6 Optik

6.1 Mechanische Wellen & elektromagnetische Wellen

transversale & longitudinale Wellen

Interferenz

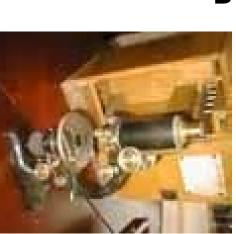
Polarisation

Reflexion, Brechung, Dispersion

Totalreflexion

Brewster-Winkel

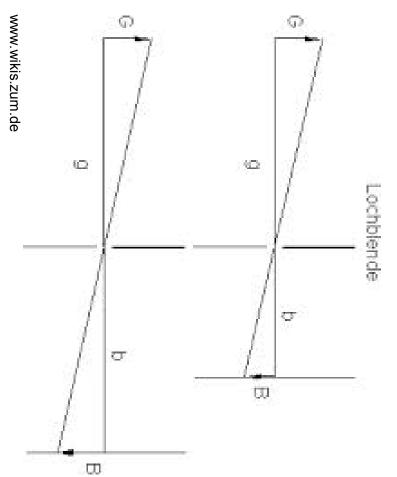
6.2 Abbildungen



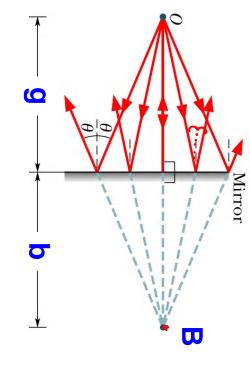


das vom Gegenstandspunkt ausgeht. von einem Gegenstandspunkt durch Vereinigung von Licht, Eine optische Abbildung ist die Erzeugung eines Bildpunktes

Einfachstes optisches System: Lochkamera



Ebene Spiegel reflektieren Licht in einer Richtung



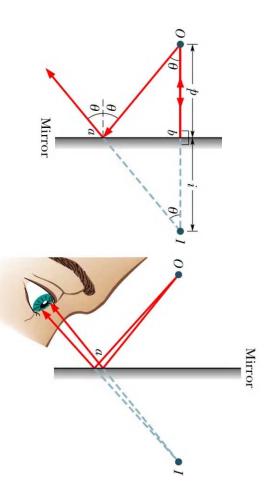
Lichtquelle bei Punkt O: Gegenstand G (bzw. Objekt O).

Die rückwärts verlängerten Strahlen

treffen sich in einem Punkt:

dem virtuellen Bild B (Image I) des Gegenstands G

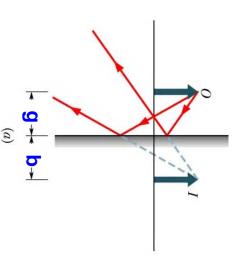
Von einem virtuellen Bild B gehen keine realen Strahlen aus.



Bildweite b

Gegenstandsweite g

Minuszeichen: virtuelles Bild Abstand B - Spiegel = Abstand O – Spiegel



Kugelspiegel

C = Kugelmittelpunkt



kleineres Bildfeld

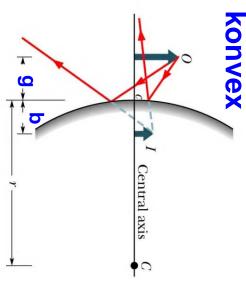
Für Objekte nahe am Spiegel (später genauer):

- Bildweite > Gegenstandsweite
- Vergrößerung (Rasierspiegel)

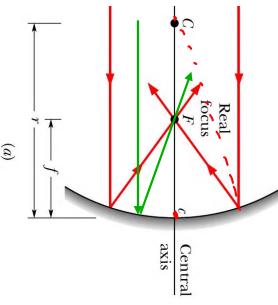
C Central axis Lot r b (b)

2) Konvexer Spiegel (nach außen gewölbt):

- größeres Bildfeld (Überwachung im Supermarkt)
- Bildweite < Gegenstandsweite
- Verkleinerung



Brennpunkt (Fokus) von Kugelspiegeln



optische Achse: Gerade durch Krümmungsmittelpunkt C und Scheitelpunkt c

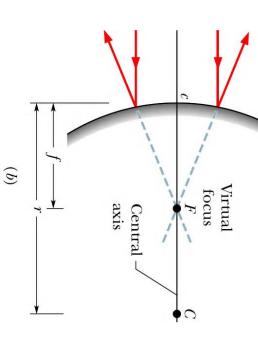
Alle Strahlen, die parallel zur optischen Achse laufen, werden in den Brennpunkt F (Fokus) reflektiert

Brennweite f: Abstand Brennpunkt F zum Scheitelpunkt c

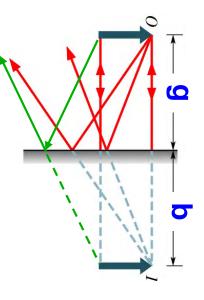
$$f = \frac{1}{2}$$

Konvexer Spiegel: virtueller Fokus, f < 0 r < 0 Konkaver Spiegel: reeller Fokus, f > 0

erscheint ein / kein Bild. Auf einer Leinwand im reellen / virtuellen Fokus



Ebene Spiegel: ausgedehnte Objekte

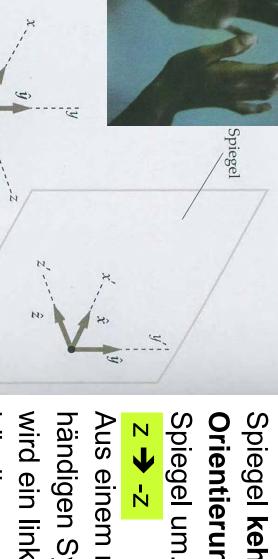


Konstruktion des Bildes:

Konstruiere das Bild von 2 verschiedenen Punkten.

und parallel zum Spiegel die gleiche Orientierung. Das Bild hat die gleiche Größe wie der Gegenstand

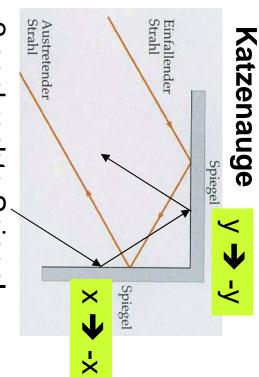
Spiegelsymmetrie, Händigkeit



Spiegel kehrt die Orientierung \(\perc{1}{2}\) zum

z **4** z

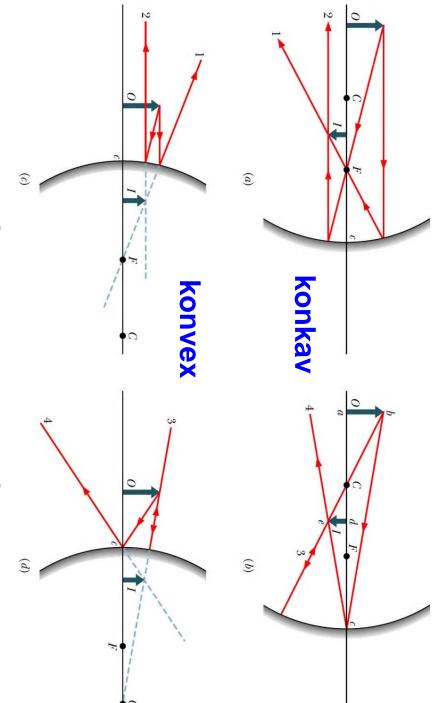
händiges wird ein linkshändigen System Aus einem rechts-



genau zurück. werten jeden Strahl 2 senkrechte Spiegel

In 3D: 3 Spiegel.

Konstruktion des Bildes an einem Kugelspiegel



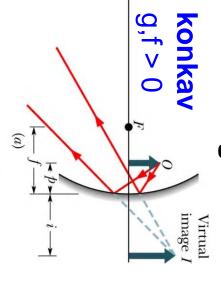
Konstruiere 2 Strahlen von einem Objektpunkt, Schnittpunkt ergibt Bildpunkt.

Dann konstruiere Bild von einem oder mehreren weiteren Objektpunkten.

Benutze mind. 2 der 4 Hauptstrahlen:

- 1) Parallele Strahlen
- durch Fokus reflektiert
- 2) Strahlen durch Fokus
- als parallele Strahlen reflektiert
- * 3) Strahlen durch C (Kugelmittelpunkt)
- → in sich selbst reflektiert
- 4) Durch Scheitelpunkt c
- symmetrisch zur optischen Achse

Abbildungen an Kugelspiegeln



$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

gilt für Strahlen unter kleinem

Gegenstand näher am Spiegel:

$$g < f \rightarrow 1/g > 1/f \rightarrow b < 0$$

Gegenstandsweite g, p Bildweite b, i

Brennweite f

Gegenstand im Fokus:

$$g = f \rightarrow 1/b = 0 \rightarrow b = \infty$$

Bild "entsteht" in unendlich,

Parallel rays

(b)

Strahlen treffen sich nie.

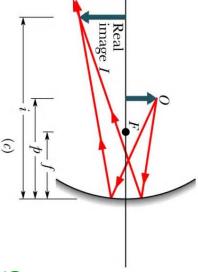
Gegenstand in ∞:

 $1/g = 0 \implies b = f$

sich im Fokus, s. oben. Parallele Strahlen treffen

Gegenstand weiter entfernt:

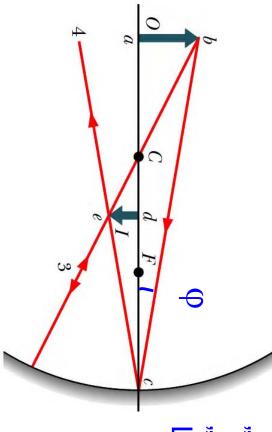
Konvexe und ebene Spiegel erzeugen nur virtuelle Bilder. $g > 0 \& f < 0 \Rightarrow b < 0, |b| < g$



6.2 (9)

6.2 Abbildungen

Vergrößerung



"Gegenstandsgröße" G (Strecke ab)

"Bildgröße" B

(Strecke de)

Lateralvergrößerung V (oder Abbildungsmaßstab)

$$\frac{B}{b} = \sin \varphi = \frac{G}{\Rightarrow}$$

$$\frac{V}{G} = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

V > 0: Orientierung von Bild & Gegenstand gleich

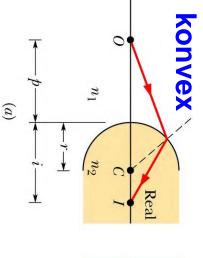
V < 0: Bild umgedreht

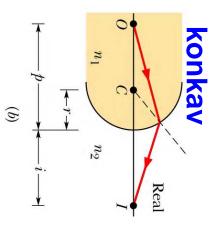
Virtuelles Bild, b < 0 → Orientierung gleich

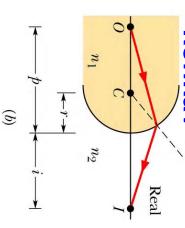
Relles Bild, b > 0 → umgedreht

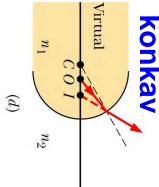
Linsen

wird an einer sphärischen Grenzfläche zu Medium mit n₂ gebrochen Licht von Gegenstand G (oder O) in Medium mit Brechungsindex n₁









konvex



konkav

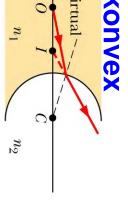
3

Virtual

(e)

 n_2

konvex



n_{gelb} > n_{weiß}

(Licht wird transmittiert statt reflektiert) reelle Bilder (b>0) auf der anderen Seite. virtuelle Bilder (b<0) auf der Objektseite,</p> lm **Gegensatz zum Kugel-Spiegel** entstehen

Vorzeichen des Krümmungsradius:

Objekt vor konvexer Fläche: r > 0

Objekt vor konkaver Fläche: r < 0

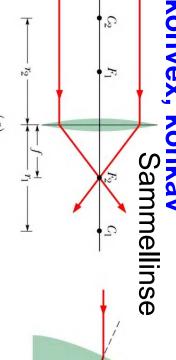
(umgekehrt wie beim Kugel-Spiegel)

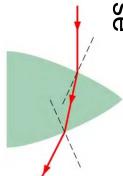
$$\frac{n_1}{g} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

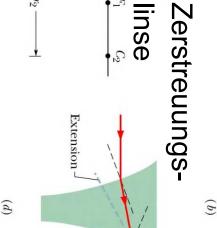
Dünne Linsen (transparent, 2 brechende Flächen mit gemeinsamer opt. Achse,

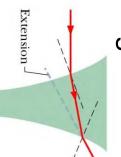
Krümmungsradien r₁ und r₂)

konvex, konkav









Zerstreuungslinse: virtuelle Foki (f<0) Sammellinse: reelle Foki F₂ & F₁ (f>0)

das Licht erst eine konvexe, dann eine konkave Grenzfläche. Beim Durchgang durch eine bikonvexe Sammellinse sieht

Dünne Linsen:

Dicke klein gegen g, b, r₁, r₂

zur optischen Achse Betrachte Strahlen unter kleinen Winkeln

Dann gilt:

konkav,

konvex

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

dünnen Linse: **Brennweite** einer

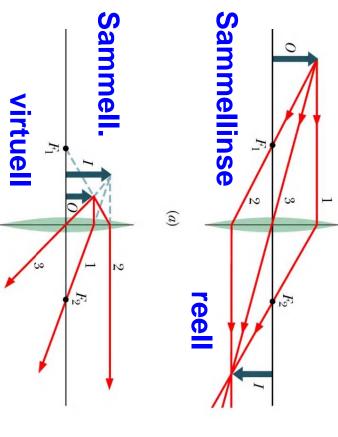
$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Vorzeichen: Objekt vor

konkaver Fläche: r < 0 konvexer Fläche: r > 0

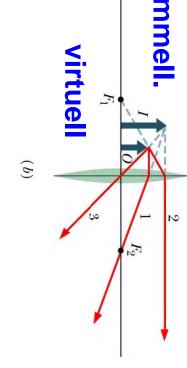
r₁ (r₂): 1. (2.) Grenzfläche vom Objekt aus

Konstruktion des Bildes an einer dünnen Linse



Benutze mind. 2 der 3 Hauptstrahlen:

- 1) Parallele Strahlen
- durch Fokus F₂ gebrochen
- 2) Strahlen durch Fokus F₁
- parallel zur opt. Achse gebrochen
- 3) Strahlen durch Mittelpunkt
- es resultiert nur ein **kleiner** Parallelversatz) (weil die beiden Grenzflächen fast parallel sind, behalten Richtung bei



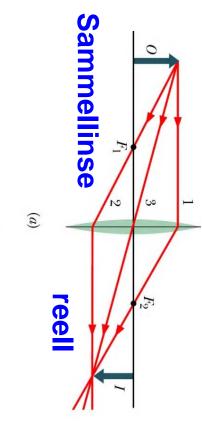
beim Ubergang von Sammel- zu Zerstreuungslinse. **Vorsicht:** F₁ und F₂ tauschen die Rollen

Zerstreuungsl.

an der Symmetrieachse eingezeichnet. Bei dünnen Linsen wird die Ablenkung effektiv

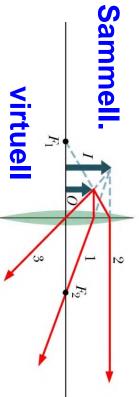
c

Konstruktion des Bildes an einer dünnen Linse



Sammellinse:

g > f: Bild reell (b>0) auf der vom Objekt abgewandten Seite, Orientierung umgekehrt



g < f: Bild virtuell (b<0)
auf der Objektseite,
Orientierung gleich

6.2 Abbildungen: Auge & Fehlsichtigkeit

Auge

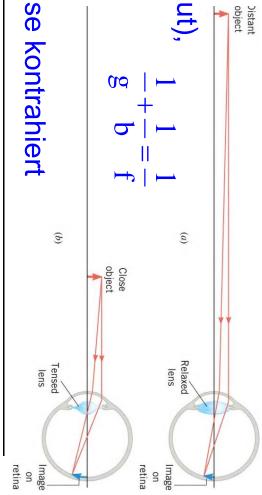
Bildweite b ist konstant (Abstand Linse-Netzhaut)

d.h. Brennweite f muss für Objekte in

unterschiedlicher Entfernung angepasst werden:

g = ∞ → Linse völlig entspannt

g kleiner → f muss kleiner sein → r kleiner, Linse kontrahiert



Kurzsichtigkeit

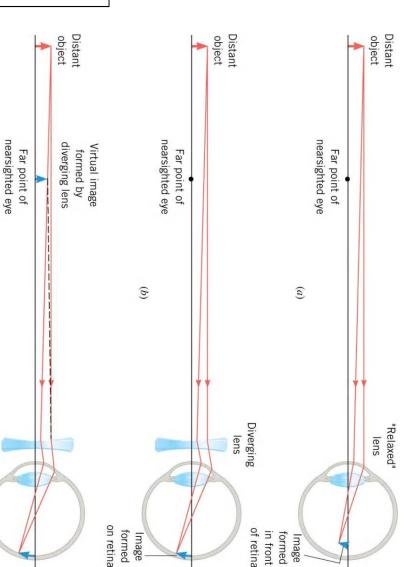
Brennweite f des

entspannten Auges zu klein

(f kleiner als Abstand Linse-Netzhaut),

ab einer bestimmten Entfernung liegt

das Bild vor der Netzhaut



Weitsichtigkeit

Brennweite f wird nicht klein genug

(2)

für kleine g

6.2 Abbildungen: Optische Instrumente

Lupe $\begin{array}{c|c}
h & \theta \\
\hline
P_n & 25 \text{ cm} \\
\hline
(a)
\end{array}$

Nahpunkt

Die **Größe** des Bildes auf der Netzhaut wird bestimmt durch den **Winkel** θ, den das Objekt im Blickfeld überstreicht.

Objekt näher → 0 größer.

Aber: das Auge sieht nur ab dem **Nahpunkt** bei ca. **25 cm** scharf.

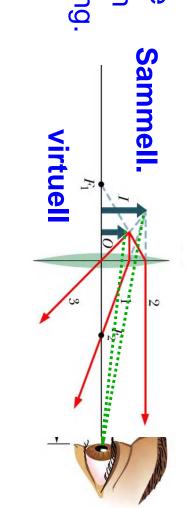
To distant virtual image

Auge etwa auf
Linsenmittelpunkt P_n Lupe: virtuelles Bild F_1 Weiter entfernt als 25cm.

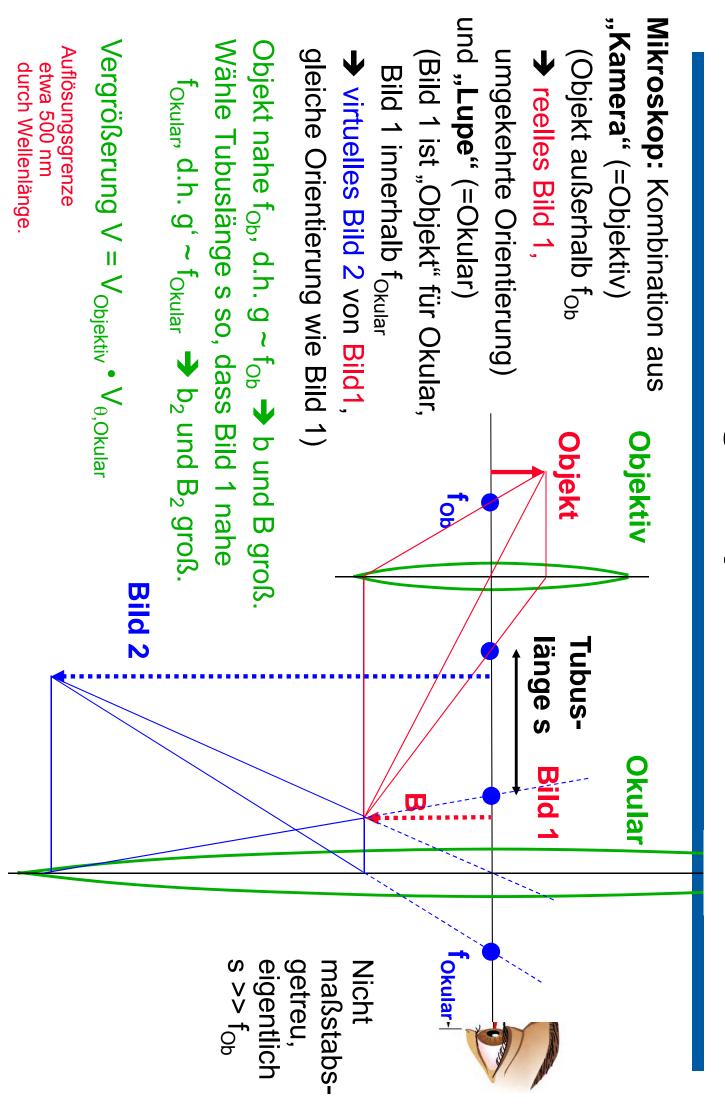
Lupe: g < f

virtuelles Bild (I) mit der gleichen Orientierung. sein als der Brennpunkt. Dann sehen wir ein d.h. das Objekt (O) muss näher an der Lupe

Winkelvergrößerung $V_{\theta} = \frac{\theta'}{\theta} \approx \frac{25cm}{f}$



6.2 Abbildungen: Optische Instrumente



6.2 Abbildungen: Optische Instrumente

Abbildender

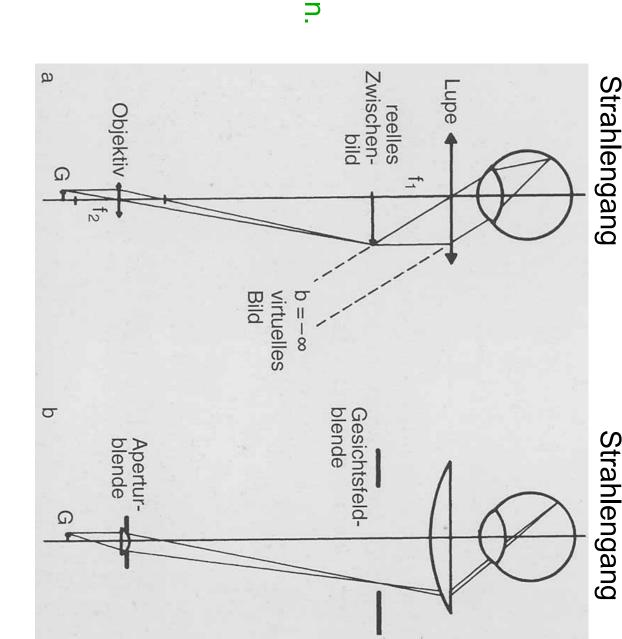
Bündel-

Mikroskop

Auflösungsgrenze etwa 500 nm durch Wellenlänge.

Ist das Objekt **sehr** nahe bei f_{ob}, so wird das Bild 1 zwar sehr groß, aber auch sehr lichtschwach, und der Tubus müsste sehr lang sein

Das Okular liefert eine weitere Vergrößerung und **entspanntes Sehen**, weil Bild 2 weit entfernt ist (in ∞ wenn Bild 1 im Fokus).



Zum Abschluss:

Sonnenuntergang

Auf dem Weg durch die Atmosphäre wird das Licht an Molekülen, Staub etc. gestreut. Die Streuung hängt von der **Wellenlänge** ab (λ^{-4}) .

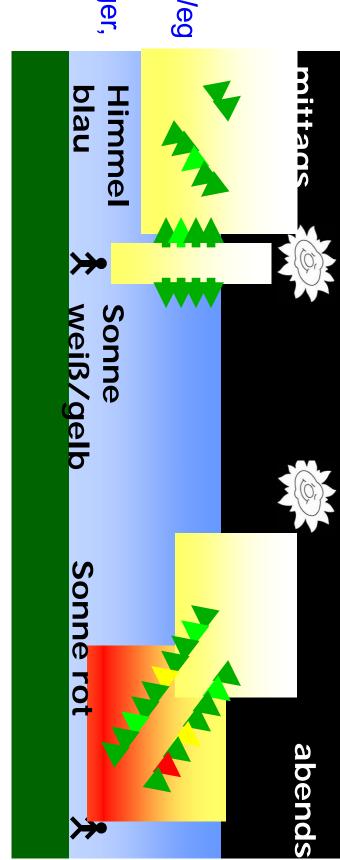
Rayleigh: kurzwelliges, blaues Licht wird 10mal stärker gestreut als rotes





Folge:

- 1) Himmel ist blau (Streulicht).
- 2) Abends ist der Weg durch die Atmosphäre länger, nur rotes Licht bleibt übrig.



6.2 Optik: Abbildungen

Abbildung durch Ebenen Spiegel

b = -g

Bildweite b, Gegenstandsweite g Fokus f, Radius r

Parabolspiegel

$$g \quad b \quad f$$

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r}$$

Konkav: reeller Fokus f > 0, r > 0

Konvex: virtueller Fokus f < 0, r < 0

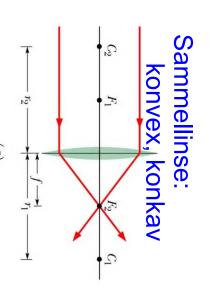
Dünne Linsen

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{\mathbf{f}} = (\mathbf{n} - 1) \left(\frac{1}{\mathbf{r}_1} - \frac{1}{\mathbf{r}_2} \right)$$

Vergrößerung

$$|V| = \frac{B}{G} = \frac{B}{G}$$



Zerstreuungslinse: konkav, konvex

