folgende Abbildungsgleichung gelten:

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \text{mit } g := g_1 \text{ und } b := b_2$$

- 7.3 Zwei dünne sphärische Linsen bilden ein Linsensystem.

V_1 und V_2 seien die Lateralvergrößerungen bei der Bildentstehung an den einzelnen Linsen.
 V sei die Lateralvergrößerung bei der Bildentstehung am ganzen Linsensystem.

Zeigen Sie, dass gilt:

$$V = V_1 \cdot V_2$$

- 7.4 Betrachten Sie ein System aus zwei dünnen sphärischen Sammellinsen im Abstand 12.0 cm mit Brennweiten 12.0 cm und 6.0 cm. Vor der ersten Linse befindet sich ein Gegenstand mit Gegenstandsweite 4.0 cm.

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

Hinweise:

- Formulieren Sie für die Bildentstehung an den beiden einzelnen Linsen je die Abbildungsgleichung.
- Formulieren Sie den Zusammenhang zwischen der Bildweite b_1 und der Gegenstandsweite g_2 .

- Berechnen Sie die Lateralvergrößerung.

- 7.5 Betrachten Sie ein System aus einer dünnen sphärischen Sammellinse und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse im Abstand 13.0 cm mit Brennweiten 6.0 cm und -11.0 cm. Vor der ersten Linse 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.
- Berechnen Sie die Lateralvergrößerung.

- 7.6 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgende Aufgabe:
29.21

- 7.7 Führen Sie in Moodle den [Test 7.1](#) durch.

- 7.8 (siehe nächste Seite)

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

	wahr	falsch
a) Bei einem System aus zwei dünnen sphärischen Linsen ist der Kehrwert der Brennweite f des Systems gleich der Summe der Kehrwerte der Einzelbrennweiten f_1 und f_2 , falls der Abstand der beiden Linsen vernachlässigt werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Befinden sich zwei dünne sphärische Sammellinsen mit gleicher Brennweite f auf der gleichen optischen Achse sehr nahe hintereinander, so kann dieses Linsensystem als eine einzige Linse der Brennweite $2f$ aufgefasst werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Befinden sich zwei dünne sphärische Sammellinsen mit gleicher Brennweite f auf der gleichen optischen Achse sehr nahe hintereinander, so kann dieses Linsensystem als eine einzige Linse der Brennweite $f/2$ aufgefasst werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Wenn bei einem System aus zwei dünnen sphärischen Sammellinsen das Zwischenbild reell ist, dann existiert es nur wirklich, wenn es sich zwischen den beiden Linsen befindet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Besteht ein Linsensystem aus einer dünnen sphärischen Sammellinse mit Brennweite f_1 und einer dünnen sphärischen Zerstreuungslinse mit Brennweite $f_2 = -f_1$, so entsteht kein Bild.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lehrbuch Tipler/Mosca

Teil VI Optik

29 Geometrische Optik

29.2 Linsen (Teil „Mehrere Linsen“, Seiten 1080 bis 1082)

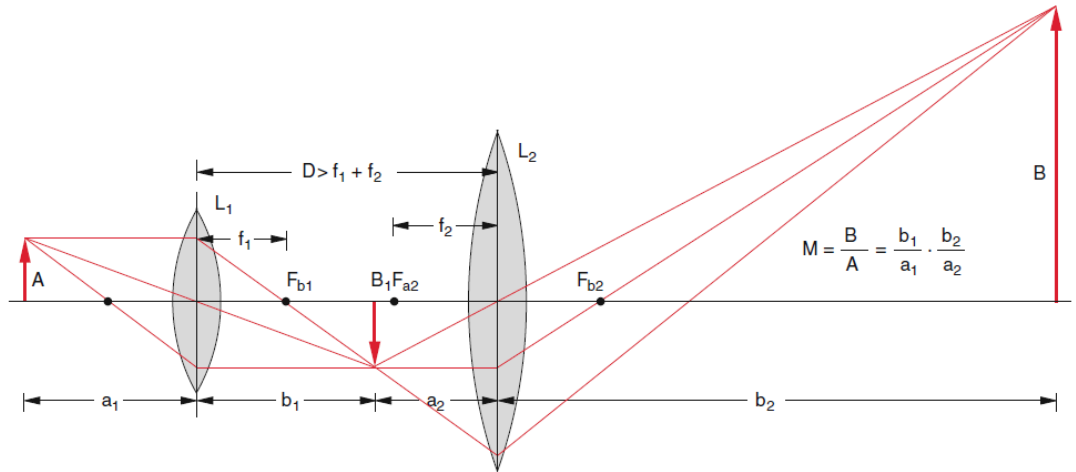
Lösungen

Bemerkung:

- In den von Hand skizzierten Bildkonstruktionen in den Aufgaben 7.1, 7.4 und 7.5 ist das Zwischenbild immer gestrichelt gezeichnet, auch wenn es reell ist.

7.1 a) 2 Sammellinsen

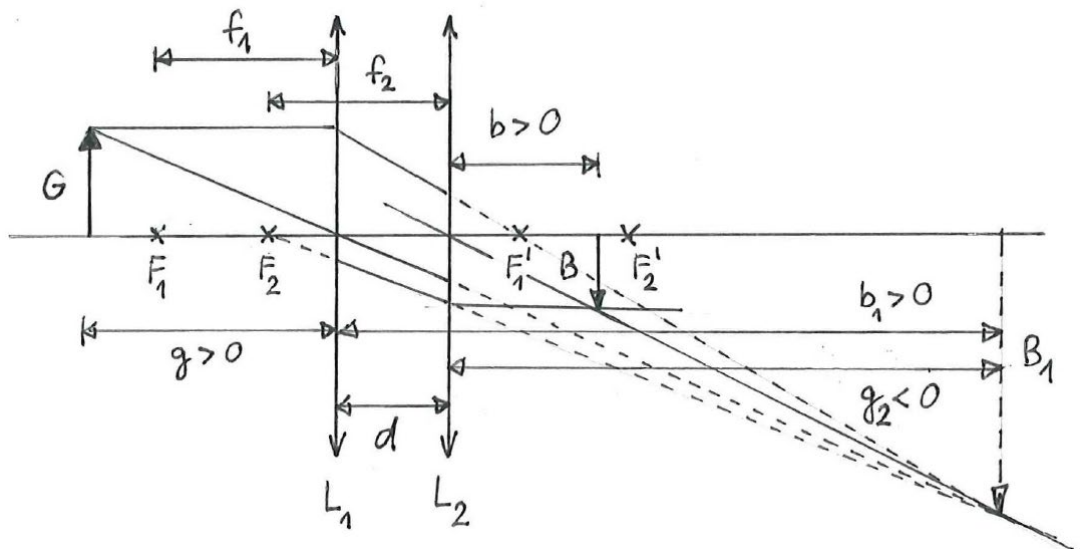
- $b_1 > 0$ (reelles Zwischenbild hinter der ersten Linse)
- $g_2 > 0$ (Zwischenbild vor der zweiten Linse)
- $b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild hinter der zweiten Linse)



(Quelle: Demtröder, Experimentalphysik 2, Seite 276, ISBN 978-3-642-29943-8)

b) 2 Sammellinsen

- $b_1 > 0$ (reelles Zwischenbild hinter der ersten Linse)
- $g_2 < 0$ (Zwischenbild hinter der zweiten Linse)
- $b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild hinter der zweiten Linse)



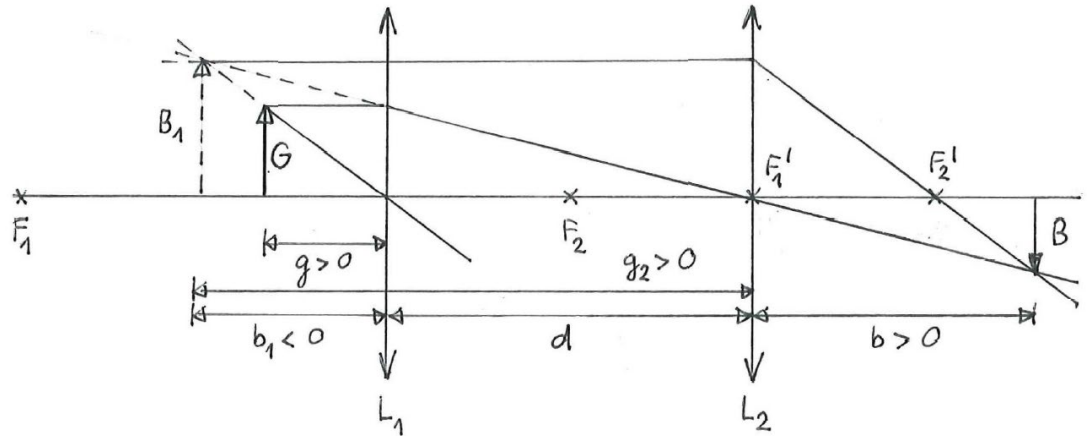
c) (siehe nächste Seite)

c) 2 Sammellinsen

$b_1 < 0$ (virtuelles Zwischenbild vor der ersten Linse)

$g_2 > 0$ (Zwischenbild vor der zweiten Linse)

$b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild hinter der zweiten Linse)

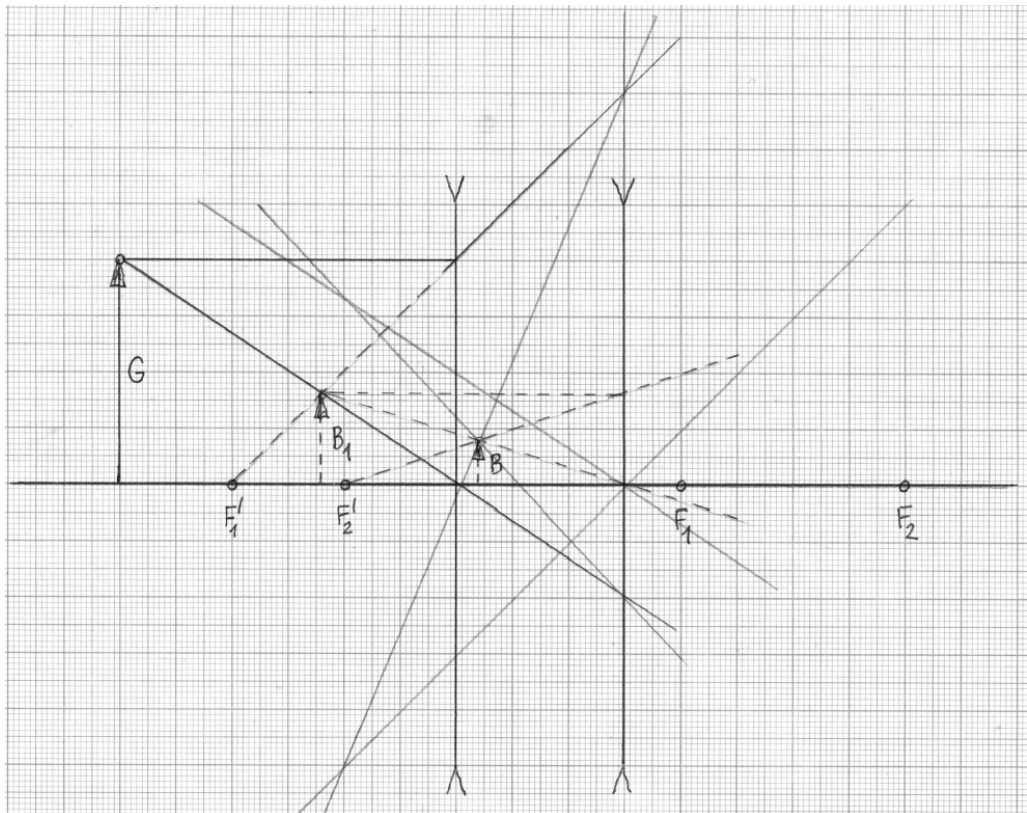


d) 2 Zerstreuungslinsen

$b_1 < 0$ (virtuelles Zwischenbild vor der ersten Linse)

$g_2 > 0$ (Zwischenbild vor der zweiten Linse)

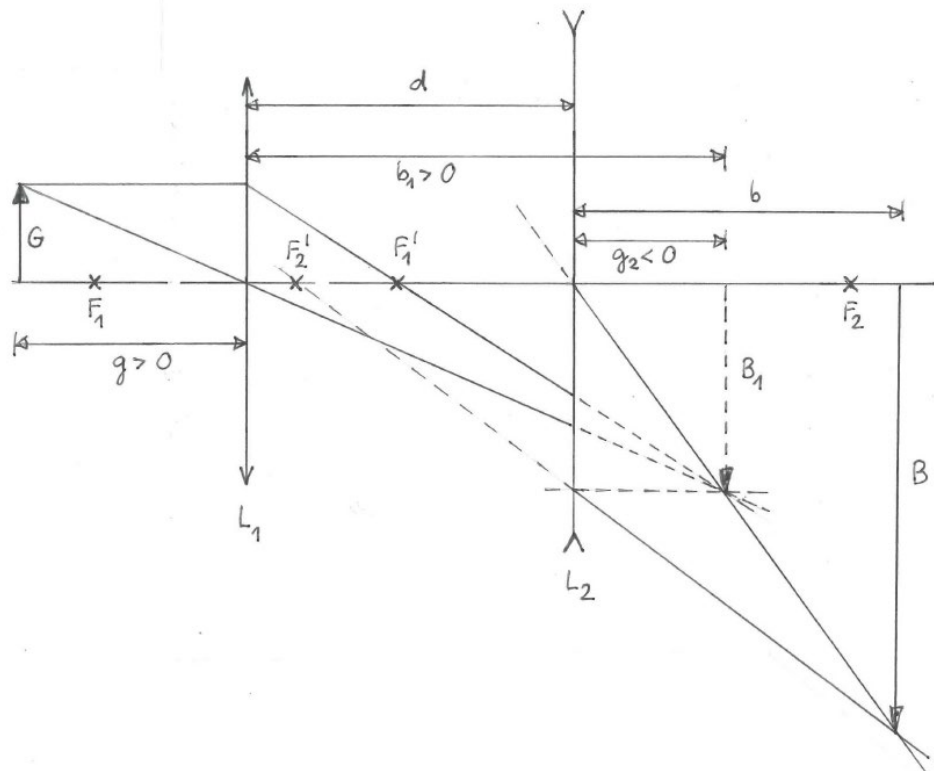
$b_2 =: b < 0$ (virtuelles Endbild vor der zweiten Linse)



e) (siehe nächste Seite)

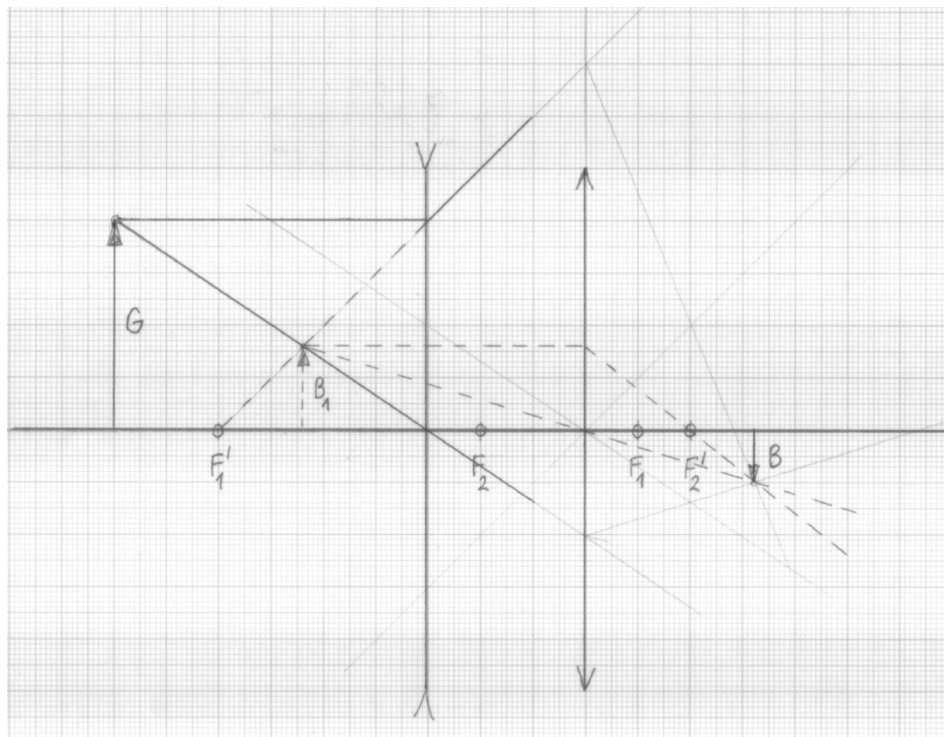
e) Sammellinse – Zerstreuungslinse

- $b_1 > 0$ (reelles Zwischenbild hinter der ersten Linse)
- $g_2 < 0$ (Zwischenbild hinter der zweiten Linse)
- $b_2 =: b > 0$ (reelles Endbild hinter der zweiten Linse)



f) Zerstreuungslinse – Sammellinse

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

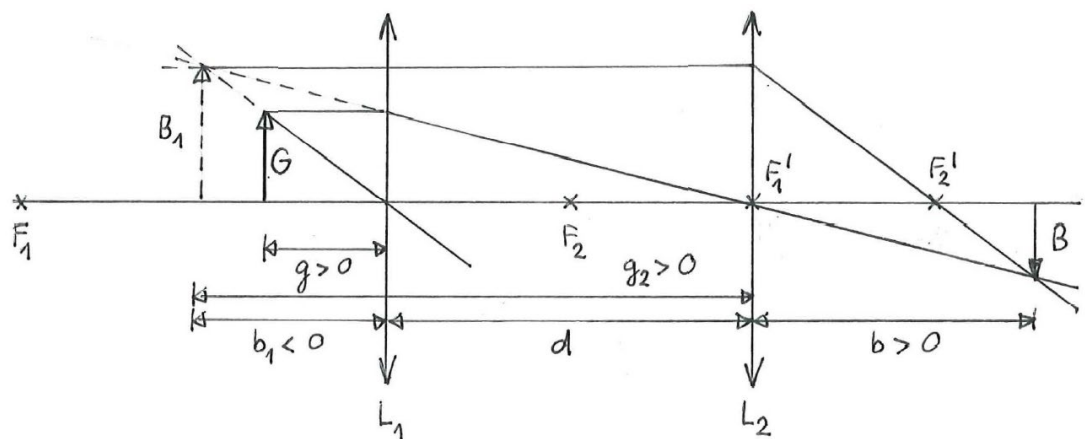


7.2 ...

7.3 $V_1 = \frac{B_1}{G_1}$
 $V_2 = \frac{B_2}{G_2}$
 $G_2 = B_1$
 $V = \frac{B_2}{G_1}$

 $\Rightarrow V = V_1 \cdot V_2$

7.4 a)



b)

			<u>Unb.</u>	<u>Rek.</u>
Zwischenbild B_1	:	$\frac{1}{g_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_1}$	I	$g_1 = 4.0 \text{ cm}$
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 : $\frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{g_1} = -\frac{1}{6.0} \text{ cm}^{-1} \Rightarrow b_1 = -6.0 \text{ cm}$

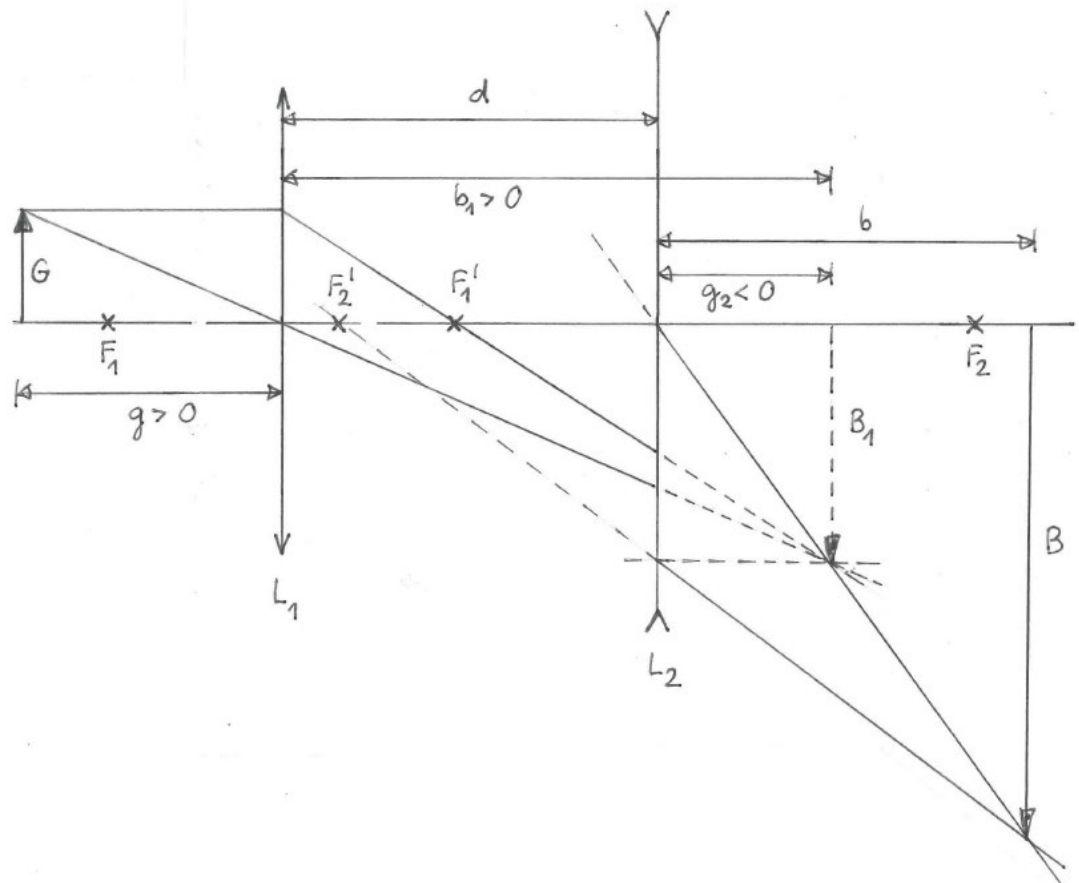
III : $g_2 = -b_1 + d = 18.0 \text{ cm}$

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

c) $V = -0.75$

7.5 (siehe nächste Seite)

7.5 a)



b)

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

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

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

$$\text{II : } \frac{1}{b} = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{g_2} = \frac{6}{55} \text{ cm}^{-1} \Rightarrow b = \frac{55}{6} \text{ cm} = 9.2 \text{ cm} > 0 \text{ cm}$$

Bild reell

c) $V = -\frac{11}{3}$

7.6 (siehe Arbeitsbuch Mills)

7.7 -

- 7.8
- a) wahr
 - b) falsch
 - c) wahr
 - d) wahr
 - e) falsch