

Fernrohrlupe

Wenn ein Objekt im Arbeitsbereich vergrößert werden soll und der Arbeitsabstand grösser sein muss als eine reine Lupe zulässt, dann kann eine **Kombination von Fernrohr und Lupe** eingesetzt werden. Diese Kombination wird Fernrohrlupe genannt. Sie ermöglicht eine hohe Vergrößerung bei gleichzeitig grossem Arbeitsabstand.

Als Fernrohrteil sind sowohl ein Galilei wie auch ein Keplersystem (mit Umkehrsystem natürlich) denkbar. Bei höheren Vergrößerungen kommen wegen der besseren Abbildung fast immer Kepler-Systeme zum Einsatz.

Die Fernrohrlupe ist grundsätzlich ein Nahinstrument. Bei der Vergrößerung wird also das Bild mit Instrument gegenüber dem Objekt ohne Instrument in der **Bezugssehweite ($a_0 = 250\text{mm}$)** Entfernung verglichen. Da nach dem Lupen-Teil ein normales Fernrohr folgt ist die Gesamtvergrößerung das Produkt von Lupe und Fernrohr.

$$\Gamma'_{FRL} = \Gamma'_N \cdot \Gamma'_{FR} = \frac{D_{Lupe}}{4} \cdot \frac{f'_{Obj}}{-f'_{Ok}}$$

Es sind zwei grundsätzliche Typen denkbar: entweder wird eine Lupe vorgeschaltet – oder ein Fernrohr entsprechend ausgezogen.

Fernrohr mit vorgeschalteter Lupe

Dabei wird vor ein normales Fernrohr eine schwache Lupe vorgesetzt. Das Objekt muss in der Brennweite dieser Vorsatzlupe sein. Nach der Vorsatzlupe verläuft das Licht parallel und wird vom Fernrohr wie üblich vergrößert. Bei diesem Aufbau sind mindestens drei Linsen nötig (Lupe, Objektiv, Okular). Meistens ist aber noch ein Umkehrsystem eingebaut.

Skizze

Der freie Arbeitsabstand ist gleich der Brennweite der Vorsatzlupe. Die Länge des Instrumentes ist wie beim normalen Fernrohr 8cm (wenn die Linsen unendlich dünn angenommen werden, sonst kommt natürlich die Dicke der Lupe hinzu).

Fernrohr mit Auszug

Natürlich kann auch ein normales zweilinsiges Fernrohr soweit ausgezogen werden damit nahe Objekte beobachtet werden können.

Durch den Auszug wird das Objektiv zu stark, d.h. bei einem Objekt im Unendlichen entsteht das Zwischenbild auf F_{OK} des Okulars.

Für die Berechnung teilen wir gedanklich das Objektiv in einen „Lupenteil“ und in einen „Objektivteil“ auf. Der Objektivteil würde das Objekt (aus dem Unendlichen) auf F_{OK} abbilden und die restliche Brechkraft des Objektivs (=Lupenteil) wirkt als Lupe.

Skizze

Mit der gleichen Überlegung lässt sich bei einem gegebenen Arbeitsabstand den Auszug berechnen:

Bei der Annahme von einem Arbeitsabstand von 10cm muss der „Lupenteil“ eine Brennweite von 10dpt aufweisen. Wenn das Objektiv eine Brechkraft von 20dpt besitzt bleiben jetzt nur noch 10dpt für den Fernrohrteil übrig. Von der neuen Brennweite von 10cm wird die ursprüngliche Brennweite von 5cm abgezogen und erhält den Auszug des Okulars.

Skizze

Berechnung:

$$\Gamma'_{FL} = V_{Lupe} \cdot V_{Fernrohr} = \frac{D_{Lupe}}{4} \cdot \frac{f'_{Obj}}{-f'_{OK}} = \frac{10}{4} \cdot \frac{0.1}{-0.02} = \underline{\underline{-12.5x}} \quad (\text{mit Umkehrsystem positiv})$$

...oder natürlich mit Gullstrand/4 oder einer beliebigen Mikroskop-Formel