

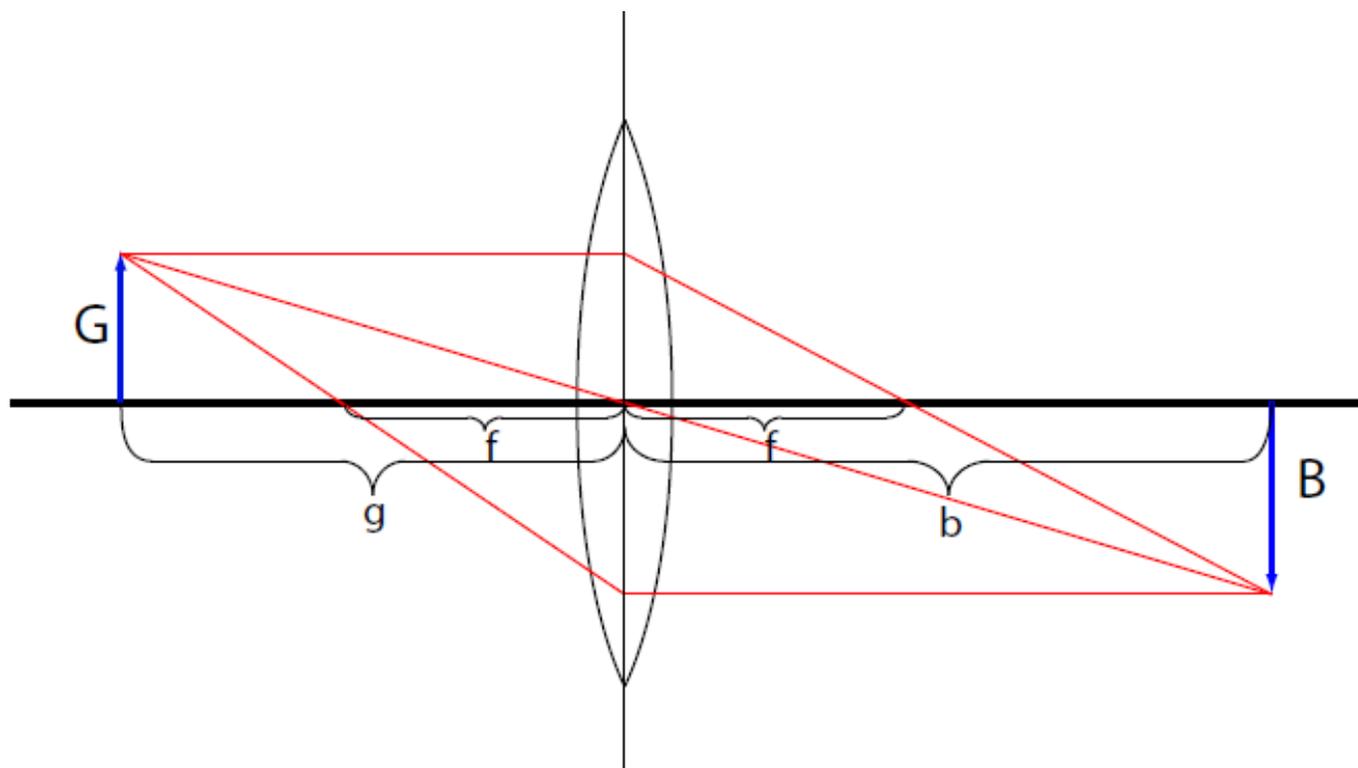
PN2 – Übung

**17.07.2020**

## Aufgabe 1

**Linsengleichung.** Ein Gegenstand  $G$  soll mit einer dünnen Linse 10-fach vergrößert auf einen Schirm abgebildet werden.

- a) Finden Sie Ausdrücke für die Bildweite  $b$  und die Gegenstandsweite  $g$  in Abhängigkeit von der Brennweite  $f$  und der Vergrößerung  $V$ . (Beginnen Sie mit der Linsengleichung.)



a) Die Linsengleichung ist gegeben durch:

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

Für die Vergrößerung gilt mit dem Strahlensatz:

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

Multiplizieren der Linsengleichung mit  $b$  liefert:

$$\frac{b}{f} = 1 + V \rightarrow b = (1 + V) \cdot f$$

analog liefert multiplizieren mit  $g$ :

$$g = \left(1 + \frac{1}{V}\right) \cdot f$$

b) Die Linse hat eine Brennweite von  $f = 120$  mm Berechnen Sie  $b$  und  $g$ .

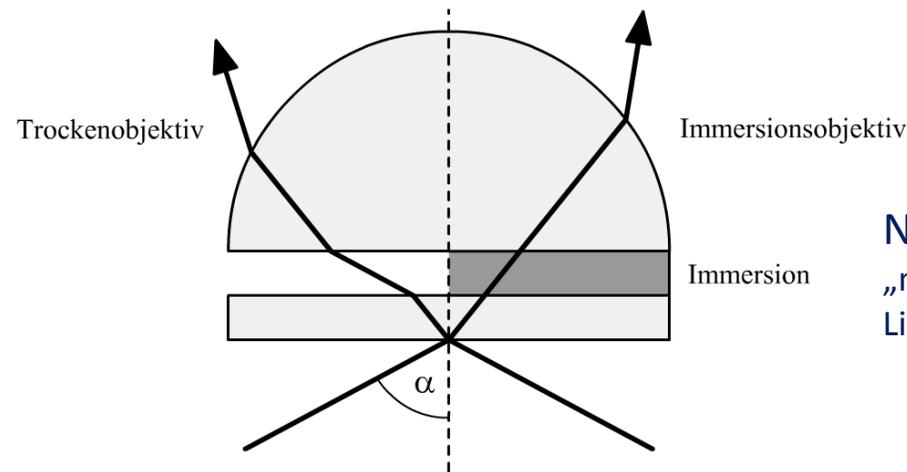
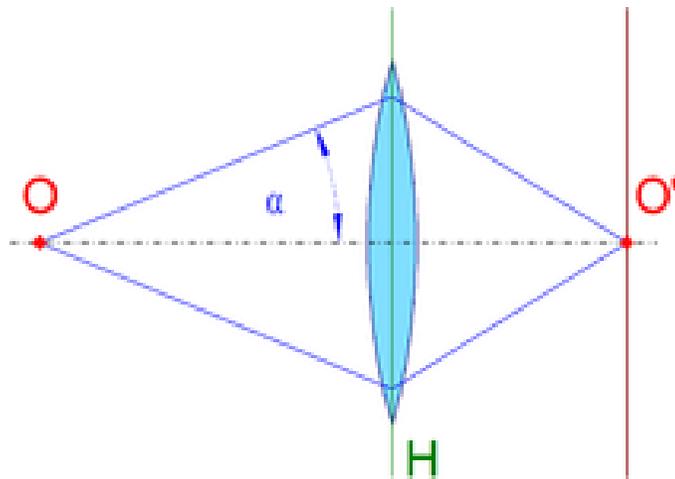
$$g = \left(1 + \frac{1}{V}\right) \cdot f = \left(1 + \frac{1}{10}\right) \cdot 120 \text{ mm} = \underline{\underline{132 \text{ mm}}}$$

$$b = (1 + V) \cdot f = 11 \cdot f = \underline{\underline{1320 \text{ mm}}}$$

## Aufgabe 2

**Auflösungsvermögen.** Unter dem Auflösungsvermögen eines Mikroskops versteht man das Vermögen, im mikroskopischen Bild zwei Objekte noch als getrennt voneinander wahrnehmen zu können. Die numerische Apertur bestimmt direkt das Auflösungsvermögen - je größer die numerische Apertur, desto besser das Auflösungsvermögen.

- a) Wie ist die numerische Apertur definiert? Erklären Sie mit Hilfe einer Skizze die numerische Apertur und den Unterschied zwischen einem Trocken- und Immersionsobjektiv.



$$d = \frac{\lambda}{2n \cdot \sin \alpha} = \frac{\lambda}{2 \text{ N. A.}}$$

N.A. = Numerische Apertur  
„minimale Größe des in seinem Fokus erzeugbaren Lichtflecks“

a) Die numerische Apertur ist ein Hinweis auf das Auflösungsvermögen eines Objektivs. Vereinfacht ausgedrückt ist das Auflösungsvermögen eines Objektivs davon abhängig, wie viel Licht von einer Struktur des Präparates in das Objektiv gelangt. Diese Lichtmenge ist abhängig vom Öffnungswinkel des Objektivs. Je größer der Öffnungswinkel ist, desto besser löst ein Objektiv die Details eines Präparates auf. Definiert wird die numerische Apertur durch die Formel:

$$NA = n \cdot \sin \alpha$$

mit  $NA$ : numerische Apertur;  $n$ : Brechzahl des Mediums zwischen Deckglas und Frontlinse des Objektivs;  $\alpha$ : halber Öffnungswinkel des Objektivs.

b) Wie ist die theoretisch erreichbare Auflösung in der Lichtmikroskopie definiert und wie groß muss der minimale Abstand  $d_{min}$  zwischen zwei Objektpunkten sein, damit diese noch als getrennte Punkte aufgelöst werden können?

Die theoretisch erreichbare Auflösung wird definiert durch das Abbesches Auflösungslimit:

$$d_{min} = \frac{\lambda}{2 \cdot NA}$$

Bei der Verwendung von grünem Licht ( $\lambda = 550nm$ ) und einem Immersionsobjektiv mit einer numerische Apertur  $NA$  von 1.4 (höchste verfügbare numerische Apertur) kommt man auf einen minimalen Abstand von  $d_{min} \approx 200nm$ .