

Einführung in die Optik

Als Optik bezeichnet man die Lehre vom Licht, wobei uns in diesem Praktikum insbesondere derjenige Teil des elektromagnetischen Spektrums interessiert, der mit dem menschlichen Auge wahrgenommen werden kann.

Die Wellenlänge λ , die Frequenz ν und die Ausbreitungsgeschwindigkeit c elektromagnetischer Wellen (*Lichtgeschwindigkeit*) hängen über die folgende Beziehung zusammen:

$$c = \lambda \nu$$

Die Lichtgeschwindigkeit c hat im Vakuum einen Wert von etwa

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Zusammenstellung wichtiger Begriffe der Optik

Das elektromagnetische Spektrum

Die Einordnung der optischen Erscheinungen in das Gesamtbild der elektromagnetischen Wellen soll das folgende *Spektrum* veranschaulichen:

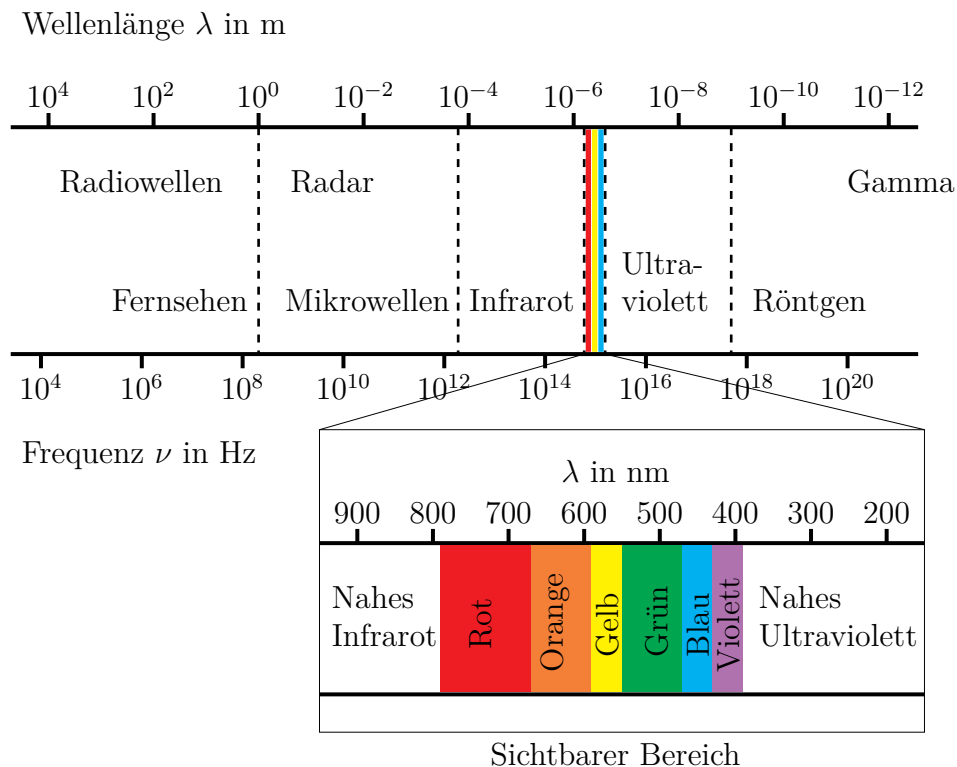


Abbildung 1: Elektromagnetisches Spektrum

Die Optik wird nach Entstehung des Lichtes und nach Beschreibung seiner Ausbreitung sowie nach den verschiedenen Nachweismethoden in drei Gebiete gegliedert:

Geometrische Optik - Klassische Optik I

Sie beschreibt die Lichtausbreitung durch geradlinige Strahlen. Grundlegende Erscheinungen sind hierbei Reflexion und Brechung. Die zugehörigen Gesetze sind die Grundlage der optischen Abbildung, insbesondere die Linsengleichung. Sie sind die Grundlage zur Berechnung und Entwicklung der meisten optische Geräte.

Alle auf Dispersion beruhenden Erscheinungen können in Rahmen der geometrischen Optik beschrieben werden, ohne dabei jedoch die Dispersion selbst zu erklären.

Weiterhin werden die bei der Realisierung optisch abbildender Systeme auftretender Fehler untersucht, wo allerdings häufig wellenoptische Einflüsse berücksichtigt werden müssen. Beispielsweise legt bei hochauflösenden optischen Geräten die Erscheinung der Beugung die Auflösungsgrenze fest.

Wellenoptik - Klassische Optik II

Sie erklärt die Phänomene von Beugung, Interferenz und Polarisierung des Lichtes aufgrund seiner Betrachtung als Welle, sowie alle mit diesen Begriffen zusammenhängenden Erscheinungen. Hilfreich hierbei ist die Anwendung des Huygens - Fresnel'schen Prinzips.

Quantenoptik

Sie behandelt die Entstehung des Lichtes, seine Ausbreitung und seine Wechselwirkung mit Materie. Dabei wird der Begriff des Lichtes als Teilchenstrom bestehend aus Quanten(= Photonen) zur Beschreibung der Erscheinungen verwendet.

Notwendig wurde diese Art der Beschreibung des Lichtes unter anderem zum Verständnis des Photoeffekt.

Welle-Teilchen Dualismus

Eine Welle ist vollständig durch die Angabe von *zwei* Größen beschrieben, diese sind die Wellenlänge λ und die Frequenz ν . Ein Teilchen ist ebenfalls vollständig durch die Angabe von *zwei* Größen charakterisiert, Energie E und Impuls \vec{p} . Es lassen sich beim Übergang von der Wellen- zur Quantenoptik und umgekehrt einerseits die Größen ν und E , andererseits die Größen λ und p ineinander überführen.

Welche theoretische Betrachtungsweise des Lichtes zur Erklärung der beobachteten Phänomene herangezogen werden muss, hängt allein von der Art des Nachweises ab!

Theoretische Grundlagen dünner Linsen

Die vollständige Beschreibung aller Lichterscheinungen kann nur durch die Quantenoptik geleistet werden. Falls auf die quantenmechanische Beschreibung von Absorptions-, Emissions- und Streuvorgängen verzichtet wird, kann man mit dem Modell der Lichtwellen alle optischen Effekte wie Abbildungen, Beugung, Brechung und Interferenz beschreiben. In sehr vielen praktisch vorkommenden Fällen (Beispiele: Fotoapparat, Lupe, Projektionsapparat, Fernrohr, Mikroskop) kann man in einem weiteren Näherungsschritt die Ausbreitung des Lichts in homogenen Medien durch Lichtstrahlen (\rightarrow Geraden) darstellen. Beugung und Interferenz als typische Effekte der Wellennatur des Lichts bleiben dann aber unberücksichtigt.

Die Brechung von Lichtstrahlen an der Grenzfläche zwischen zwei unterschiedlichen Medien wird phänomenologisch durch das Brechungsgesetz (siehe (1)) beschrieben. Diese Art der Beschreibung der Lichtausbreitung nennt man geometrische Optik. Abweichungen von der tatsächlichen Lichtausbreitung können vernachlässigt werden, wenn die im Strahlengang auftretenden Lichtbündeldurchmesser sehr groß gegen die Lichtwellenlänge (etwa $0.5 \mu\text{m}$) sind. Diese Bedingung ist im vorliegenden Versuch gut erfüllt.

Brechungsgesetz

Fällt ein Lichtstrahl (oder ein Strahlenbündel) aus einem homogenen Medium 1, in dem die Lichtausbreitungsgeschwindigkeit c_1 ist, schräg auf die Trennfläche zu einem anderen homogenen Medium 2 (Lichtausbreitungsgeschwindigkeit c_2), so wird der Lichtstrahl an der Trennfläche zwischen beiden Medien gebrochen, d. h. die in Abbildung 2 angegebenen, jeweils zum Einfallslot gemessenen Winkel α und β sind verschieden.

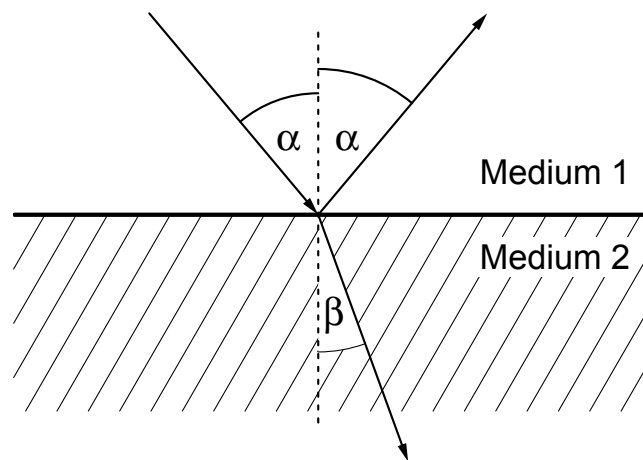


Abbildung 2: Brechung und Teilreflexion eines Lichtstrahls an der Grenzfläche zweier homogener Medien.

Das Gesetz über dieses Brechungsverhalten — ausgedrückt durch die Lichtgeschwindigkeiten c_1 im Medium 1 und c_2 im Medium 2 — wurde etwa 1650 von Fermat gefunden und von ihm aus dem „Prinzip des kürzesten Lichtwegs“ geschlossen. Dieses Prinzip besagt, dass von allen möglichen Wegen, die das Licht zwischen zwei Punkten nehmen könnte, es denjenigen nimmt, der die kürzeste Laufzeit erfordert. Quantitativ lässt sich dieses Prinzip durch das Brechungsgesetz ausdrücken:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (1)$$

Mit c_0 als Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts im Vakuum definiert man als Brechungsindex n_1 des Mediums 1 die Größe

$$n_1 = \frac{c_0}{c_1}. \quad (2)$$

Als Beispiel sind einige Brechungsindizes (per Definition $n_0 = 1$) in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Brechzahlen n bei $\lambda = 589.3$ nm (gelbe Natriumlinie).

Material	Brechungsindex n
Luft (0°C, 1013 hPa)	1.00029
Wasserstoff (0°C, 1013 hPa)	1.00014
Wasser (20°C)	1.333
Ethanol (20°C)	1.362
Glycerol (20°C)	1.455
Immersionsöl (20°C)	1.7
Fensterglas (20°C)	≈ 1.51
Quarzglas (20°C)	1.459
Diamant (20°C)	2.417

Linsen

Die Wirkung von Linsen beruht auf der Brechung des Lichts an ihren Grenzflächen. Optische Linsen sind lichtdurchlässige, von zwei gewölbten Flächen begrenzte Körper. Sie bestehen im Allgemeinen aus Glas oder Kunststoff und sind meist durch Kugelflächenausschnitte begrenzt (siehe Abbildung 3). Die optische Achse verbindet die Mittelpunkte der beiden Kugeln und schneidet die Linsenflächen in den Punkten S_1 und S_2 . Die Strecke $\overline{S_1S_2}$ heißt Dicke der Linse.

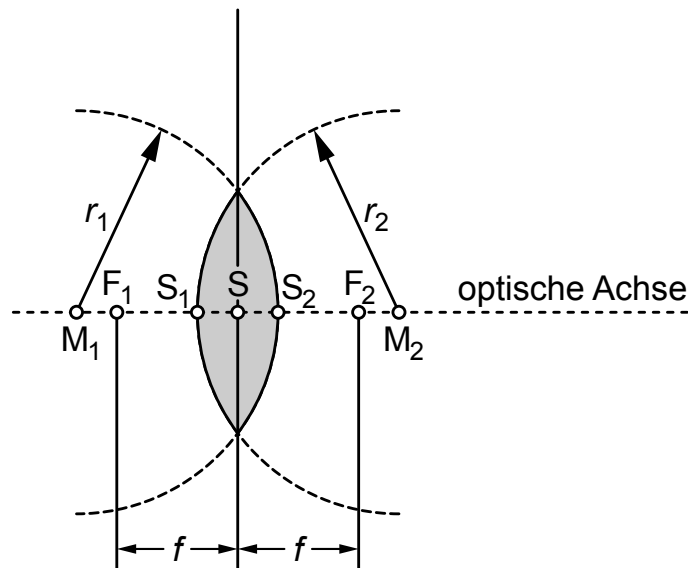


Abbildung 3: Konstruktion einer Konvexlinse.

Von dünnen Linsen spricht man, wenn ihre Dicke $\overline{S_1S_2}$ klein gegenüber den Kugelradien ist. Man unterscheidet Konvexlinsen (bei ihnen ist die Mitte dicker als der Rand) und Konkavlinsen (bei ihnen ist die Mitte dünner als der Rand).

Konvexlinsen (auch Sammellinsen genannt) fokussieren ein achsenparallel einfallendes Lichtbündel in den auf der anderen Seite der Linse liegenden Brennpunkt F_2 auf der optischen Achse (siehe Abbildung 4). Die Entfernung von der Linsenmitte zum Brennpunkt heißt Brennweite f (entspricht $\overline{SF_2}$ in Abbildung 3). In gleicher Entfernung gibt es auf der anderen Seite einen Brennpunkt F_1 .

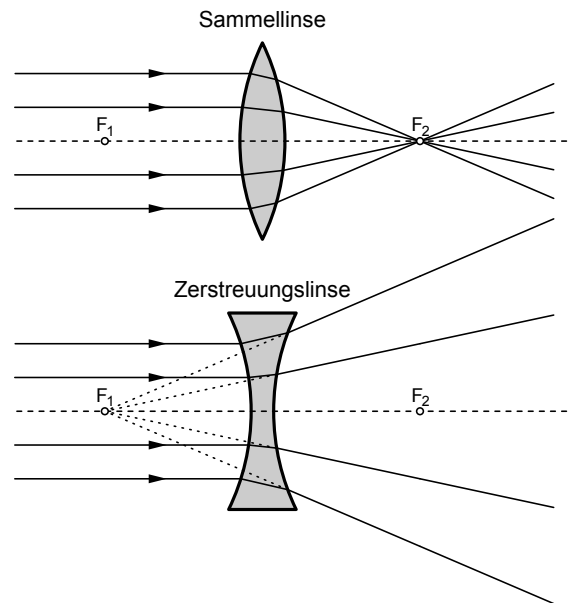


Abbildung 4: Strahlengang eines achsenparallelen Strahlbündels durch eine Konvexlinse (oben) und eine Konkavlinse (unten).

Durch Konkavlinsen werden achsenparallel einfallende Strahlen zerstreut. Daher nennt man diese Linsen auch Zerstreuungslinsen. Die gebrochenen Strahlen scheinen von einem Punkt F_1 her zu kommen, der auf derselben Seite der Linse wie die ankommenden Lichtstrahlen liegt. Der Punkt F_1 und der zu ihm symmetrisch liegende Punkt F_2 heißen auch hier („scheinbare“) Brennpunkte. Man ordnet Zerstreuungslinsen negative Brennweiten zu.

Beim Ausgleich der in der Einleitung erwähnten Augenfehler spielen die Eigenschaften von Konvex- und Konkavlinsen eine entscheidende Rolle. Können Sie sich denken, welche Linse das kurzsichtige und welche Linse das weitsichtige Auge korrigieren kann?

Bildkonstruktion an einer dünnen Sammellinse

Ein Gegenstand in der Gegenstandsweite a wird durch eine Konvexlinse in ein Bild in der Bildweite b abgebildet (siehe Abbildung 5).

Zur Konstruktion wählt man Strahlen, deren Brechung nach Definition der Sammellinse bekannt ist. Ein achsenparalleler Strahl durch A trifft die Linsenebene beim Punkt A' und geht nach der Brechung durch F_2 . Ein Strahl von A durch F_1 (Brennstrahl) trifft die Linsenebene bei B' und wird zu einem ausgehenden achsenparallelen Strahl gebrochen. Beide Strahlen schneiden sich im Bildpunkt B . Ein Mittelpunktstrahl verläuft ungebrochen von A nach B . Aus

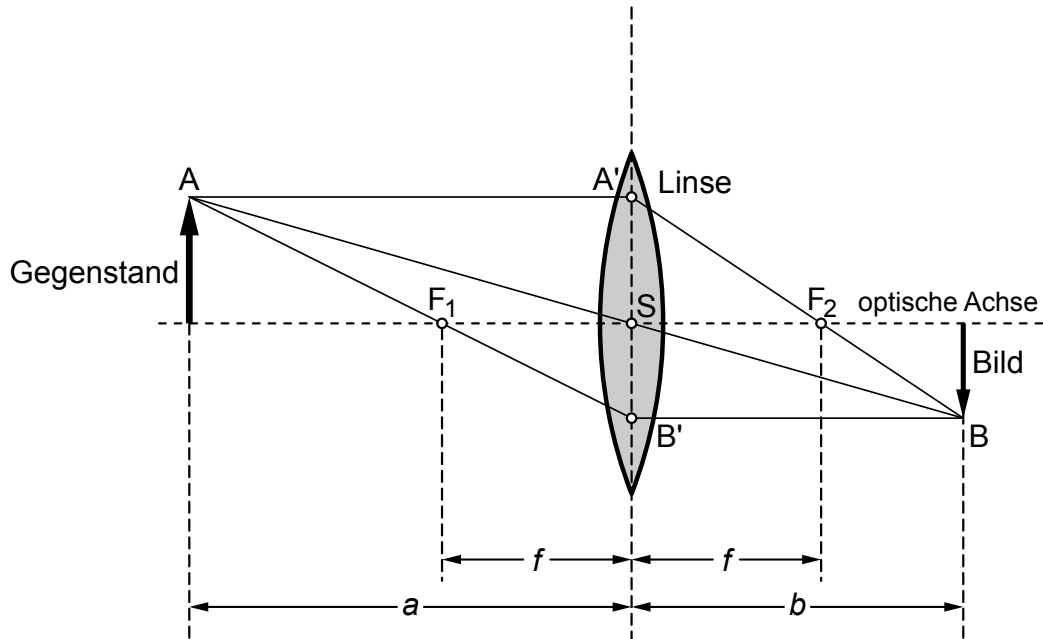


Abbildung 5: Bildkonstruktion an einer dünnen Sammellinse.

der Abbildung 5 erhält man (durch Vergleich ähnlicher Dreiecke) die Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}. \quad (3)$$

Für das Verhältnis Bildgröße (entspricht $\overline{B'S}$) zu Gegenstandsgröße (entspricht $\overline{A'S}$), d. h. für die lineare Vergrößerung, gilt:

$$\frac{\text{Bildgröße}}{\text{Gegenstandsgröße}} = \frac{\overline{B'S}}{\overline{A'S}} = \frac{\text{Bildweite } b}{\text{Gegenstandsweite } a}. \quad (4)$$

Die Konstruktion eines Bilds mit einer Zerstreuungslinse funktioniert entsprechend, wenn man die negative Brennweite berücksichtigt.

Bei dünnen Linsen, d. h. für $\overline{S_1S_2} \ll r_1, r_2$ (siehe Abbildung 3) gilt für die Brechkraft

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right). \quad (5)$$

Für $r_1 = r_2 = r$ ist dann die Brennweite proportional zum Krümmungsradius r der Linse: $f = r/(2(n - 1))$.

Theoretische Grundlagen der Mikroskopie

Optische Systeme

Optische Linsensysteme liefern Abbildungen von Objekten. Schematisch können Abbildungen durch Strahlengänge konstruiert werden: Ein von einem Objektpunkt ausgehender, parallel zur optischen Achse (Symmetrieachse) des Systems verlaufender Strahl (Parallelstrahl) wird beim Durchgang durch eine Sammellinse derart gebrochen, dass er auf der anderen Seite der Linse durch deren Brennpunkt geht (Brennstrahl). Umgekehrt wird ein Brennstrahl so gebrochen, dass er zum Parallelstrahl wird. Ein Strahl durch den Linsenmittelpunkt geht ungebrochen weiter (siehe Abschnitt). Diese Konstruktionsvorschrift gilt streng genommen nur für dünne Linsen, d. h. Linsen deren Dicke klein gegen ihre Krümmungsradien ist, und nur für nahe der optischen Achse verlaufende Strahlen. Für dicke Linsen, achsenferne Strahlen und bei Verwendung von aus verschiedenen Wellenlängen gemischtem (z. B. weißem) Licht treten Abweichungen von der oben geschilderten strahlenoptischen Abbildung auf, die so genannten Abbildungsfehler. Diese Abbildungsfehler können durch entsprechende geometrische Korrekturen der Linse oder Kombination mehrerer Linsen zwar vermindert, aber nie ganz ausgeschaltet werden.

Das Abbildungsverhalten eines entsprechend korrigierten Linsensystems wird einfach beschrieben durch den Zusammenhang zwischen Gegenstandsweite a , Bildweite b und Brennweite f :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}. \quad (6)$$

Menschliches Auge

Die Bildweite b ist durch die Abmessung des Augenkörpers vorgegeben und die Gegenstandsweite a liegt durch die Entfernung des Gegenstands von der Augenlinse fest. Um ein scharfes Bild des Gegenstands auf der Retina zu erhalten, wird die Brennweite f der Augenlinse so verändert, dass die obige Abbildungsgleichung (6) erfüllt ist. Diesen Vorgang nennt man Akkommodation und er erfolgt durch die Veränderung der Linsenkrümmung durch die Ciliarmuskeln (siehe Abbildung ??). Wird der zu betrachtende Gegenstand näher an das Auge herangeführt, so wird auch sein Bild auf der Retina größer. Die minimale, noch zu einer scharfen Abbildung führende Entfernung vom Auge beträgt etwa 5 cm. Für noch kleinere Entfernungen reicht das Krümmungsvermögen der Augenlinse nicht mehr zur Erzeugung eines scharfen Bilds auf der Retina aus. Die Betrachtung von Gegenständen in derart kleinen Entfernungen ist allerdings sehr anstrengend; ermüdungsfrei können von den meisten Augen Gegenstände in einer Entfernung von etwa 25 cm betrachtet werden. Diese Entfernung bezeichnet man als „deutliche Sehweite“ s_0 . Die Vergrößerung eines optischen Instruments wäre eigentlich das Verhältnis der Größe des Gegenstandsbilds auf der Retina unter Verwendung des Instruments zur Größe des Gegenstandsbilds auf der Retina, wenn sich der Gegenstand ohne Instrument in der Entfernung s_0 befände. Da die Größenbestimmung von Bildern auf der Retina praktisch nicht möglich ist, definiert man die Vergrößerung über die Sehwinkel, d. h. die Winkel, unter denen die Endstrahlen des Gegenstands durch den Mittelpunkt der Augenlinse verlaufen. Da diese Mittelpunktstrahlen ja nicht gebrochen werden, sind die Sehwinkel stets proportional zur Bildgröße auf der Retina. Die Vergrößerung ist dann

$$v = \frac{\tan \beta}{\tan \alpha}, \quad \text{d. h. für kleine Winkel: } v \approx \frac{\beta}{\alpha}. \quad (7)$$

Hierbei ist β der Sehwinkel des Gegenstands mit Instrument und α der Sehwinkel unter dem der Gegenstand in einer Entfernung s_0 dem Auge ohne Instrument erscheinen würde.

Um feine Strukturen eines Gegenstands noch erkennbar machen zu können, muss sein Bild zumindest noch einige lichtempfindliche Elemente auf der Retina überdecken. Die Grenze für

die Erkennung von Strukturen ist damit durch die Packungsdichte der Zapfen gegeben, die im „Gelben Fleck“ (Fovea centralis, siehe Abbildung ??) am größten ist. Zwei Gegenstandspunkte können dann noch getrennt wahrgenommen werden, wenn die von ihnen gezogenen Mittelpunktstrahlen einen Winkel von wenigstens $1'$ einschließen.

Lupe

Eine Lupe ist eine Sammellinse, die derart zwischen Auge und Gegenstand gehalten wird, dass der Gegenstand innerhalb der Brennweite f dieser Sammellinse liegt. Aus einfachen, der Abbildung 6 entnehmbaren, geometrischen Beziehungen folgt

$$v_{\text{Lupe}} = \frac{\tan \beta}{\tan \alpha} = \frac{A/f}{A/s_0} = \frac{s_0}{f}. \quad (8)$$

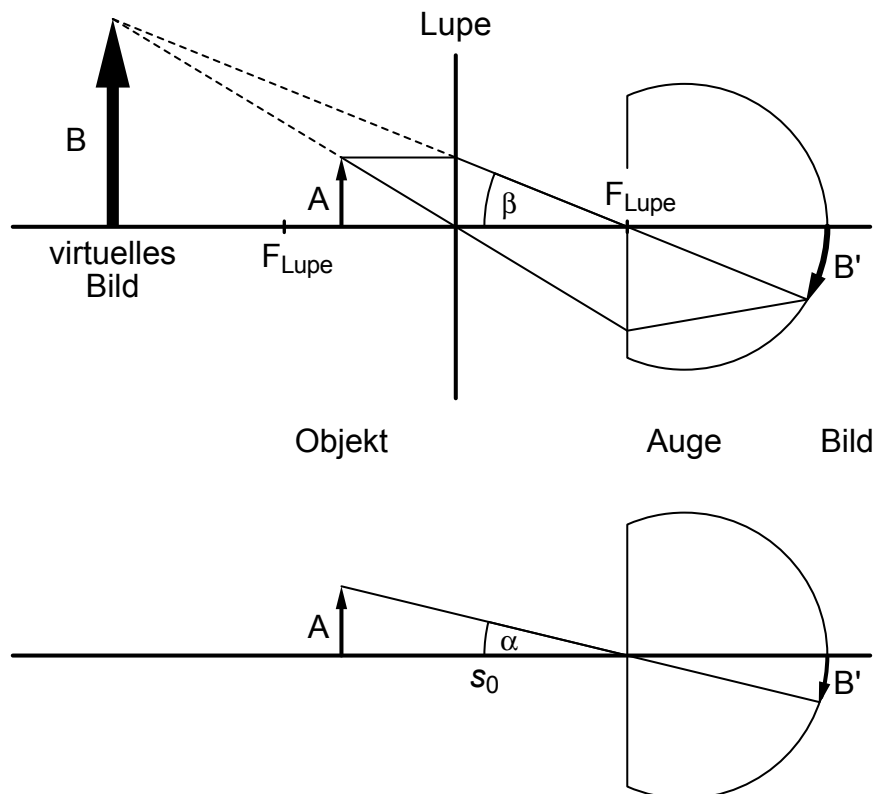


Abbildung 6: Betrachtung eines Gegenstands A mit Lupe (oben) und ohne Lupe (unten).

Die Sehwinkelvergrößerung v_{Lupe} hängt nur von der Brennweite der Lupenlinse ab. Wird diese Brennweite kleiner als etwa 1 cm, so werden die oben erwähnten Abbildungsfehler zu groß. Dadurch liegt die maximal ausnutzbare Lupenvergrößerung bei etwa 25.

Mikroskop

Das Mikroskop besteht im Prinzip aus zwei Sammellinsen, einer Projektionslinse (Objektiv) und einer Lupe (Okular). Das Objekt befindet sich zwischen einfacher und doppelter Brennweite des Objektivs, so dass an einer festliegenden Stelle im Tubus des Mikroskops ein reelles, umgekehrtes, vergrößertes Zwischenbild des Objekts entsteht (siehe Abbildung 7). Das Zwischenbild wird mit der zweiten Sammellinse (Okular), die als Lupe dient, betrachtet. Das Bild wird scharf gestellt, indem durch Heben oder Senken des Tubus die Gegenstandsweite a zwischen Objekt und Objektiv verändert wird. Die Größen f und b sind dabei durch das Objektiv

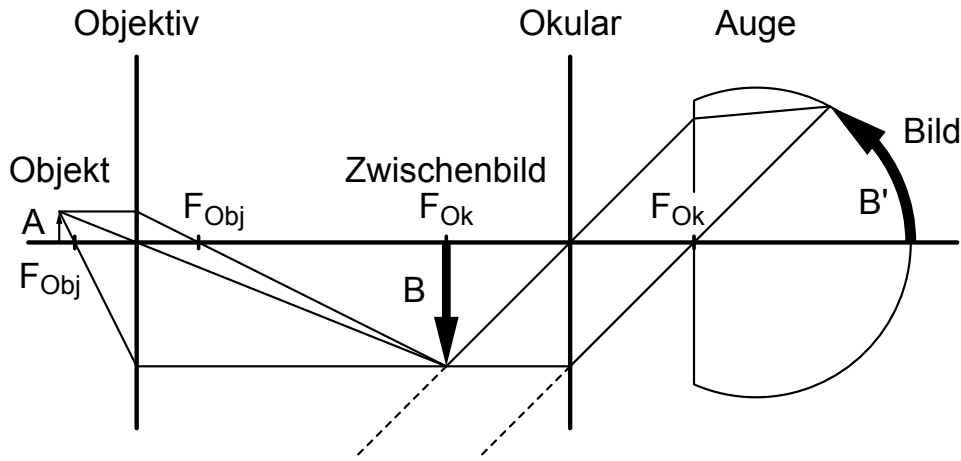


Abbildung 7: Schematischer Strahlverlauf in einem Lichtmikroskop.

bzw. die Tubuslänge fest vorgegeben. Die Gesamtvergrößerung des Mikroskops ist das Produkt von Objektiv- und Okularvergrößerung (beide Angaben sind auf den jeweiligen Objektiv- und Okularfassungen eingraviert).

$$v_{\text{ges}} = v_{\text{Objektiv}} \cdot v_{\text{Okular}} \quad (9)$$

In der Praxis werden Objektive mit Vergrößerungen von 1 (Übersichtsbetrachtungen des Präparats) bis 100 (im Allgemeinen mit Ölimmersion, siehe unten) und Okulare mit 5- bis 25-facher Vergrößerung eingesetzt.

Auflösungsvermögen des Objektivs

Nach den erläuterten Regeln der bislang betrachteten geometrischen Optik wäre dem Auflösungsvermögen eines Mikroskops keine Grenze gesetzt. Allerdings lassen sich die Regeln dieser Strahlenoptik nicht mehr kritiklos bei der Bildkonstruktion von Objekten verwenden, deren Größe im Bereich der Wellenlänge des verwendeten Lichts liegt. Bei derart kleinen Objekten können bei der Betrachtung der Strahlengänge die beiden für Wellenausbreitung typischen Erscheinungen von Beugung und Interferenz nicht mehr vernachlässigt werden. Beleuchtet man beispielsweise einen Spalt der Breite 500 nm mit parallelem Licht einer einzigen Wellenlänge und fängt das Licht hinter dem Spalt auf einem Schirm auf, so sieht man das so genannte Beugungsbild des Spalts: der zentrale Lichtstreifen als „Beugungsmaximum nullter Ordnung“ der Intensität I_0 ist von parallelen, rasch dunkler werdenden zusätzlichen Lichtstreifen, den „Beugungsmaxima $\pm 1.$, $\pm 2.$, ... Ordnung“ der Intensitäten $I_{\pm 1}$, $I_{\pm 2}$, ... begleitet. Diese hellen Streifen als Spaltbilder sind durch dunkle Streifen getrennt. Der Winkel zwischen diesen gebeugten Lichtstrahlen und der Einfallsrichtung hängt von der Spaltbreite und der Wellenlänge des verwendeten (monochromatischen) Lichts ab. Wird nun das Licht verschiedener Beugungsordnungen durch eine Linse wieder gesammelt, so ergibt sich die Lichtverteilung im Bild des Gegenstands durch die Interferenz der verschiedenen Beugungsordnungen. Eine genauere Betrachtung ergibt, dass wenigstens noch neben dem Strahl der nullten Ordnung noch die Strahlen der ersten Beugungsordnung in die Linse eintreten müssen, damit überhaupt statt einer gleichmäßig hellen Fläche ein Bild entsteht.

Wenn α der Winkel zwischen I_0 und dem Randstrahl durch das Objektiv ist, dann erhält man für den kleinsten noch auflösbaren Abstand d die Beziehung

$$d = \frac{\lambda_0}{\sin \alpha}, \quad (10)$$

mit λ_0 als Vakuumwellenlänge des verwendeten Lichts. Um möglichst kleine Objekte erkennen zu können, wird zwischen Objekt und Objektiv eine Immersionsflüssigkeit mit dem Brechungsindex n gebracht (siehe Abbildung 8). Dadurch verkleinert sich die Wellenlänge von λ_0 auf $\lambda = \lambda_0/n$, so dass nun

$$d = \frac{\lambda_0}{n \sin \alpha} \quad (11)$$

gilt. Das Produkt $N = n \sin \alpha$ nennt man numerische Apertur. Sie ist auf den Objektiven angegeben. Da die Objektive zur Vermeidung von Abbildungsfehlern für bestimmte Medien konstruiert sind, kann jedoch bei ungeeigneter Wahl des Immersionsmediums eine Bildverfälschung auftreten, welche das Auflösungsvermögen $A = 1/d$ wieder mindert.

Die Auflösung kann durch Vergrößerung der numerischen Apertur N und/oder durch Verkleinerung der Wellenlänge λ_0 gesteigert werden. Im Prinzip wird letztere Möglichkeit beim Elektronenmikroskop ausgenutzt, da das Elektron — als Welle betrachtet — eine gegenüber dem sichtbaren Licht viel kleinere Wellenlänge hat.

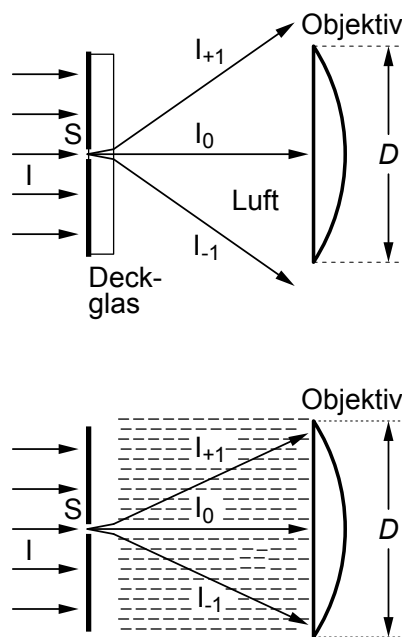


Abbildung 8: Strahlverlauf der Beugungsintensitäten nullter und erster Ordnung eines Spalts S in einem Strahlengang mit (unten) und ohne (oben) Immersionsmedium.

Förderliche Vergrößerung bei visueller Betrachtung

Liegt die Vergrößerung eines Mikroskops unter etwa $v_{\min} = 500 \times N$, so ist die Abbildung des durch das Objektiv erzeugten reellen Bilds auf der Retina des Auges zu klein als dass alle vom Objektiv her noch unterscheidbaren Strukturen aufgelöst werden könnten. In diesem Fall ist die vom Okular als Lupe erzeugte Vergrößerung zu klein und man kann durch Verwendung eines stärkeren Okulars weitere Objektetails unterscheiden. Umgekehrt erscheinen Objektteile unscharf, wenn die Gesamtvergrößerung mehr als etwa $v_{\max} = 1000 \times N$ beträgt, da dann durch das Objektiv nicht mehr aufgelöste Details auf der Retina zu große Bereiche überstreichen.

Der Begriff der „förderlichen Vergrößerung“ nimmt also auf die physiologisch bedingte Auflösungsgrenze des Auges Bezug: Gegeben werden hier die Grenzen eines durch die Angabe der numerischen Apertur N charakterisierten Objektivs im Bereich $500 \times N \leq v \leq 1000 \times N$.

Messung an mikroskopischen Präparaten

Biologische Strukturen lassen sich bei entsprechenden Färbemethoden durch die spezifische Färbung qualitativ unterscheiden. Quantitativ lassen sich Längen messen, wenn eine Eichung des optischen Systems vorgenommen wurde. Zur Eichung verwendet man ein Präparat mit konstanten Abschnitten (im Versuch ein Objektträger mit einer aufgeprägten $10\text{-}\mu\text{m}$ -Skala). Durch Vergleich mit einer beliebigen Skala am Ort des Zwischenbilds (Okularmikrometer) kann das Okular geeicht werden: 1 Skalenteil auf der Okularskala = $x\ \mu\text{m}$ auf dem Objektträger. Natürlich muss diese Eichung für jedes Objektiv getrennt vorgenommen werden!

Theoretische Grundlagen des Prismenspektrometers

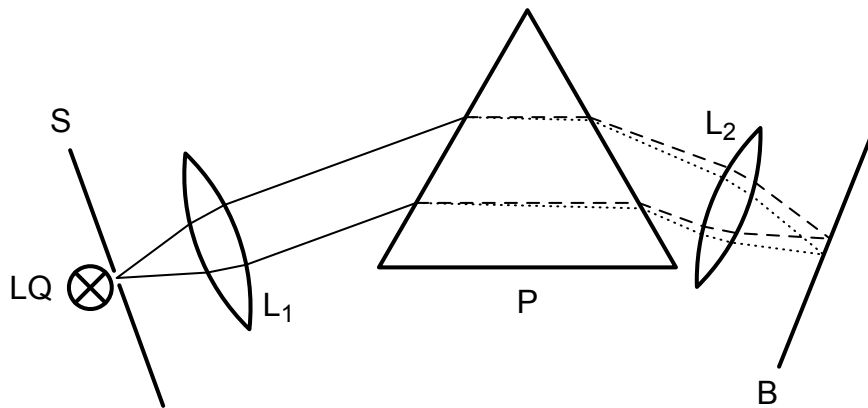


Abbildung 9: Prinzipaufbau eines Prismenspektrometers.

Das Prismenspektrometer ist zur Messung von Lichtwellenlängen im sichtbaren Bereich geeignet. Da man die Dispersion des Prismenglases, d. h. seine wellenlängenabhängige Brechzahl $n(\lambda)$, nicht kennt, muss man das Gerät mit Licht bekannter Wellenlänge eichen. Eine absolute Messung von Wellenlängen ist auf andere Weise möglich. Sie wird mit einem Gitterspektrometer durchgeführt. Der prinzipielle Aufbau eines Prismenspektrometers ist in der Abbildung 9 dargestellt.

Die von der Lichtquelle LQ beleuchtete Spaltblende S befindet sich in der Brennebene der Linse L_1 . Das aus dem Spalt austretende zu untersuchende Licht verlässt die Linse L_1 also als Parallelstrahlbündel. Es durchläuft unter zweimaliger Brechung das Prisma P und wird durch die Linse L_2 in deren Brennebene B wieder fokussiert. Dadurch werden in der Ebene B Bilder des Spalts S beobachtet (schmale Striche). Im Prinzip kann man diese Bilder auf einer Mattscheibe in B beobachten.

Mit einer solchen Anordnung kann man die Wellenlängen von Licht im sichtbaren Bereich ($400\text{ nm} \leq \lambda \leq 700\text{ nm}$) messen, da der Brechungsindex n des Prismenglases von der Wellenlänge λ des Lichts abhängt: $n = n(\lambda)$ (Dispersion). Emittiert die Quelle Licht mehrerer Wellenlängen, so wird das einfallende Lichtbündel durch unterschiedliche Brechungen an den Prismenflächen in Teilbündel zerlegt. Die Lage der farbigen Linien-Spaltbilder in der Ebene B ist dann den Wellenlängen der Teilbündel eindeutig zugeordnet. Diese Eindeutigkeit rührt daher, dass im sichtbaren Bereich des Lichts der Brechungsindex monoton mit abnehmender Wellenlänge ansteigt. So hat beispielsweise in der Abbildung 9 das Lichtbündel, das den gestrichelten Linien entspricht, eine größere Wellenlänge als das mit einer gepunkteten Linie gezeichnete.