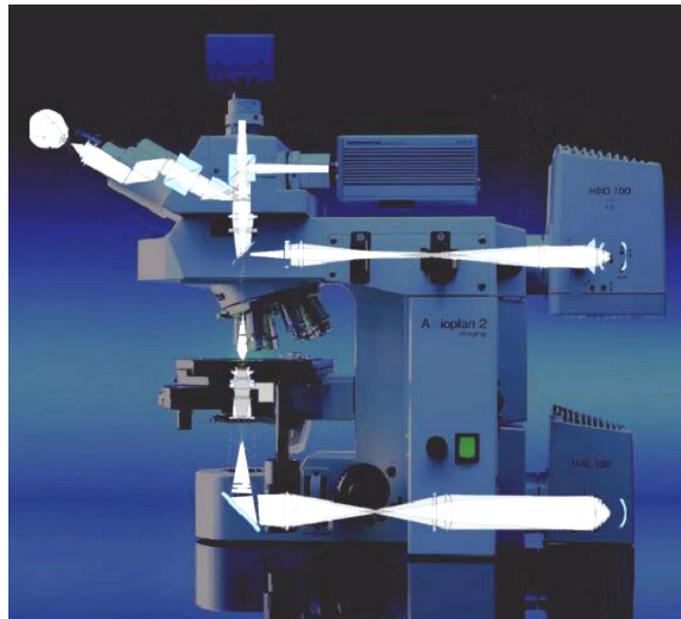


# Optische Instrumente

Für die verschiedensten Anwendungen werden Kombinationen aus Linsen und anderen optischen Elementen eingesetzt.

In diesem Abschnitt werden einige dieser optischen Instrumente vorgestellt.

In vielen Fällen ist unser Auge am optischen Strahlengang beteiligt, so entsteht bei Mikroskop und Fernrohr erst auf der Netzhaut des Auges ein reelles Bild das wir „sehen“.

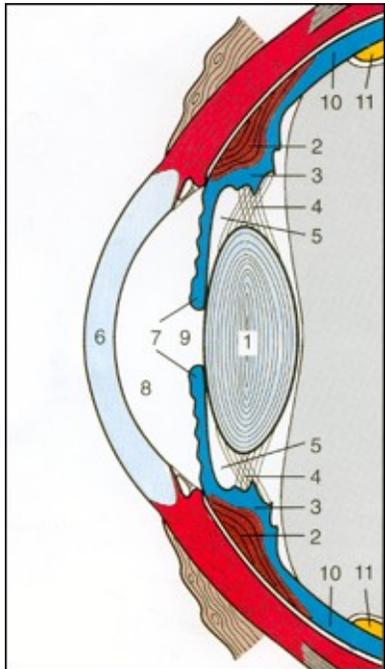


# Das Auge

Die Krümmung der Augenlinse wird durch den Augenmuskel variiert und damit das Bild auf der Netzhaut scharf gestellt.

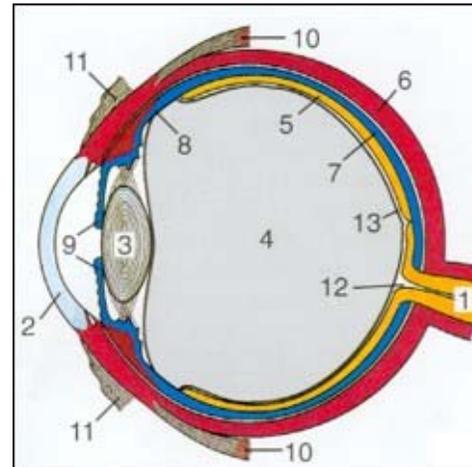
Auch Hornhaut, Kammerwasser und Glaskörper beeinflussen die Brennweite.

Da der Brennpunkt in wässriger Umgebung liegt, ist die Brennweite innerhalb und außerhalb des Auges nicht gleich groß.



## Vorderbereich des Augapfels:

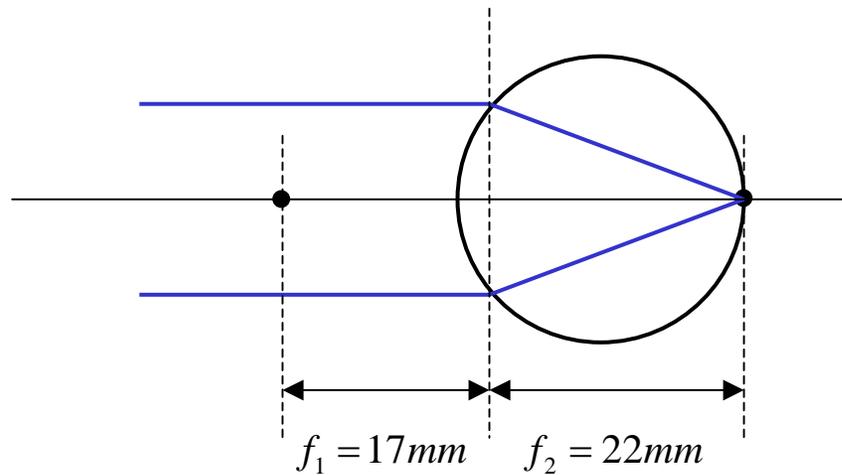
1. Linse
2. Ziliar-Muskeln
3. Strahlenkörper
4. Sehnen
5. hintere Augenkammer
6. Hornhaut
7. Regenbogenhaut
8. vordere Augenkammer
9. Pupille
10. Aderhaut
11. Netzhaut



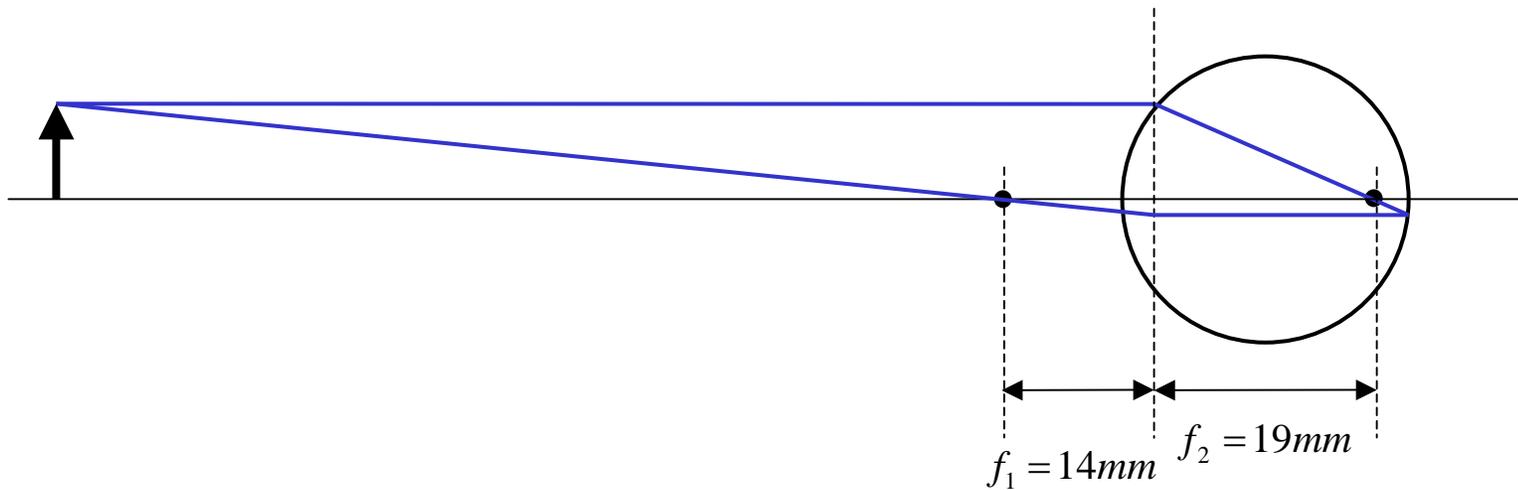
## Der Augapfel im Querschnitt

1. Sehnerv
2. Hornhaut
3. Linse
4. Glaskörper
5. Netzhaut
6. Lederhaut
7. Aderhaut
8. Strahlenkörper
9. Regenbogenhaut (Iris)
10. Ansatz der Augenmuskeln
11. Ansatz der Bindehaut
12. Sehnervenkopf (Papille)
13. Gelber Fleck

## Brennweiten für das auf unendlich fokussierte Auge

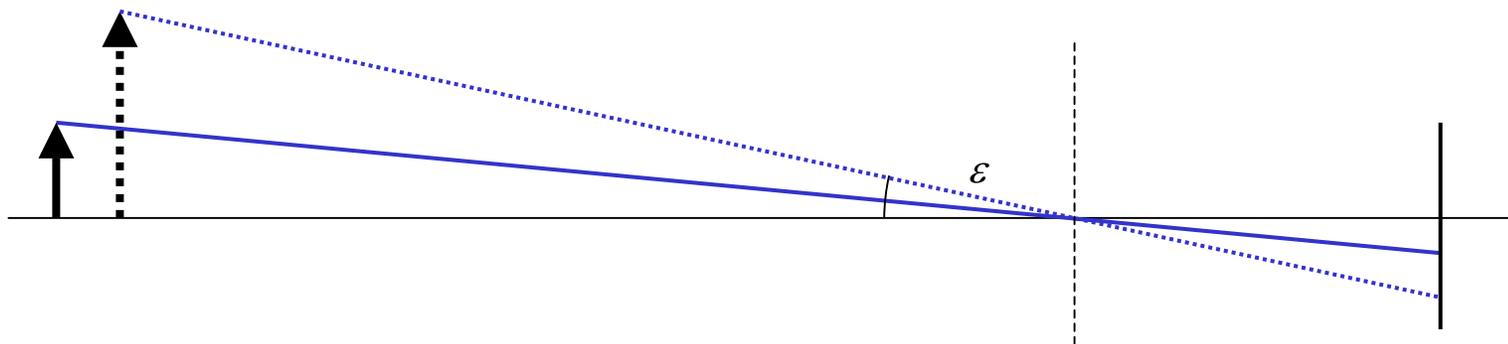


## Brennweiten bei ca. 10cm Abstand des Gegenstands vom Auge



## Sehwinkel und Vergrößerung

Optische Instrumente zur Vergrößerung eines Objektes vergrößern den Sehwinkel  $\varepsilon$ .



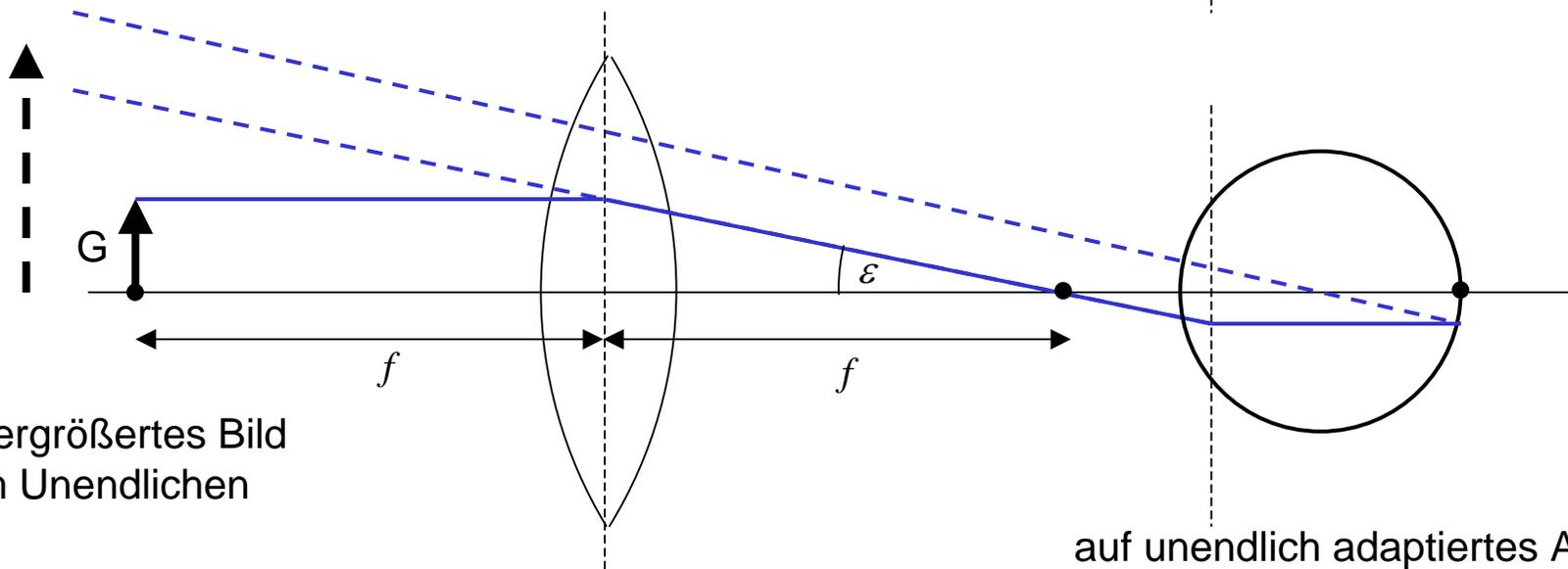
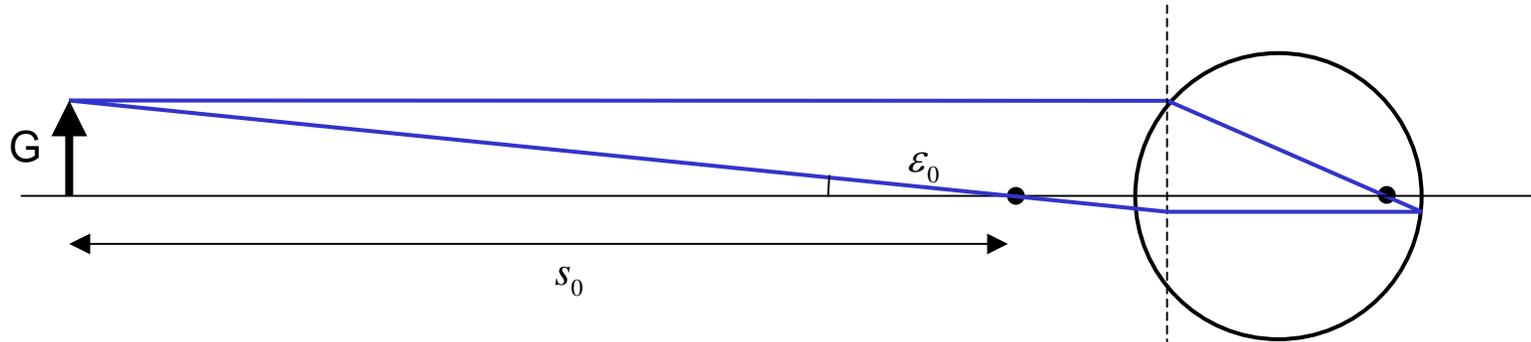
Die *Winkelvergrößerung*  $V$  des Instrumentes ist der Quotient der Sehwinkel mit und ohne Instrument.

$$V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

Die Vergrößerung  $V$  ist im Allgemeinen nicht dasselbe wie der *Abbildungsmaßstab* = Bildgröße / Gegenstandsgröße.

# Die Lupe

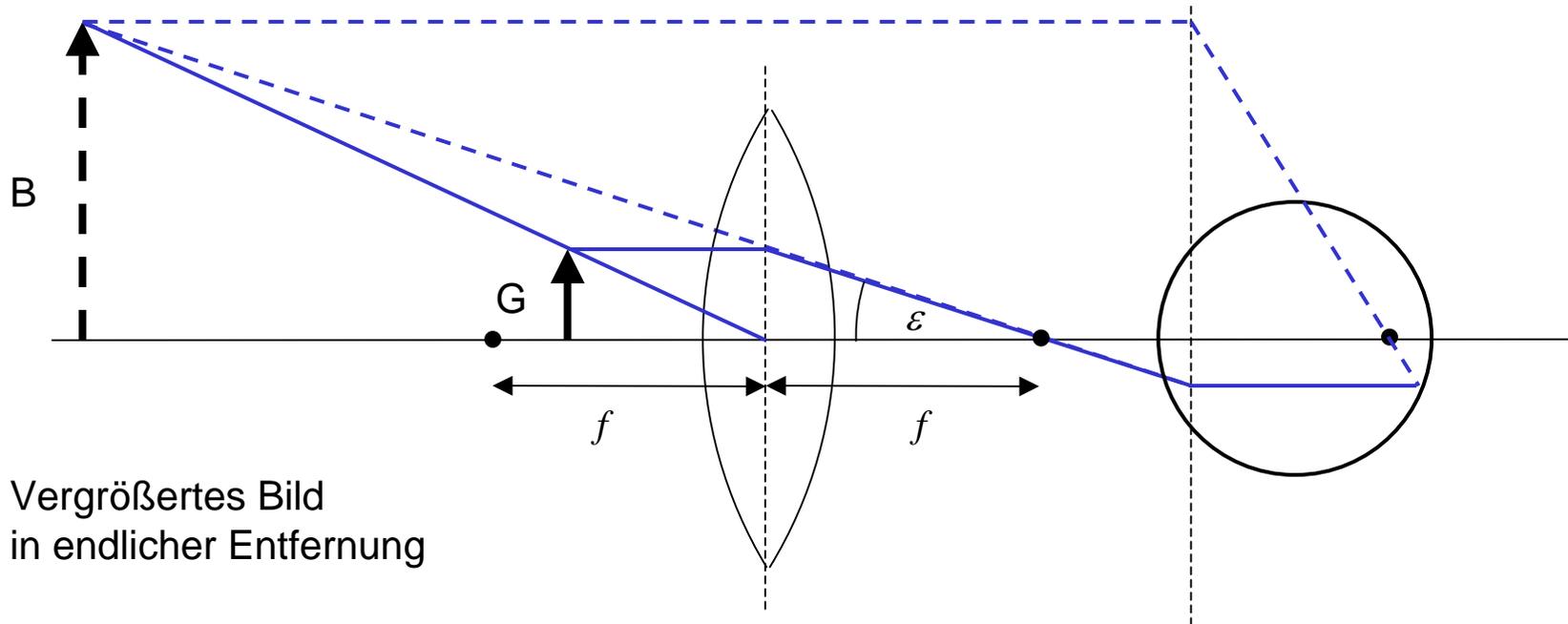
Eine Sammellinse erzeugt ein vergrößertes, virtuelles Bild von einem Gegenstand, der sich im Brennpunkt der Linse befindet.



Die Vergrößerung beträgt:

$$V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{G}{f} \frac{s_0}{G} = \frac{s_0}{f}$$

Das virtuelle Bild liegt in der Bildweite B wenn der Gegenstand zwischen Brennpunkt und Linse steht.



Vergrößertes Bild  
in endlicher Entfernung

auf Bildentfernung  
adaptiertes Auge

Bei dieser Einstellung beträgt die Vergrößerung:

$$V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{B}{b} \frac{s_0}{G}$$

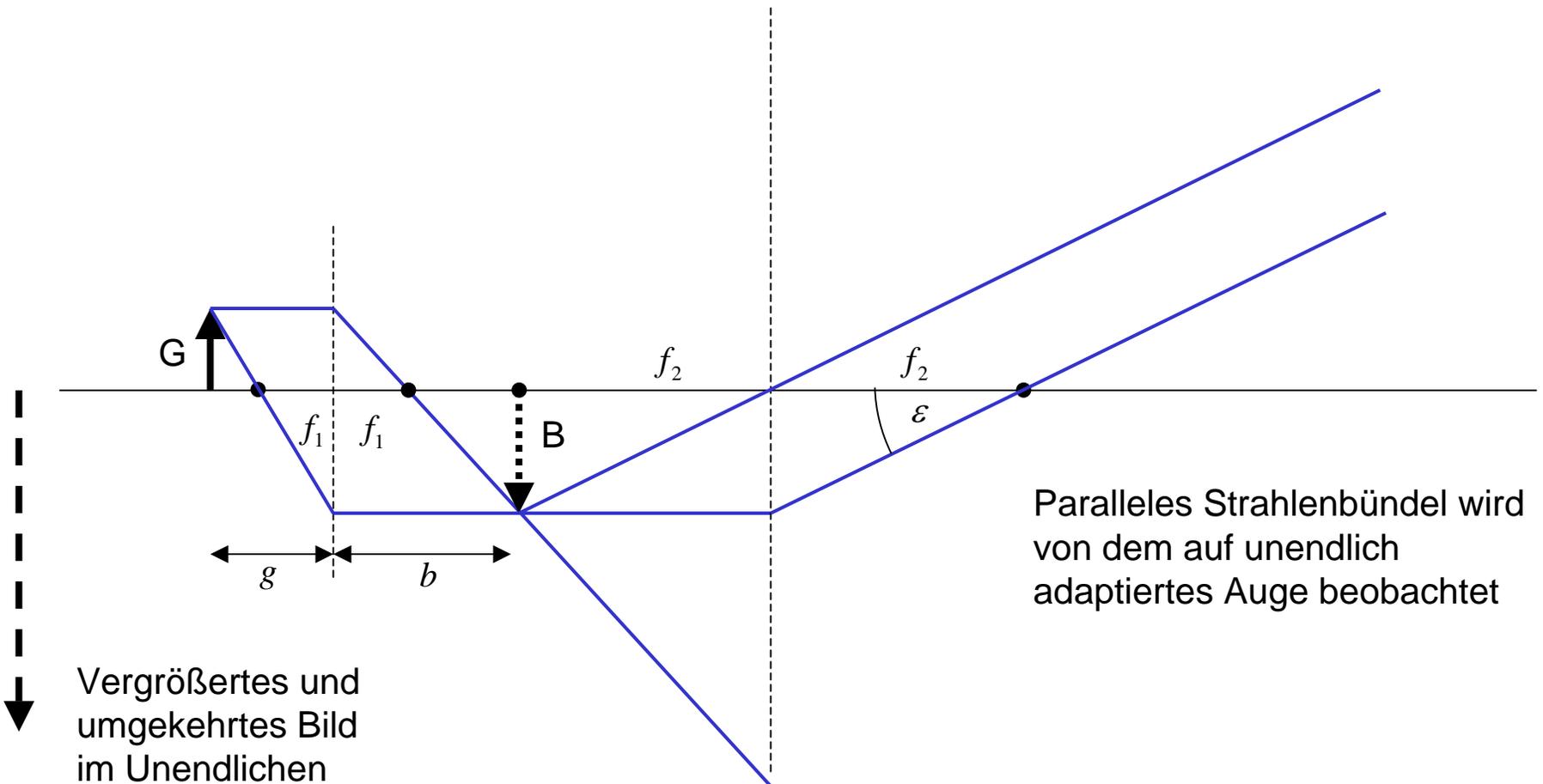
Bildgröße B zu Bildweite b verhält sich wie Gegenstandsgröße G zu Gegenstandsweite g. Also folgt:

$$V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{b}{b} \frac{s_0}{g} = \frac{s_0}{g}$$

Die Bildweite darf aber nicht zu nahe rücken, damit das Auge noch scharf darauf einstellen kann ( $b > 10\text{cm}$ ).

# Das Mikroskop

Das Mikroskop besteht aus Objektiv (nahe dem Gegenstand) und Okular (nahe dem Auge). Das Objektiv erzeugt ein reelles vergrößertes Zwischenbild. Das Okular vergrößert das Zwischenbild nochmals wie eine Lupe.



Aus der Zeichnung liest man für die erste Abbildung ab:

$$\frac{B}{G} = \frac{b}{g} = \frac{f_1}{g - f_1}$$

Für die zweite Abbildung ergibt sich:  $\tan \varepsilon = \frac{B}{f_2}$

Ohne Mikroskop wäre der Sehwinkel bei  $s_0 = 25\text{cm}$ :  $\tan \varepsilon_0 = \frac{G}{s_0}$

Für kleine Winkel erhält man die Vergrößerung:

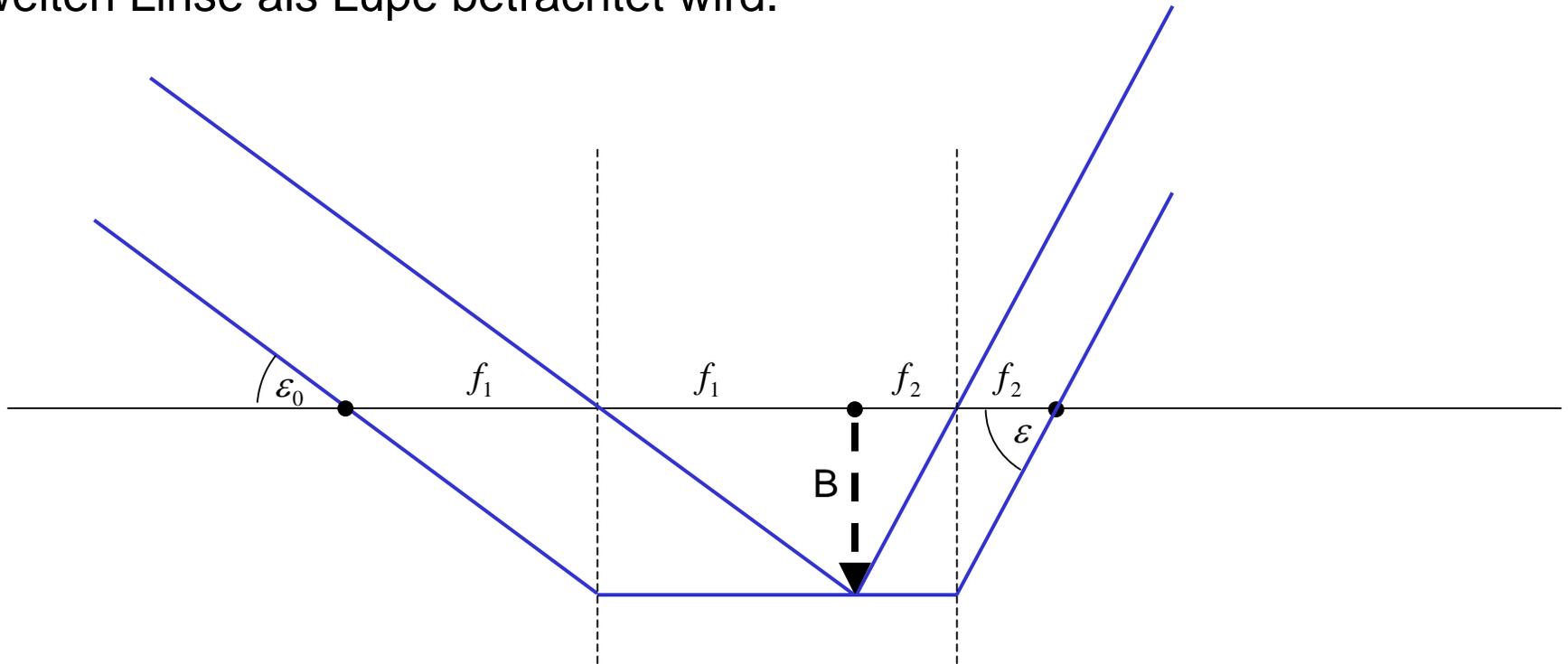
$$V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \approx \frac{\tan \varepsilon}{\tan \varepsilon_0} = \frac{B}{f_2} \frac{s_0}{G} = \frac{b}{g} \frac{s_0}{f_2}$$

Bei einem Abstand  $d = b + f_2$  der Linsen voneinander erhält man

$$V = \frac{b}{g} \frac{s_0}{f_2} = \frac{d - f_2}{g} \frac{s_0}{f_2} \approx \frac{d - f_2}{f_1} \frac{s_0}{f_2}$$

## Astronomisches Fernrohr

Die erste Linse erzeugt ein reelles, umgekehrtes Zwischenbild, das mit der zweiten Linse als Lupe betrachtet wird.

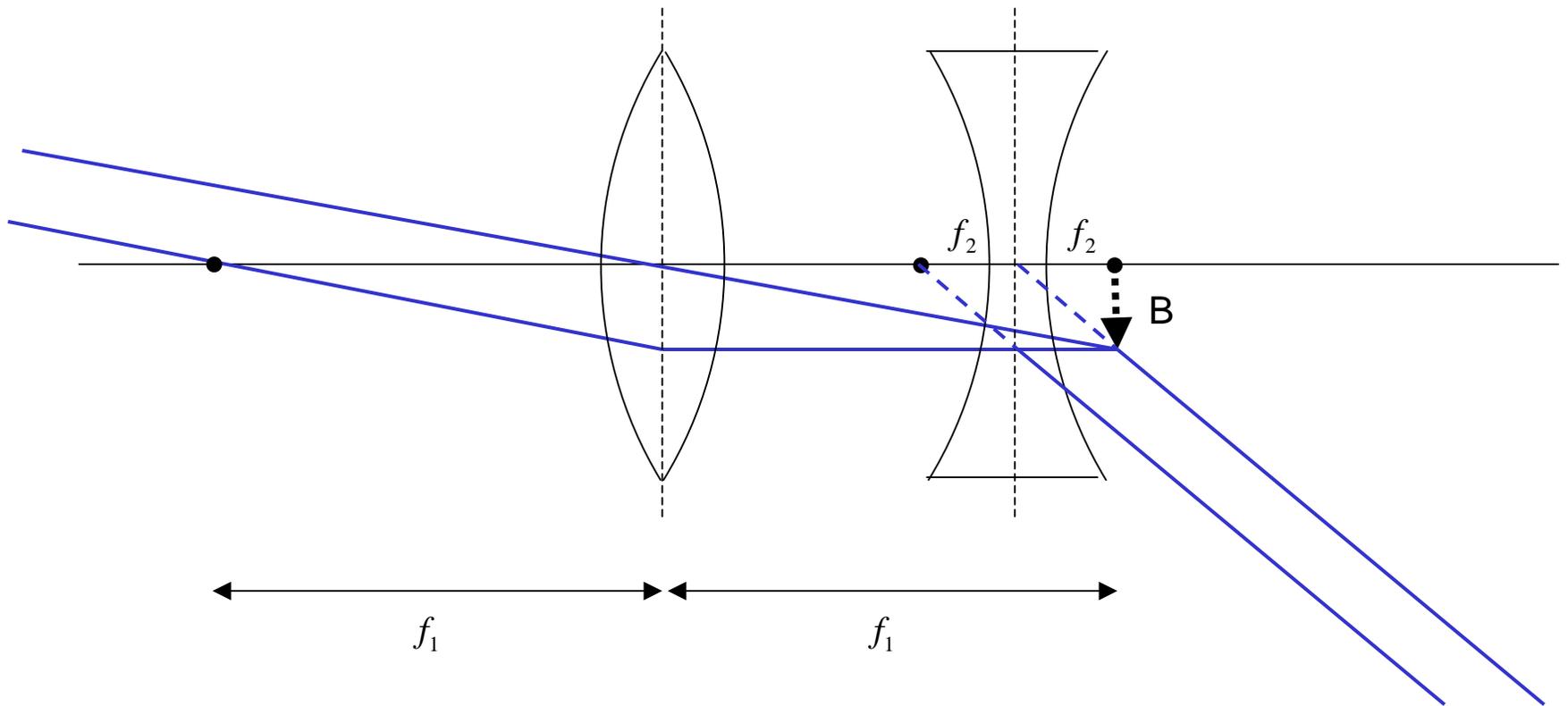


Die Vergrößerung beträgt:

$$V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \approx \frac{\tan \varepsilon}{\tan \varepsilon_0} = \frac{B}{f_2} \frac{f_1}{B} = \frac{f_1}{f_2}$$

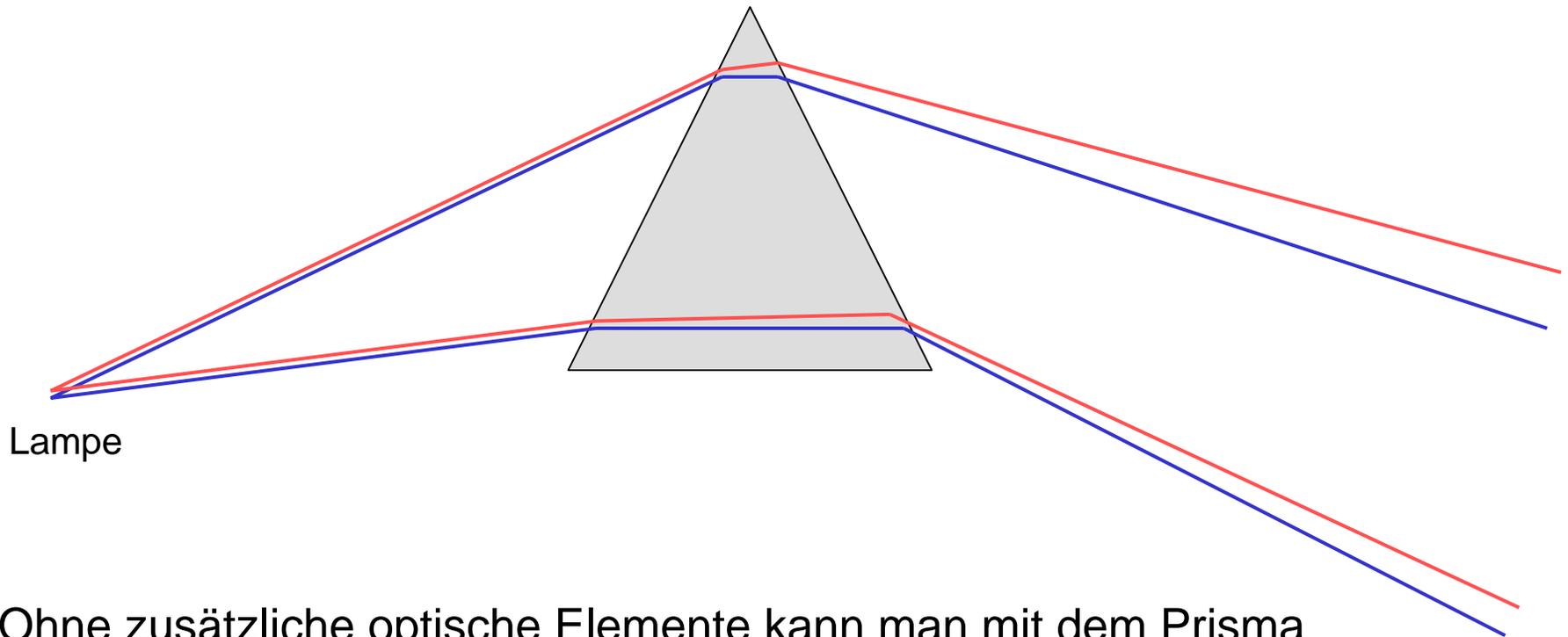
## Galileisches Fernrohr

Mit einer Sammellinse und einer Zerstreuungslinse erhält man ein aufrechtes, vergrößertes Bild.



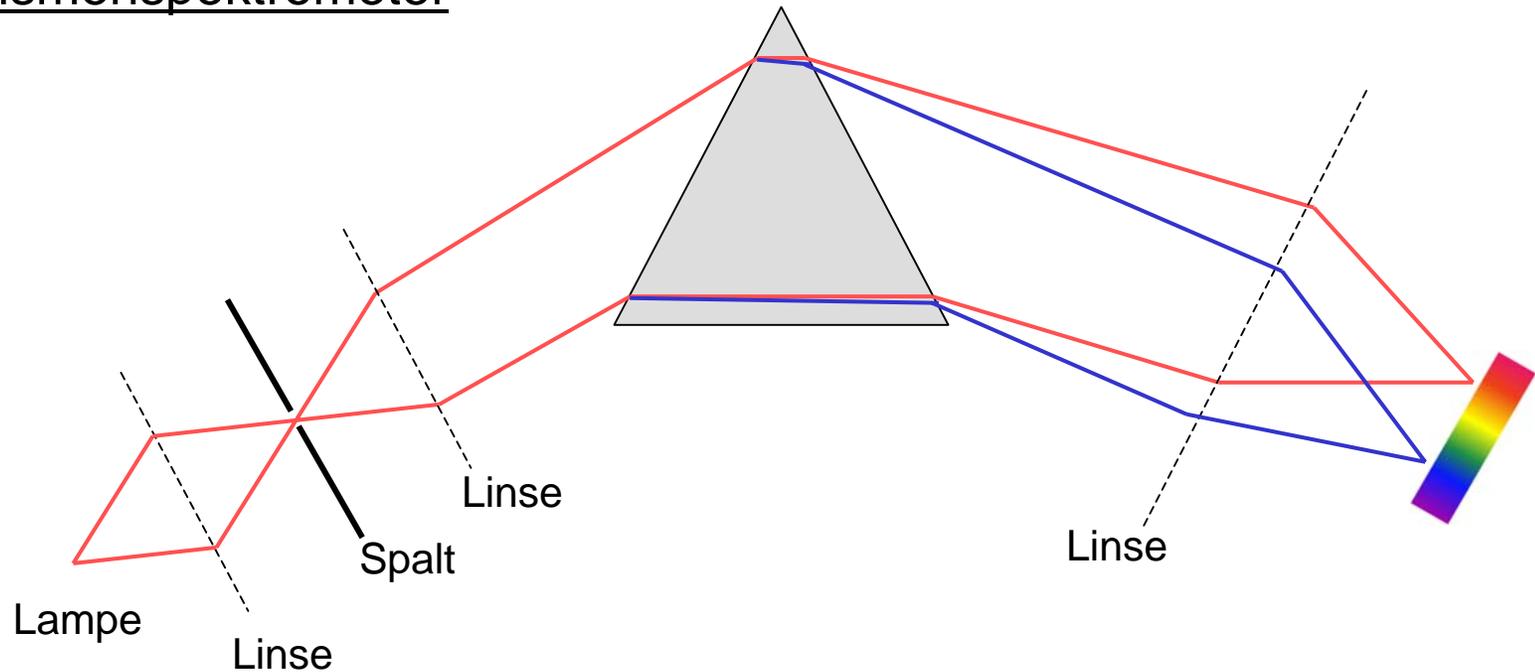
# Prismenspektrometer

Zur Messung der Intensität als Funktion von der Wellenlänge des Lichtes (=Messung eines Spektrums) verwendet man ein Prisma oder Gitter.



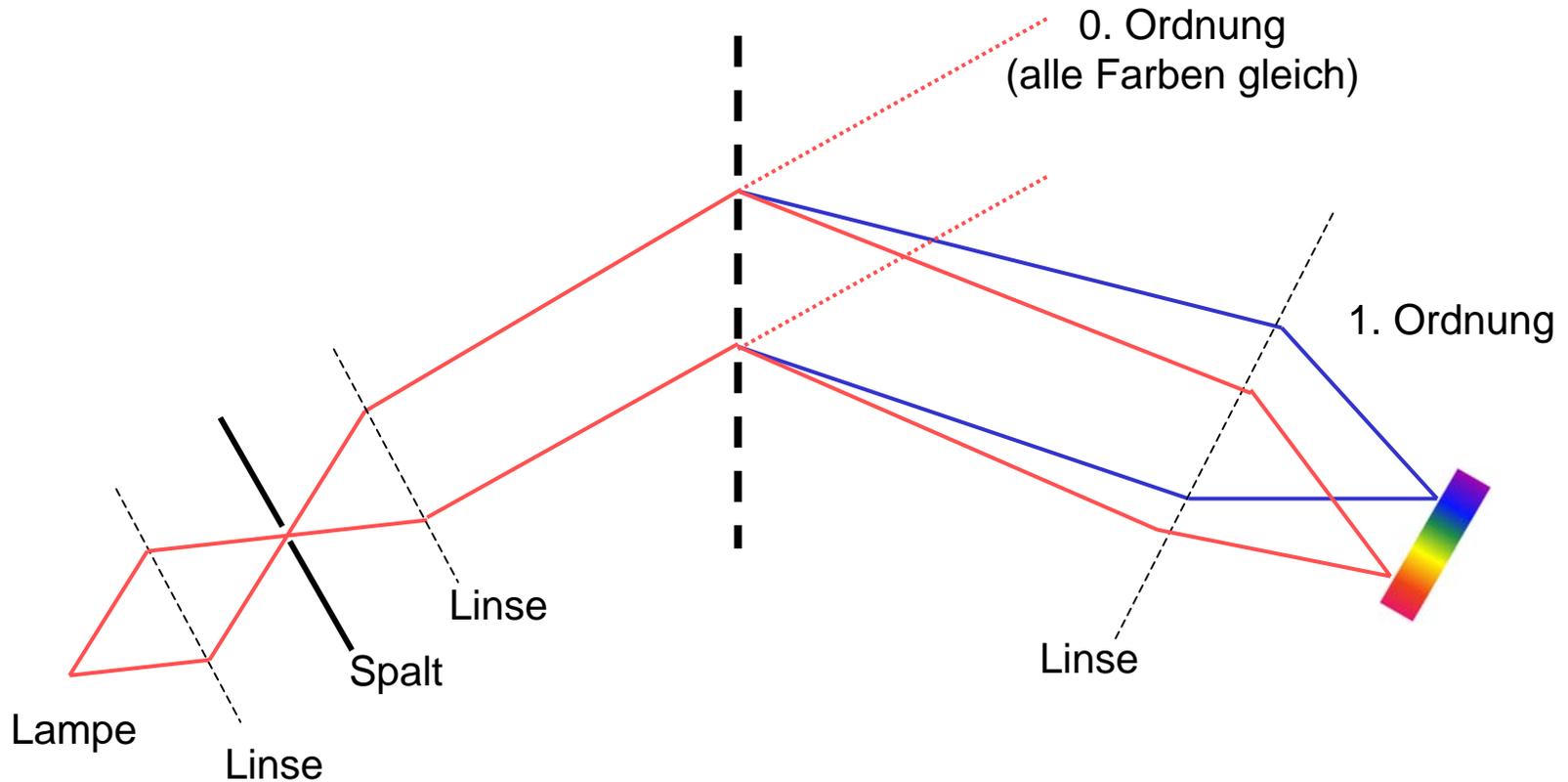
Ohne zusätzliche optische Elemente kann man mit dem Prisma nicht effektiv ein Spektrum erzeugen, da die Strahlen jeder Farbe ein stark aufgeweitetes Strahlenbündel bilden.

# Prismenspektrometer



1. Abbildung der Lichtquelle auf den Spalt zum Maximieren der Intensität
2. Erzeugung einer kleinen Quelle mit Hilfe des Spaltes
3. Erzeugung eines parallelen Strahlenbündels
4. Verschiedene Farben laufen unter verschiedenen Winkeln aus dem Prisma
5. Fokussierung jeder Farbe auf einen andern Punkt in der Brennebene  
die spektrale Auflösung ist bestimmt durch die Dispersion des Prismas  
und die Spaltbreite.

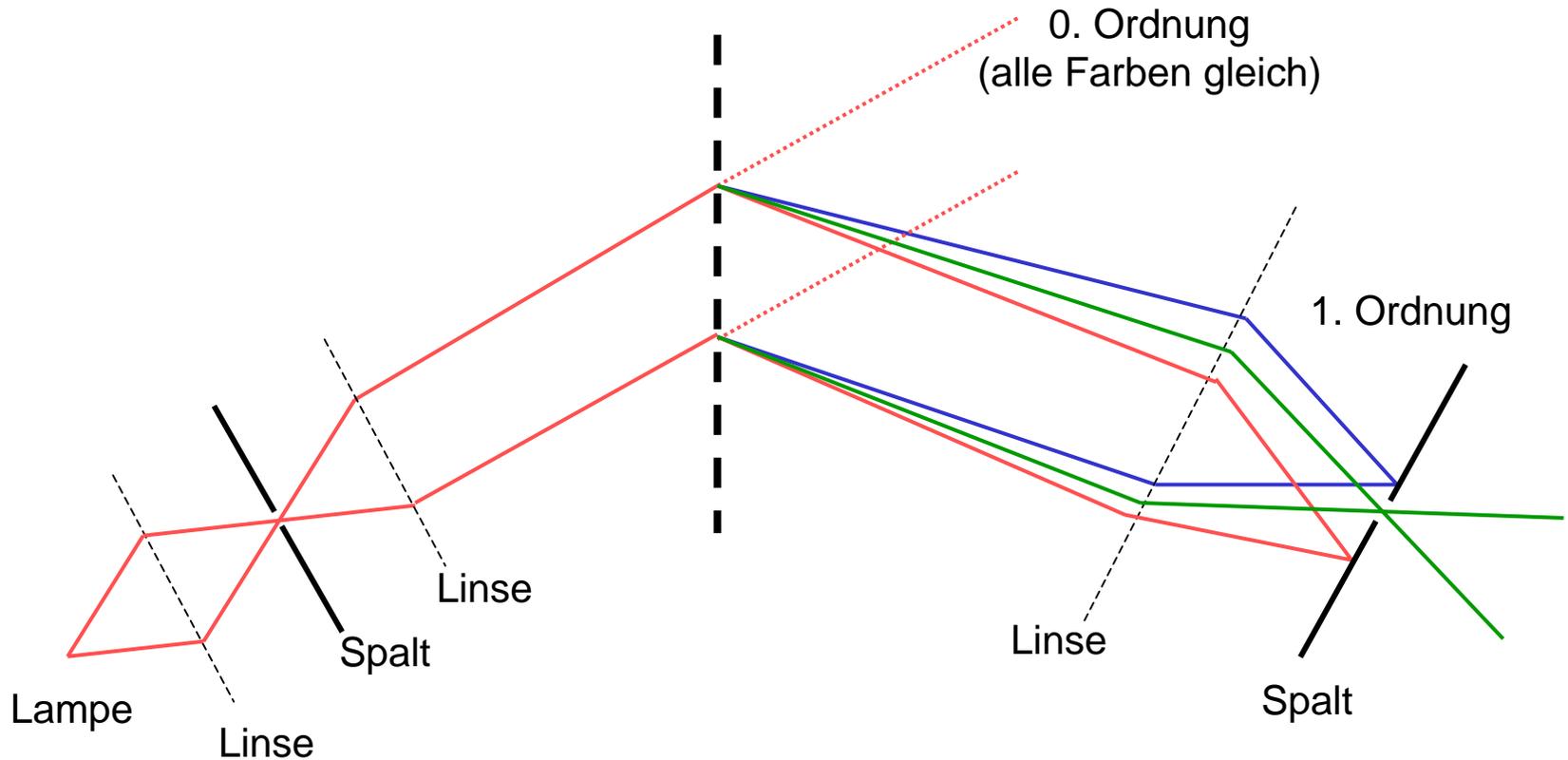
# Gitterspektrometer



Blaues Licht wird schwächer gebeugt als rotes.

Die Auflösung ist bestimmt durch Kohärenzlänge, Anzahl der Striche, Breite des Eintrittsspalt und Anzahl der Striche pro mm.

# Gittermonochromator



Nur das Licht einer Farbe wird durch den Austrittsspalt hindurchgelassen.

Gittermonochromatoren können auch für UV-Licht und Röntgenstrahlen verwendet werden für die keine durchsichtigen Materialien mit Dispersion existieren.