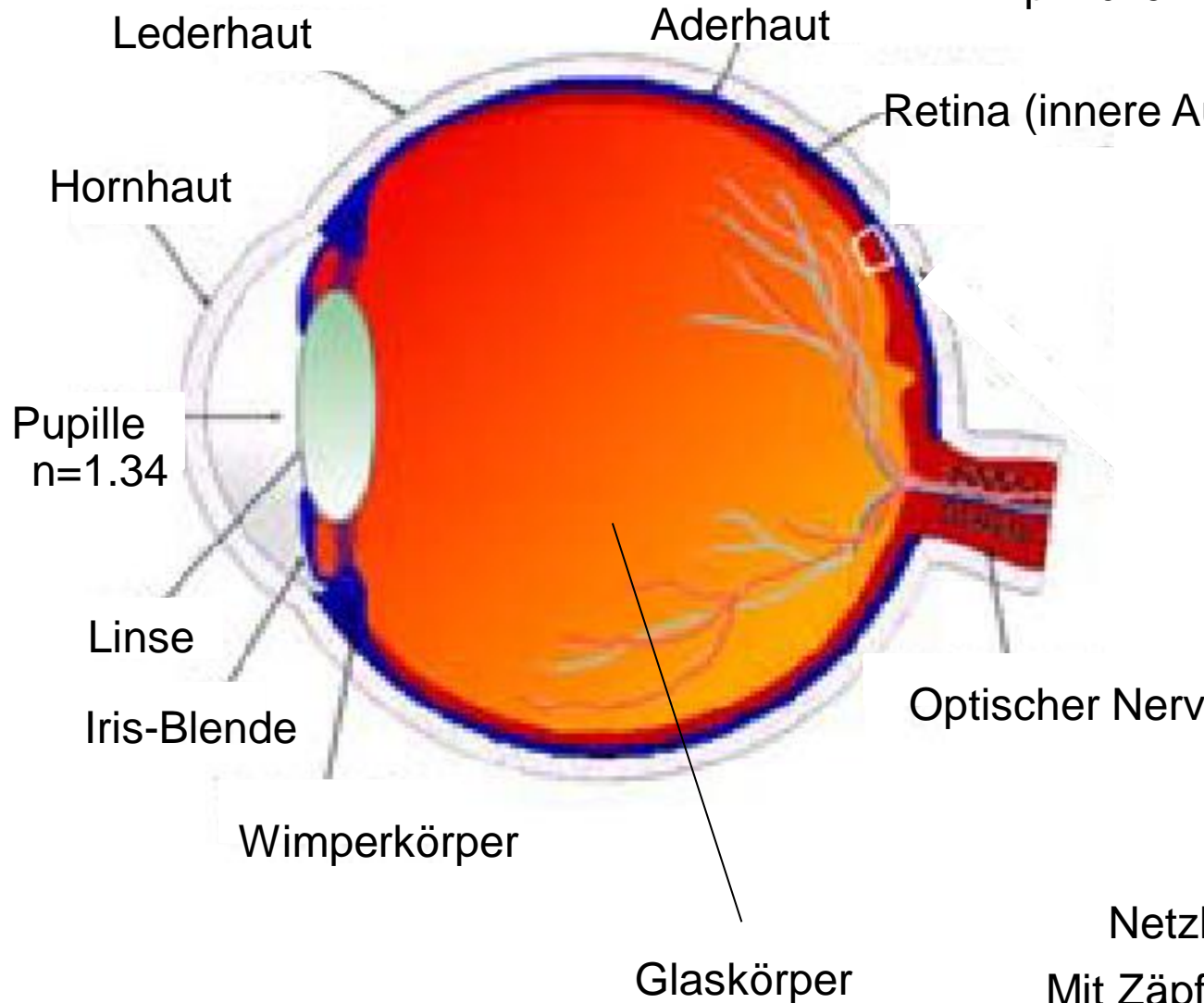


2.9 Optische Instrumente Das Auge:

Empfindlichkeit auf 15 Zehnerpotenzen



Brechkraft des
Entspannten Auges:
 $D=60\text{dpt}$

Bereich der
Änderung: 10dpt

Objektseitige
Brennweite $f=17\text{mm}$

Bildseitige
Brennweite $f=23\text{mm}$

Netzhaut

Mit Zäpfchen (Farbe) und
Stäbchen (Dunkeladaption)

Linse: bikonvex $n=1.44$

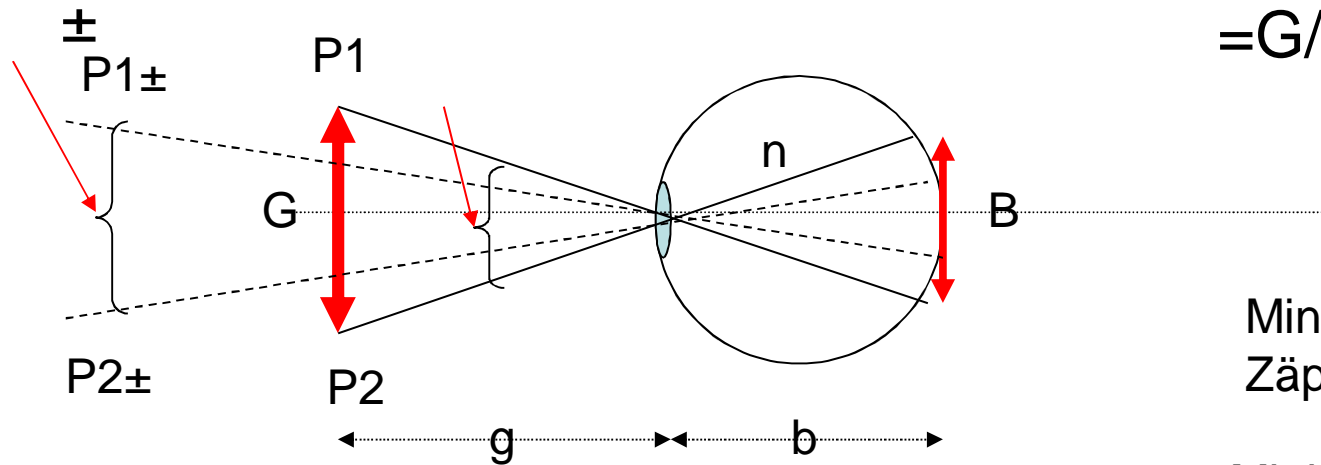
Linsenkrümmung regelbar

Bild aus \rightarrow fernen Gegenständen auf der Netzhaut: reell, verkleinert, umgekehrt

Auflösungsvermögen:

Zwei Objektpunkte getrennt: Fallen auf zwei verschiedene Zäpfchen

Maßgebend: Sehwinkel



$$=G/g=B/(b/n)$$

$$\rightarrow B=b/n$$

Minimaler Abstand der Zäpfchen: 0.004mm

Minimale Bildgröße: 0.004mm

Bildweite: $b=f=23\text{mm}$

$$\rightarrow \text{Min.} = 0.00023 = 1/60^\circ$$

In deutlicher Sehweite: $g=s=25\text{cm}$
 $\rightarrow G=0.06\text{mm}$

Optische Instrumente: Vergrößern

Definition der Vergrößerung:

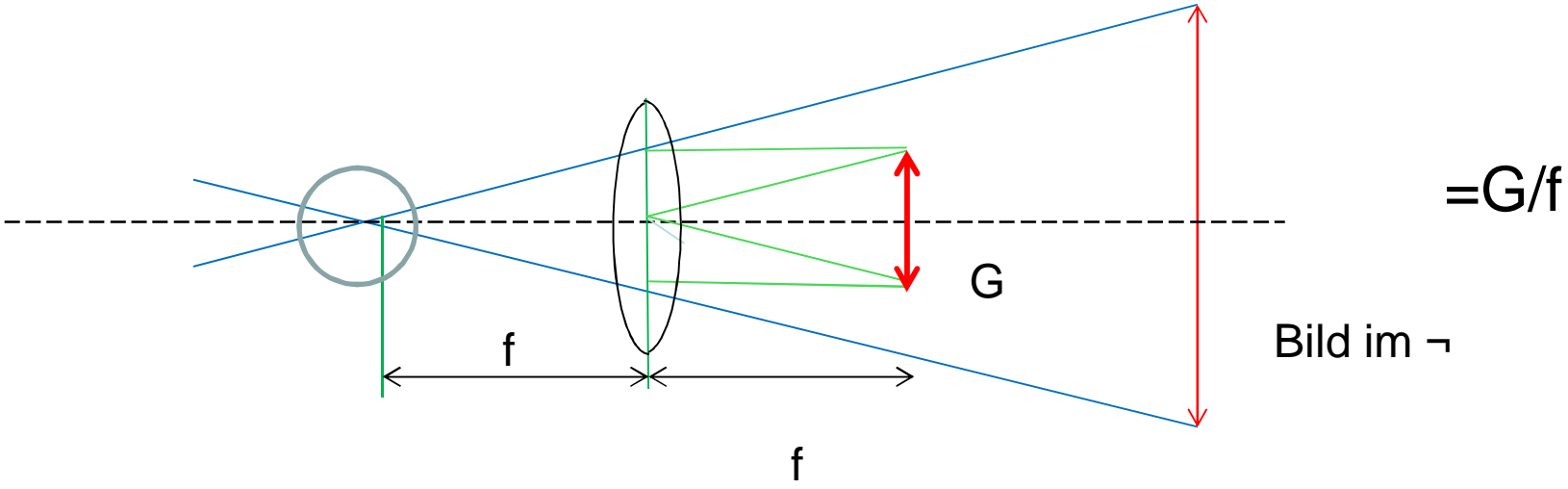
$$V = (\text{Sehwinkel mit Instrument}) / (\text{Sehwinkel in } 25\text{cm Abstand ohne Instrument})$$

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

Mit G bei $s=25\text{cm}$

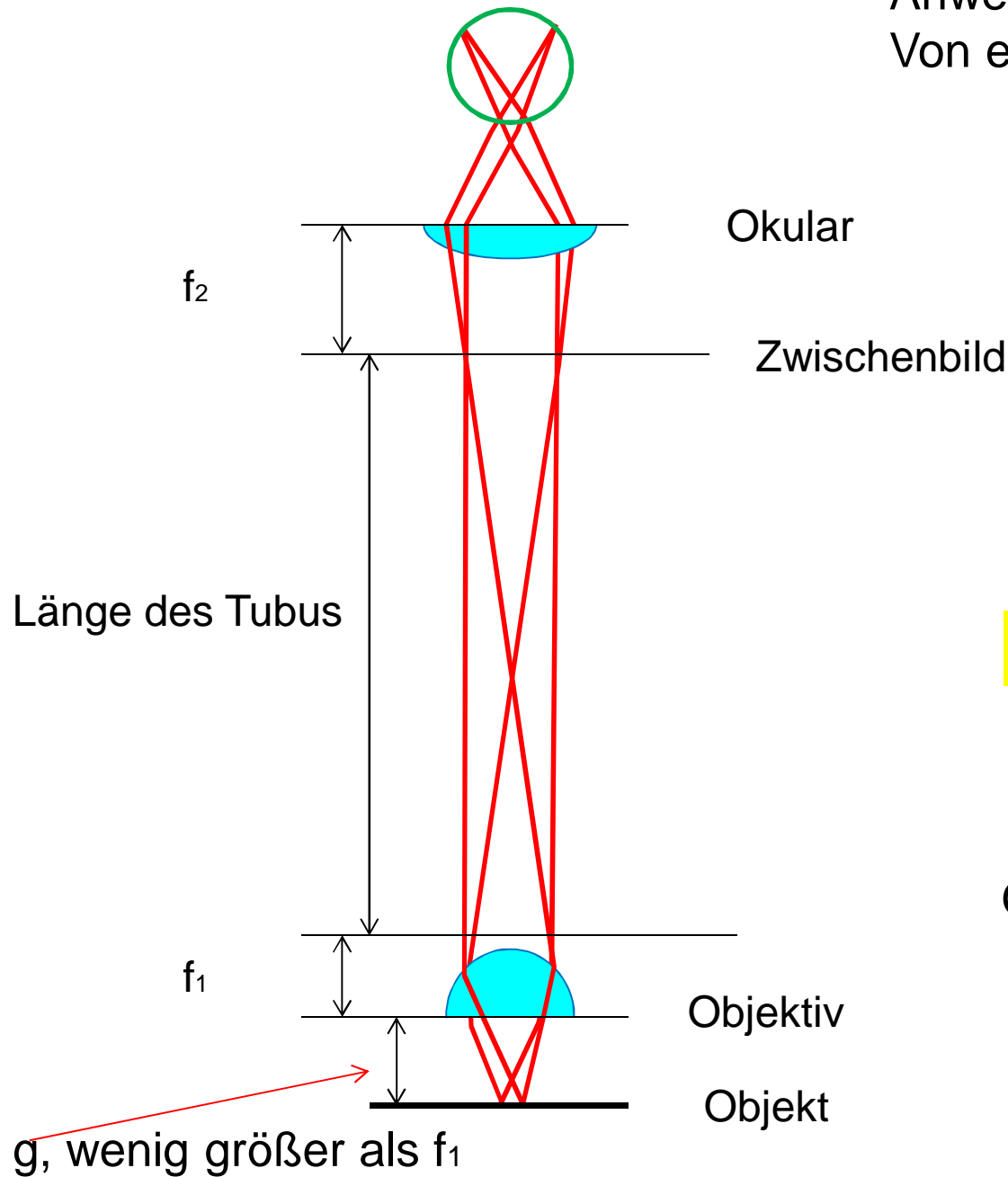
Die Lupe

Linse so benutzt,
dass vom Gegenstand
ein virtuelles Bild
entsteht!



Das Mikroskop

Anwendung: Vergrößertes Bild
Von einem kleinen, nahen Gegenstand



Auge auf \rightarrow

Als Lupe: f_2

Reell, vergrößert $V_2 = s/f_2$

$$V_1 = B/G = b/g = t/f_1$$

Gesamtvergrößerung:

$$V = V_1 * V_2$$

Vergrößerung des Mikroskops: hier Beispiel

Objekt: 6.20mm
 Brennweite: 6.0 mm Objektiv
 : 50mm Okular

Okular 23cm von Objektiv weg

Vergrößerung

$$m_{\text{Objektiv}} = -\frac{b}{g}$$

Berechnung von b

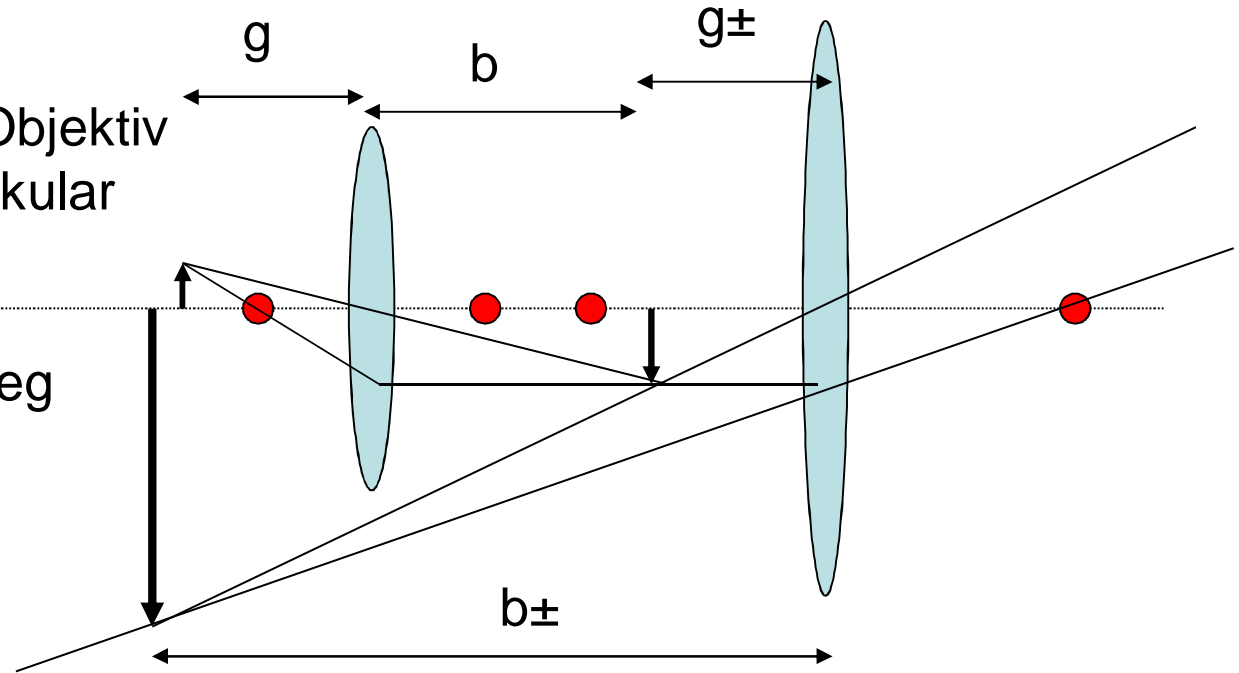
$$\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{g}$$

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{6\text{mm}} - \frac{1}{6.2\text{mm}} = \frac{0.0054}{\text{mm}}$$

$$b = 186\text{mm} \rightarrow$$

$$m_{\text{Objektiv}} = -\frac{b}{g} = -\frac{186\text{mm}}{6.20\text{mm}} = -30$$

$$m_{\text{insgesamt}} = m_{\text{Okular}} \cdot m_{\text{Objektiv}} = -250$$



$$m_{\text{Okular}} = -\frac{b'}{g'}$$

$$g' = 230\text{mm} - 186\text{mm} = 44\text{mm}$$

$$\frac{1}{b'} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{g'} = \frac{1}{50\text{mm}} - \frac{1}{44\text{mm}} = -\frac{0.0273}{\text{mm}}$$

$$b' = -\frac{\text{mm}}{0.0273} = -367\text{mm}$$

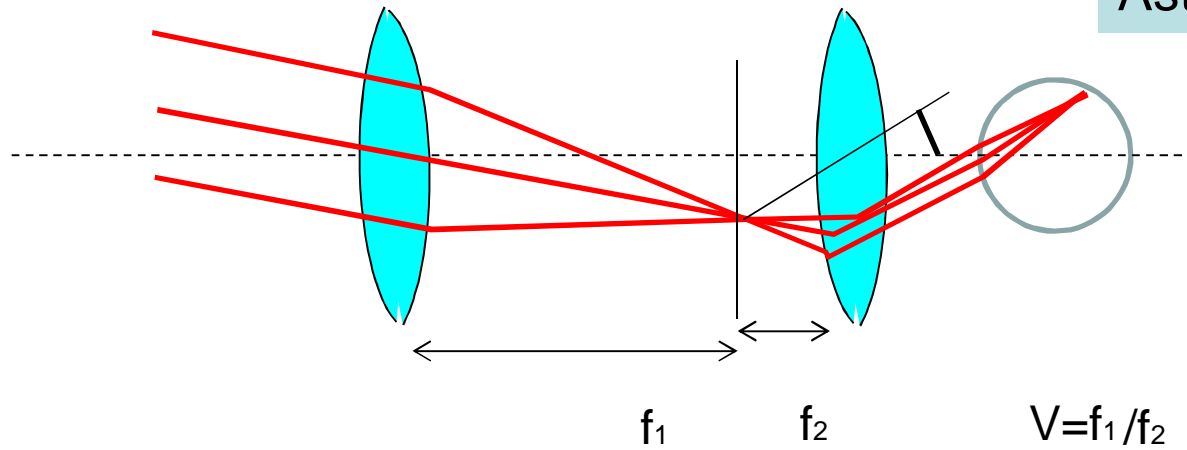
$$m_{\text{Okular}} = -\frac{b'}{g'} = \frac{367\text{mm}}{44.0\text{mm}} = 8.33$$

Fernrohre

Zweck: entfernten Gegenstand dem Auge unter einem größeren Sehwinkel anzubieten

schematisch

Astronomisches Fernrohr

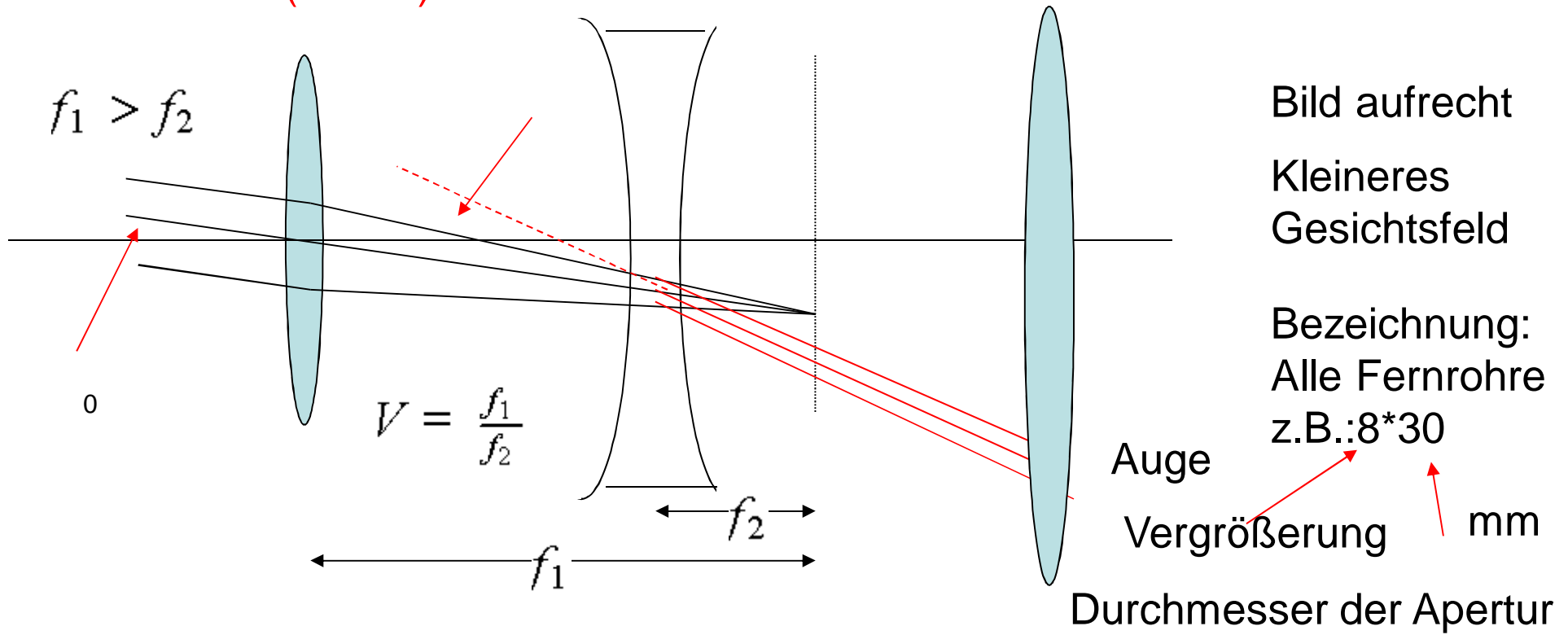


(Kepler)

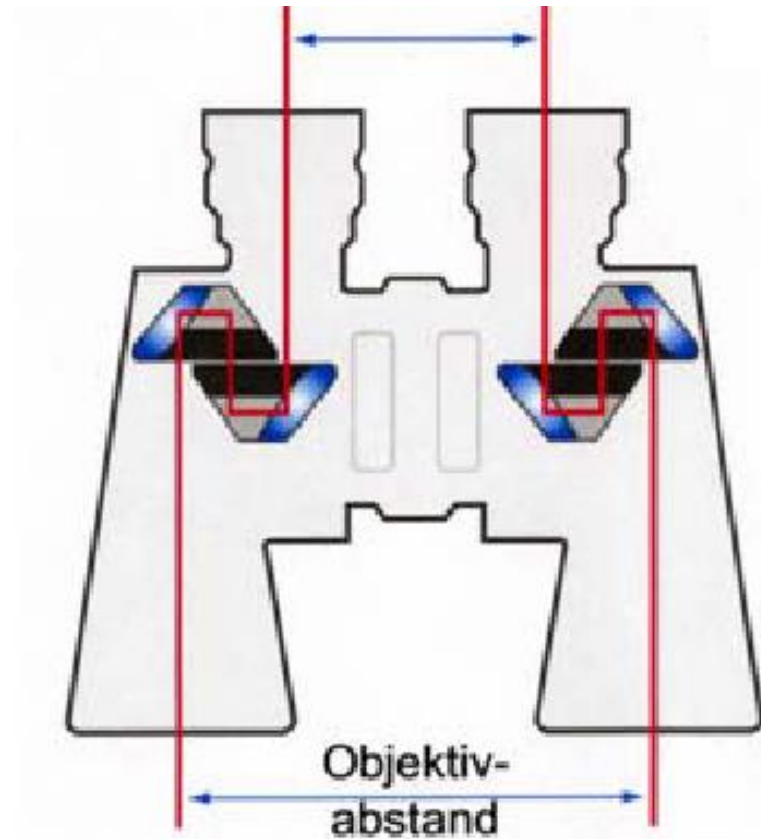
$$V = f_1 / f_2 = \alpha / \alpha_0$$

Holländisches Fernrohr

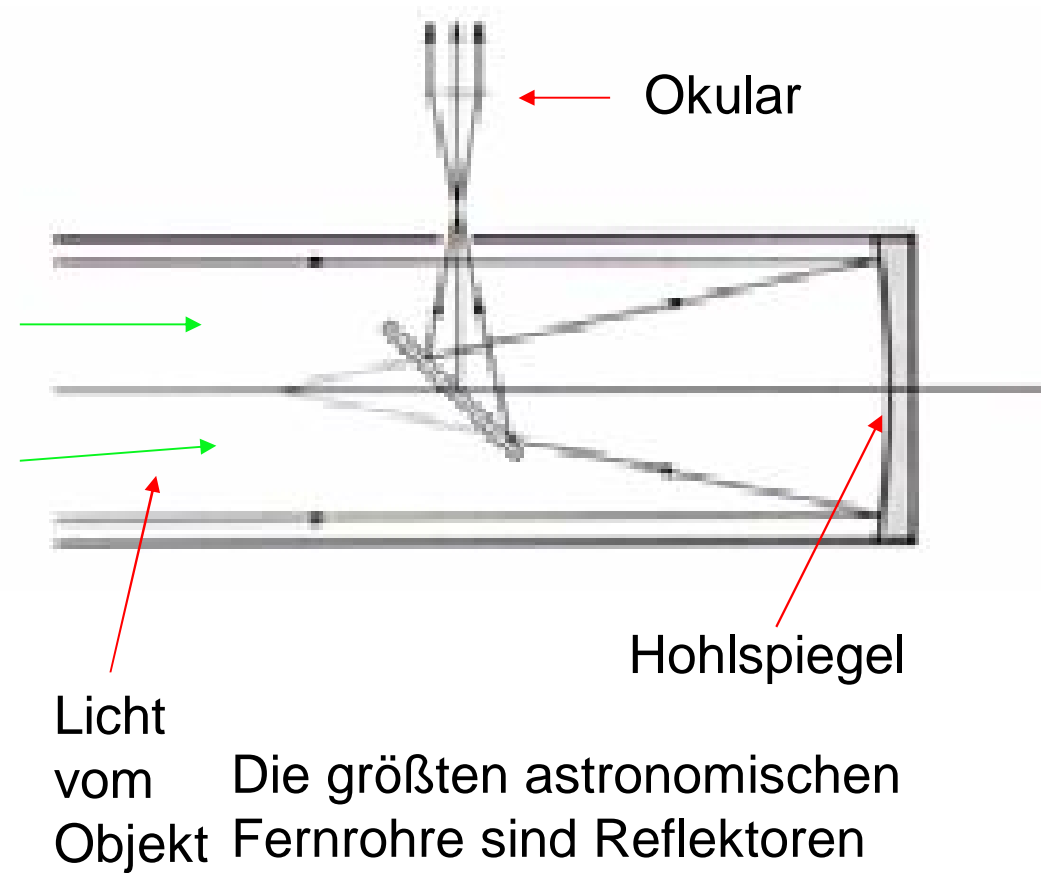
(Galilei)



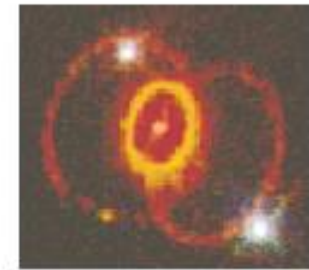
Fernglas



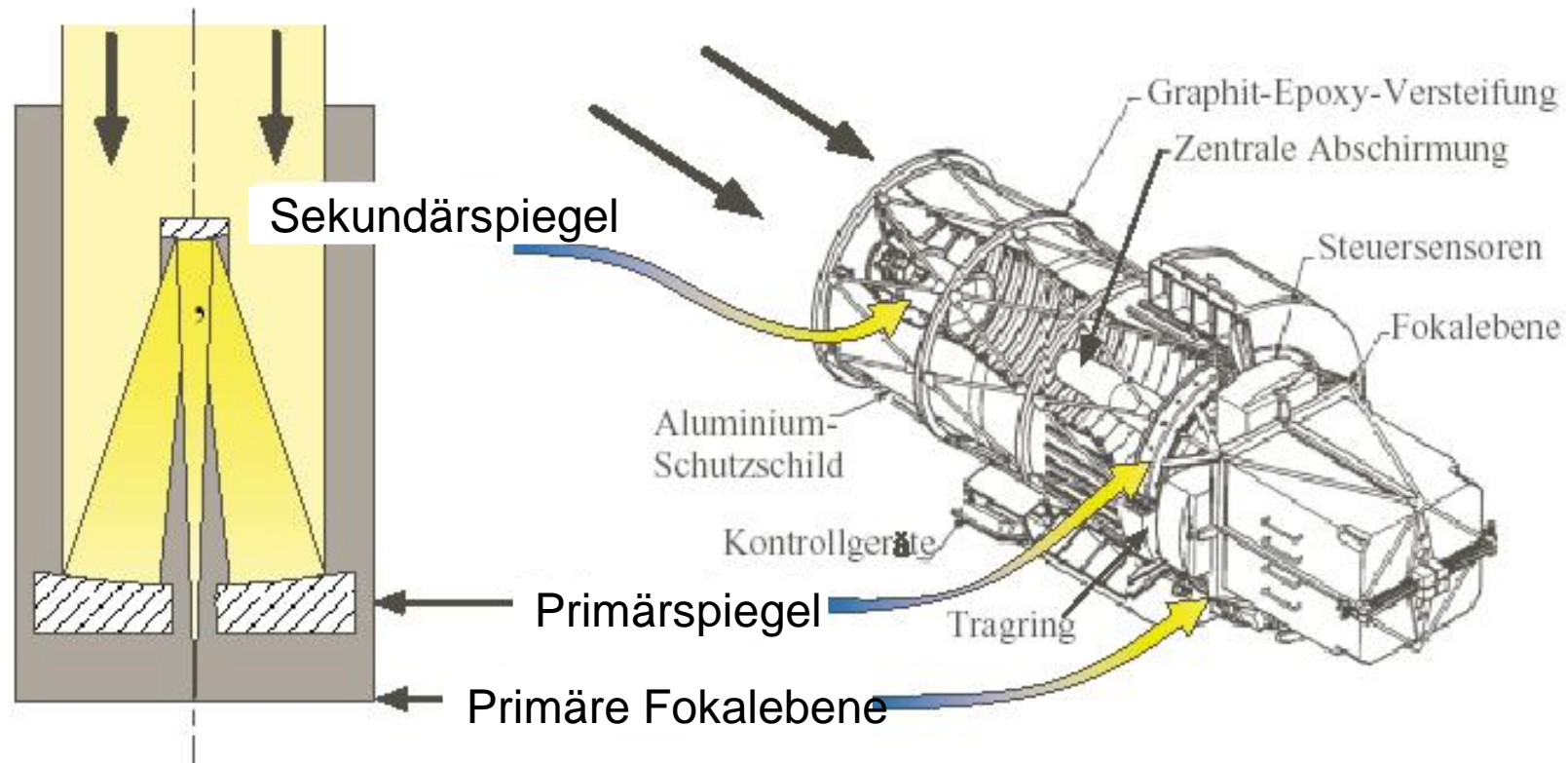
Spiegelteleskop (Newton)



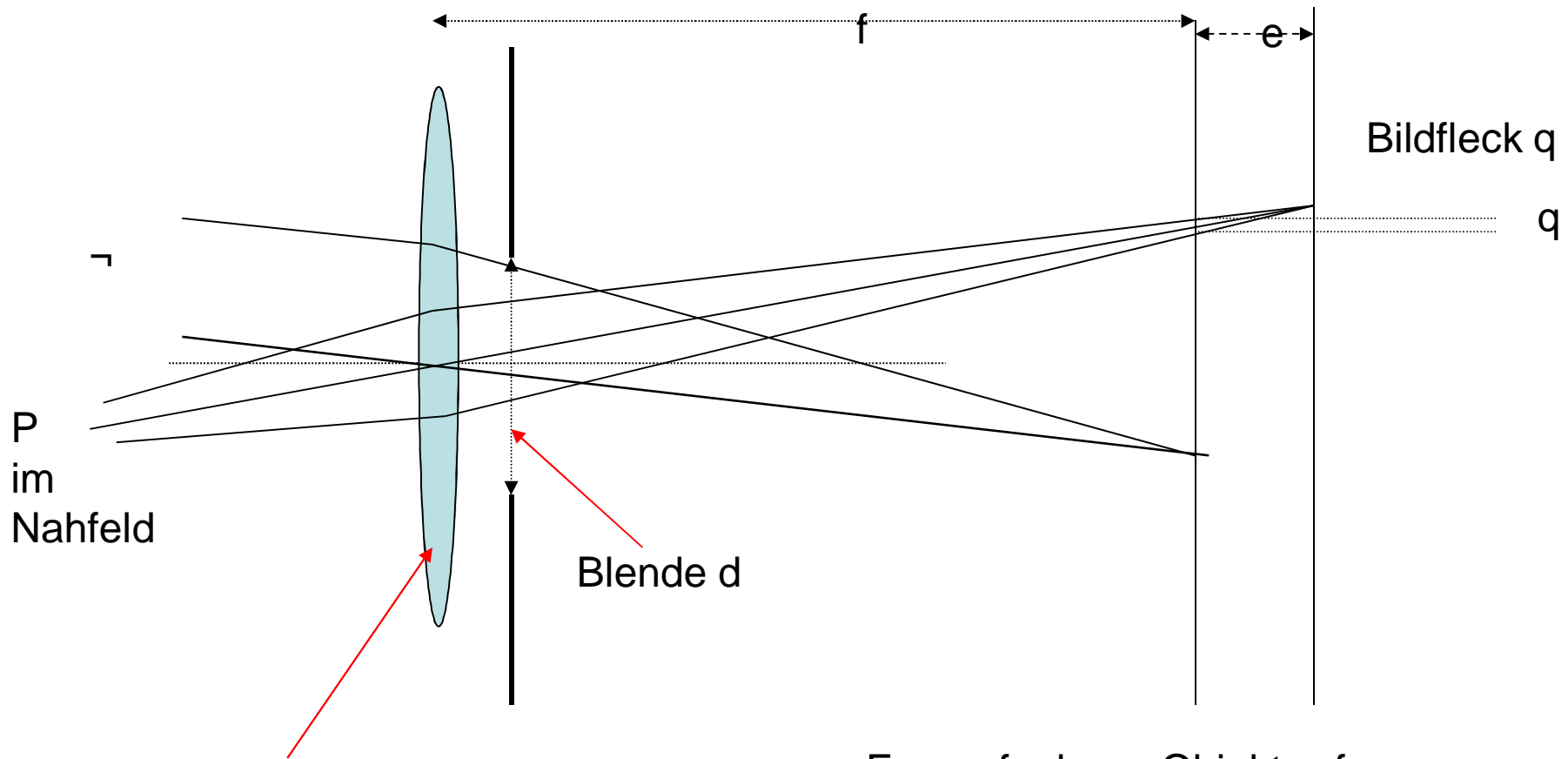
Spiegelteleskope: Cassegrain-Typ und Hubble-Space-Telescope



Supernova 1987a



Photoapparat



Objektiv, Sammellinse mit f sphärisch und chromatisch korrigiert

Fernaufnahme: Objekt \rightarrow fern
 $\rightarrow b=f$, Filmebene gleich Brennebene

Nahaufnahme: $B>f$, Filmebene hinter Brennebene um e \rightarrow Verschiebung des Objektivs nach vorne!

Tiefenschärfe

Fernaufnahme → Film in der Brennebene



Naher Punkt: Bildfleck mit Durchmesser q

$$\frac{q}{d} = \frac{e}{(f+e)} \rightarrow q = \frac{e \cdot d}{f}$$

Mit erträglicher Unschärfe q^*

mit $e \ll f$ Zulässige Variation der Bildweite $\Delta b = e = \frac{q^* \cdot f}{d}$

→ Aus Abbildungsgleichung → $\Delta g = \frac{q^* \cdot f}{d} \frac{g^2}{b^2}$ → $\Delta g \sim \frac{f}{d}$

↑
Tiefenschärfe

Je kleiner Blendenöffnung je größer Tiefenschärfe Δg

Aber: *Bildhelligkeit* $\sim \frac{\text{Lichtleistung}}{\text{Bildfläche}} \sim \frac{d^2}{f^2}$
 $b \approx f$

Filmempfindlichkeit → bestimmten Lichtstrom

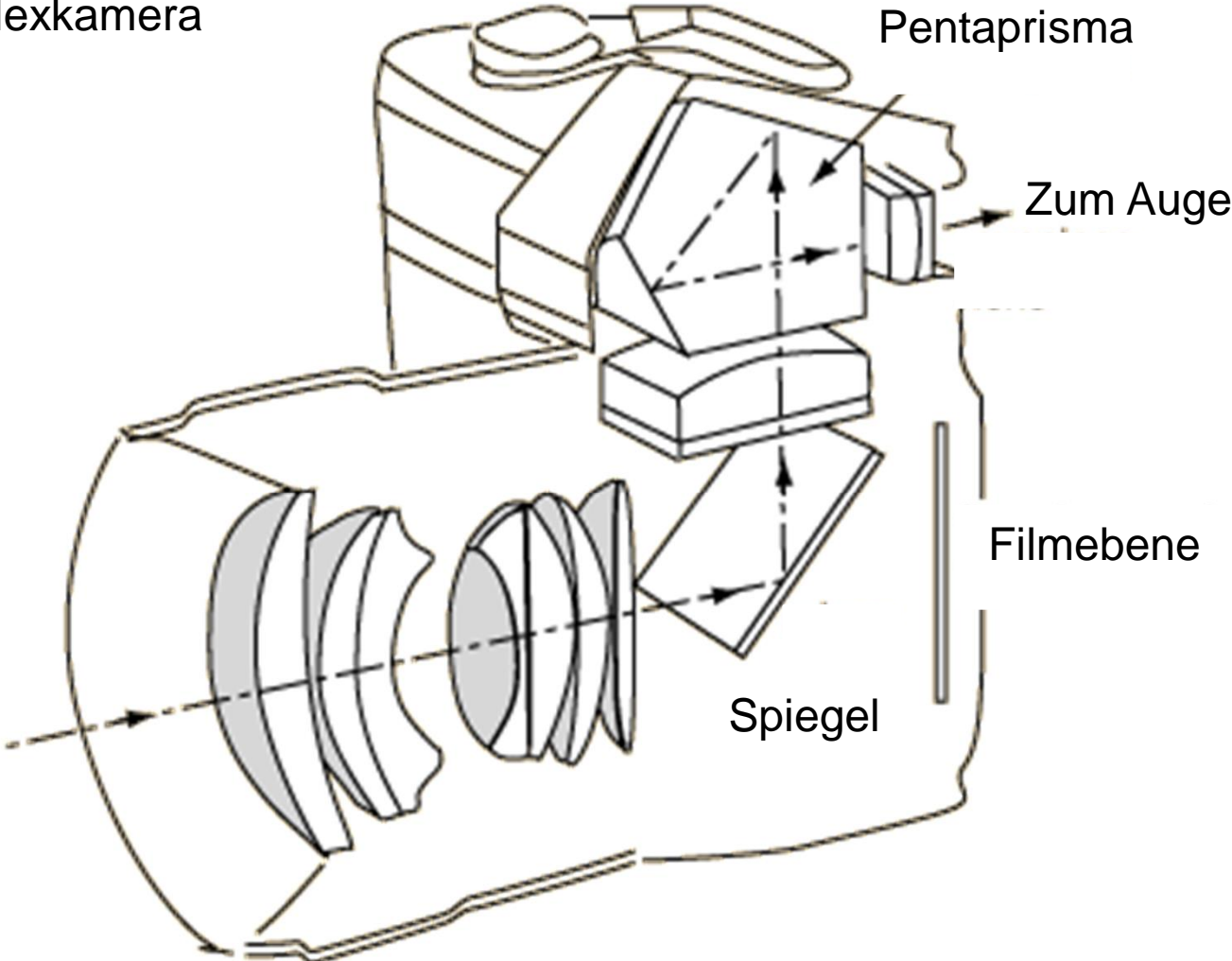
→ Halbe Belichtungszeit erfordert $d^2 \cdot \tau = \text{konstant}$

$\sqrt{2} = 1.4$ fache Blendenöffnung

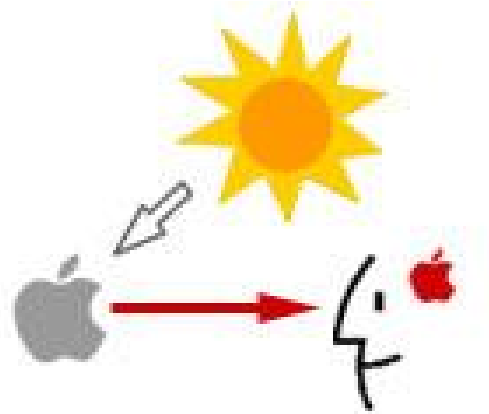
Angabe auf Objektiven: f, relative Öffnung $\frac{d}{f}$

z.B.: f=50mm, *Blendenangabe* = $\frac{d}{f}(1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, \text{usw})$

Spiegelreflexkamera



Farben



Aktives%leuchten

Additionsfarben

Dispersion:



Rot

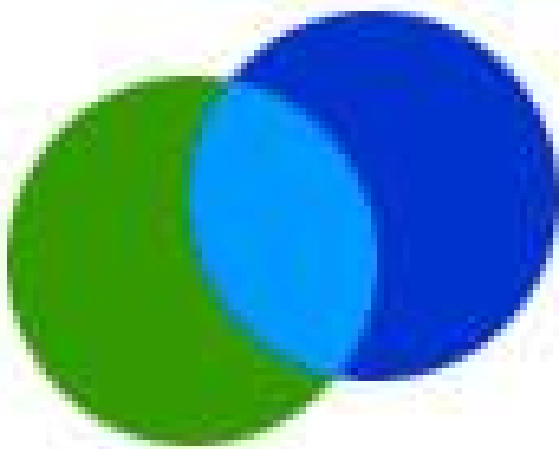
Grün

Blau

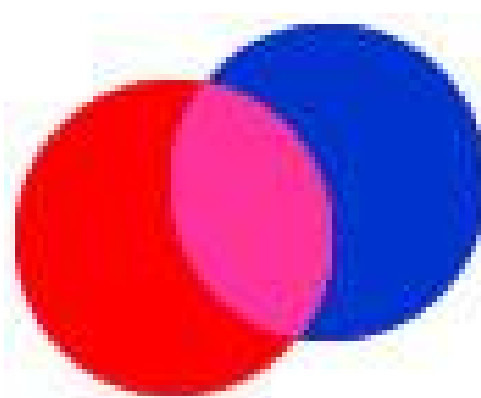
Aufbau der anderen Farben

Grundfarben

RGB



Grün+Blau=Cyan

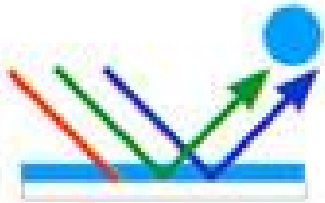
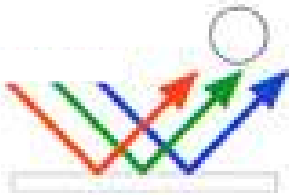


Rot+Blau=Magenta



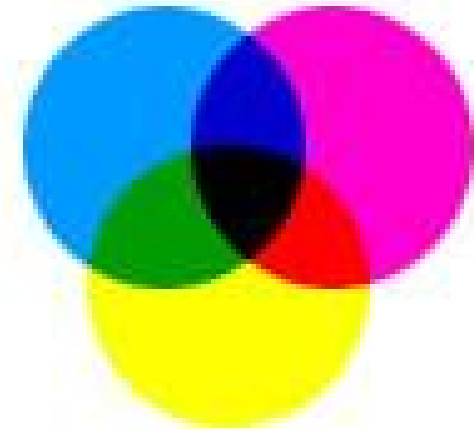
Grün+Rot=Gelb

Subtraktionsfarben



Bei beleuchteten Objekten

Farbig erscheint ein beleuchtetes Objekt durch Absorption (Subtraktion) von Grundfarben z.B. in Pigmenten etc.



$C+M+G=\text{Schwarz}$

Damit werden Druckerfarben etc. gemischt!

Tintenfarbe	Absorbiert	Reflektiert	Erscheint als
C	Rot	Grün und Blau	Cyan
M	Grün	Rot und Blau	Magenta
G	Blau	Rot und Grün	Gelb
M+G	Grün und Blau	Rot	Rot
C+G	Rot und Blau	Grün	Grün
C+M	Rot und Grün	Blau	Blau