

Optisches Auflösungsvermögen

Ein Mikroskop oder auch ein Fernrohr bestehen aus jeweils einem **Objektiv** und einem **Okular**. **Objektiv** und **Okular** sind beides Linsensysteme, wobei das **Okular** vor dem Auge des Betrachters und das **Objektiv** vor dem Objekt liegt. Die Linsen dieser Linsensysteme besitzen natürlich eine Fassung bzw. eine Umrandung, welche wie eine **Kreisblende** wirkt, die ähnlich einem Spalt auch eine Beugung der Lichtstrahlen bewirkt. Für jeden **Objektpunkt** entsteht ein **Beugungsscheibchen**.

Sind 2 Punkte nahe beieinander, so kann es passieren, dass sich ihre **Beugungsscheibchen** überlagern und sie nicht mehr trennbar sind. Dies ist dann der Fall, wenn der Abstand der beiden Scheibchen (also auch der Abstand der 0. Maxima) kleiner als der Abstand zwischen 0. Maximum und 1. Minimum ist.

Das **optische Auflösungsvermögen** eines optischen Gerätes ist der kleinste Abstand Δx zweier noch trennbarer Punkte oder, falls man die Entfernung der Punkte zum Betrachter nicht kennt, der beobachtete Winkelabstand $\delta\phi$ zwischen den beiden gerade noch trennbaren Punkten.

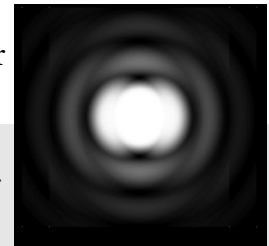


Bild 1. Nicht mehr trennbare Einzelpunkte

Will man das **optische Auflösungsvermögen** eines Mikroskops bestimmen, so reicht es aus, dass **Objektiv** zu betrachten, da das **Okular** Unschärfen des **Objektivs** nicht ausgleichen kann und somit vernachlässigt werden kann.

Für eine **Kreisblende** gelten nicht die gleichen Formeln wie beim **Einfachspalt** und ihre Herleitung ist weitaus komplizierter. Die Formel zur Berechnung des Winkels zwischen 0. Maximum und 1. Minimum ist:

$$d \cdot \sin \alpha_1 = 1,219 \cdot \lambda \Leftrightarrow \sin \alpha_1 = 1,219 \cdot \frac{\lambda}{d}$$

α_1 ist gerade der Scheitelwinkel von $\delta\phi$, und da außerdem der Winkel der Wellenlänge des Lichtes wegen nur sehr klein sein kann ($\lambda \ll d$), kann man die **Kleinwinkelnäherung** benutzen um festzustellen:

$$\delta\phi \approx 1,219 \cdot \frac{\lambda}{d}$$

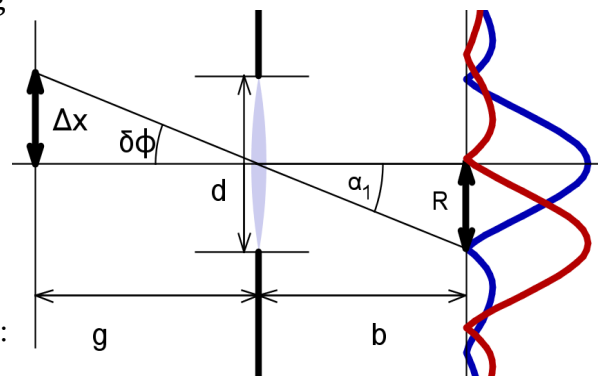


Bild 2. Skizze zur Berechnung des Auflösungsvermögens

Um den kleinsten Abstand Δx zu bestimmen, braucht man den Abstand zwischen **Objektebene** und **Kreisblende**, welcher beim Mikroskop gerade der **Brennweite** f des **Objektivs** entspricht. Man kann dann Δx ausdrücken durch:

$$\frac{\Delta x}{b} = \frac{\Delta x}{f} = \tan \delta\phi \stackrel{\text{mit } \tan x \approx x \text{ für kleine } x}{=} 1,219 \cdot \frac{\lambda}{d} \Leftrightarrow \Delta x = 1,219 \cdot \frac{f}{d} \cdot \lambda$$

Die Konstante f/d bezeichnet man auch als **numerische Apertur** einer Linse und kann in modernen Mikroskopen bestenfalls ca. 0,8 betragen. Eingesetzt in obige Formel ergibt dies:

$$\Delta x = 1,219 \cdot 0,8 \cdot \lambda \approx \lambda$$

Das maximale optische Auflösungsvermögen eines Mikroskops entspricht also ungefähr der zur Betrachtung verwendeten Wellenlänge.

Bei sichtbarem Licht mit der Wellenlänge von ca. 500 nm , ergibt dies also folglich eine maximale Auflösung von $0,5 \mu\text{m}$. Um bessere Auflösungen zu erreichen muss man beschleunigte Elektronen benutzen, da deren **Materiewellenlänge**, die des sichtbaren Lichts unterschreitet.

Diese Eigenschaft wird in **Elektronenmikroskopen** genutzt, um noch bessere Auflösungen zu erreichen.