

Zur Einführung in die Mikroskopie : 6. das Auflösungsvermögen

Autor(en): **Clémentçon, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde = Bulletin suisse de mycologie**

Band (Jahr): **59 (1981)**

Heft 1

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-937178>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

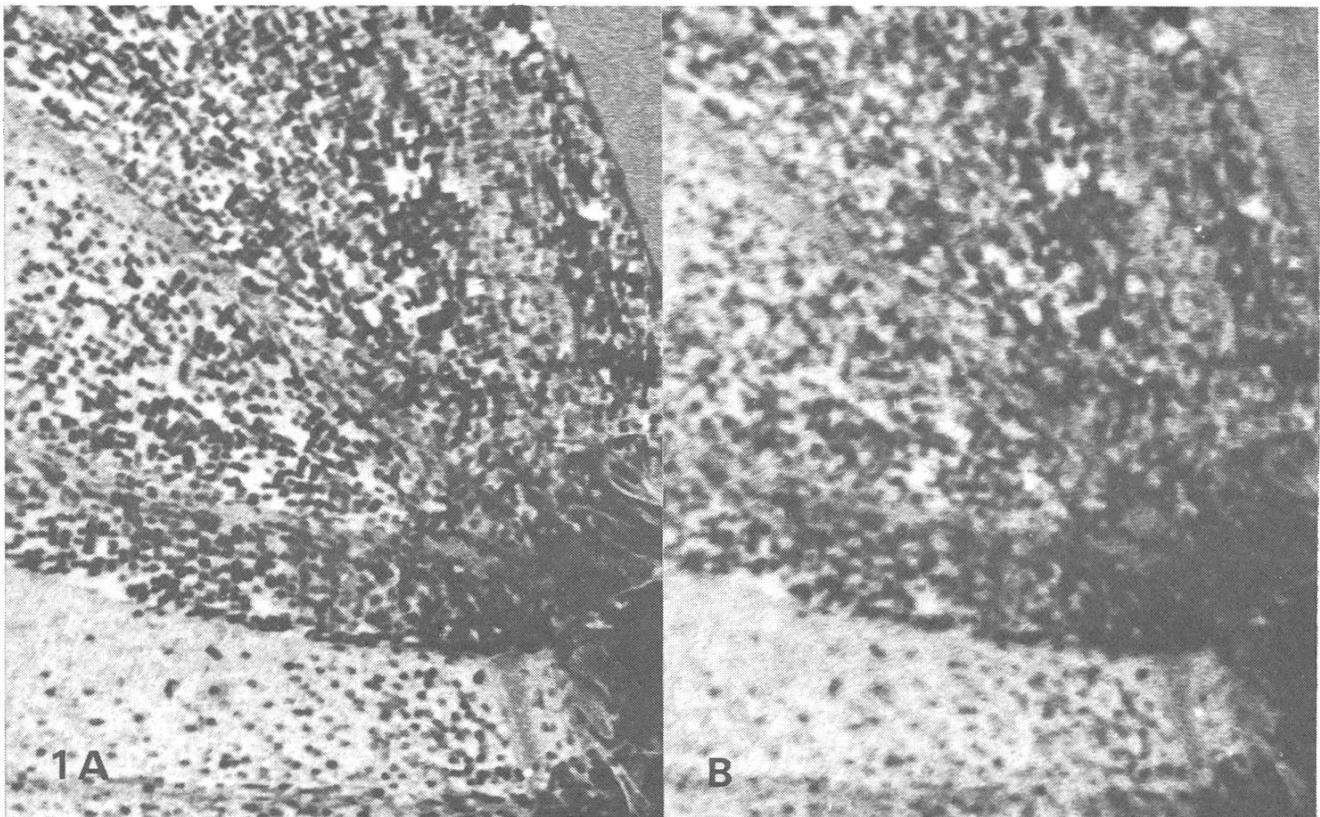
Zur Einführung in die Mikroskopie

6. Das Auflösungsvermögen

Im letzten Beitrag dieser Reihe (SZP 55: 134–137, 1977) lernten wir die Öffnung einer Linse zu berechnen und als numerische Apertur $n.A.$ auszudrücken. Diese steht in enger Beziehung zum Auflösungsvermögen.

Der Begriff des Auflösungsvermögens ist in der Mikroskopie sehr wichtig, viel wichtiger als derjenige der Vergrößerung. Worum handelt es sich? An die Stelle einer Definition soll erst einmal eine Umschreibung treten. Wenn eine Fotografie gestochen scharf und so reich an Einzelheiten ist, dass man sie mit der Lupe betrachten kann, so ist das abgebildete Objekt in der Sprache der Optiker «gut aufgelöst», das Bild hat eine hohe Auflösung. Wenn die Fotografie aber unscharf ist und keine Einzelheiten zeigt, so ist die Auflösung schlecht.

Nehmen wir nun an, die beiden Bilder seien von ruhiger Hand und bei bestmöglicher Scharfeinstellung geknipst worden, so versteht man sofort, dass das gute Bild von einem guten Objektiv, das schlechte von einem schlechten Objektiv stammt. Das gute Objektiv hat ein grosses, das schlechte ein kleines Auflösungsvermögen.



Figuren 1a und b: Ausschnitt aus dem Flügel eines Kohlweisslings, fotografiert mit einer Hasselblad im Massstab 1:1,4, nachvergrössert auf 11,5:1. Beide Bilder bei gleicher Scharfeinstellung! Bild a wurde mit Blende 5,6 aufgenommen, Bild b mit Blende 45. Die starke Abblendung in Bild b hat eine dramatische Verschlechterung des Auflösungsvermögens zur Folge.

Für die weitere Diskussion wollen wir annehmen, immer nur sehr gute Objektive vor uns zu haben. Und nun folgt der springende Punkt: Das Auflösungsvermögen jedes Objektivs hängt direkt von seiner Öffnung ab! Je grösser die Öffnung, desto besser die Auflösung. Das gilt für alle Objektive, seien sie an Mikroskopen, Fotoapparaten oder Teleskopen montiert.

Bei Fotoapparaten wird die Verschlechterung des Auflösungsvermögens erst bei hohen Blendenwerten (= kleinen Blendenöffnungen) bemerkbar, etwa ab Blende 22, und die Fotografen sprechen von «Beugungserscheinungen am Objekt». Ein Beispiel dafür zeigen die Figuren 1 a und b. Bleiben wir bei den Mikroskopen. Wie wir bereits gesehen haben, wird die Öffnung der Mikroskop-Objektive als numerische Apertur angegeben und findet sich als n.A. oder NA auf allen modernen Objektiven eingraviert. So heisst z.B. 40/0,65, dass das Objektiv von 40facher Eigenvergrösserung die n.A. von 0,65 besitzt. Damit ist das Auflösungsvermögen festgelegt. Wie kommt es aber nun, dass die Hersteller von Objektiven nicht direkt das Auflösungsvermögen angeben, sondern die n. A.?

Nun, das ist einfach zu erklären: Das Auflösungsvermögen des Mikroskopes hängt ausser von der n. A. auch noch vom Kondensator und auch von der Farbe des Lichtes ab. Enge Kondensatorblende oder zu tief stehender Kondensator verschlechtern die Auflösung. Rotes Licht erlaubt geringere Auflösung als grünes, dieses wiederum gibt schlechtere Auflösung als blaues.

Lassen wir den Kondensator erst einmal aus dem Spiel, dann kann das Auflösungsvermögen des Mikroskopes wie folgt berechnet werden:

$$(1) \quad d = \frac{\text{Wellenlänge des Lichtes}}{\text{numerische Apertur}} = \frac{\lambda}{n. A.}$$

wobei λ eben mit der Farbe des Lichtes ändert. Das Resultat d ist die Distanz, die zwei Punkte im Objekt mindestens haben müssen, um gerade noch als zwei getrennte Objekte gesehen zu werden.

Die Wellenlänge des blauen Lichtes ist $0,45 \mu\text{m}$, diejenige des grünen Lichtes $0,55 \mu\text{m}$ und die des roten Lichtes $0,7 \mu\text{m}$. In den allermeisten Fällen arbeitet man mit «weissem» Licht, und da kann in der Formel (1) die Mitte des Spektrums mit $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ eingesetzt werden.

Ein Beispiel: Objektiv 40/0,65

$$d = \frac{0,55 \mu\text{m}}{0,65} = 0,85 \mu\text{m}$$

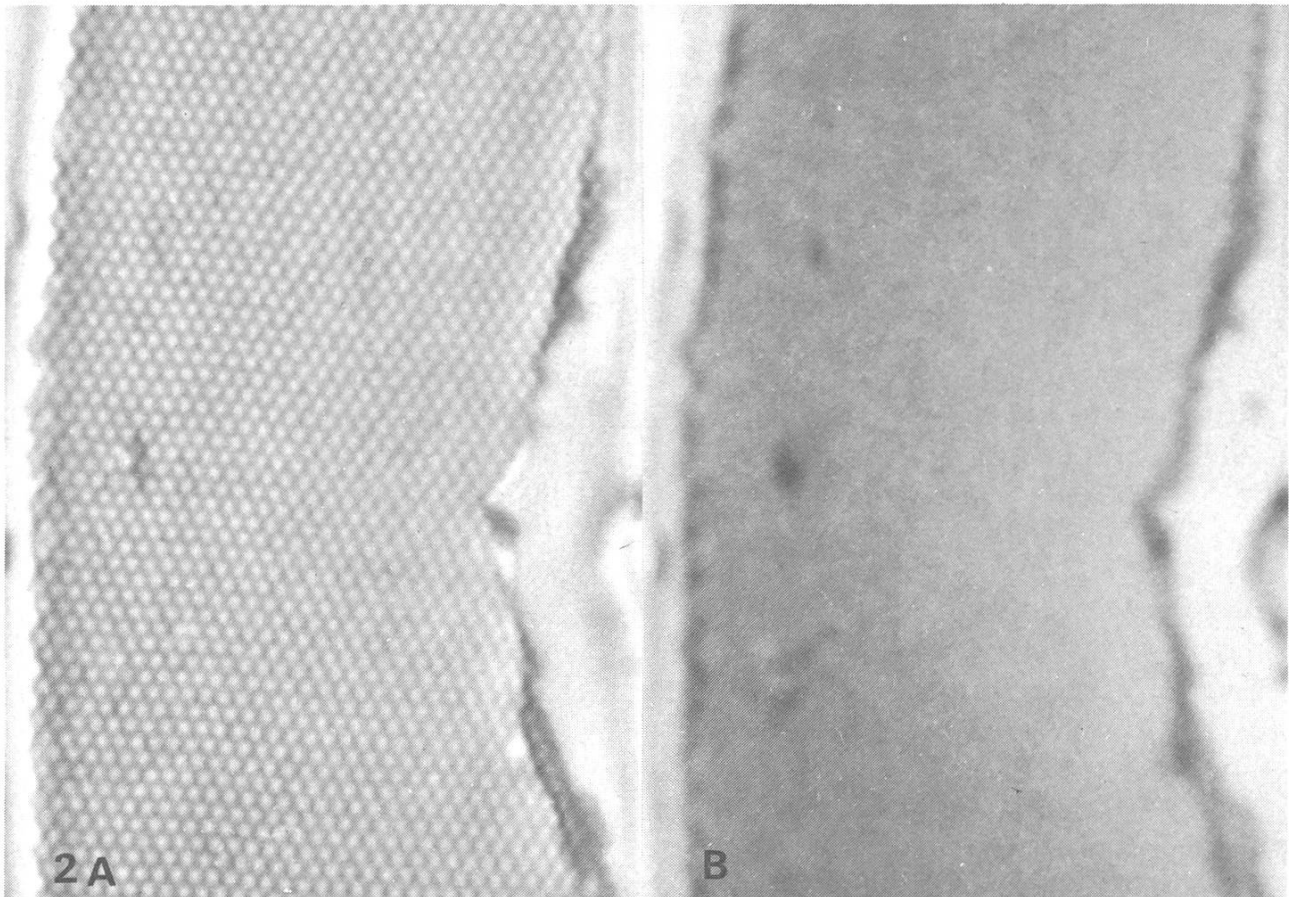
Das heisst, zwei kleine Objekte müssen mindestens $0,85 \mu\text{m}$ voneinander entfernt sein, dass sie mit dem Objektiv 40/0,65 als zwei getrennte Objekte gesehen werden. Liegen sie näher beisammen, so erscheinen sie als ein einziges Objekt, «sie werden nicht mehr aufgelöst».

Die Formel (1) sagt aus, dass je grösser die n. A., desto kleiner d . Aber je kleiner d , desto grösser die Auflösung. Soll diese noch weiter gesteigert werden, so verwende man ein strenges Blaufilter.

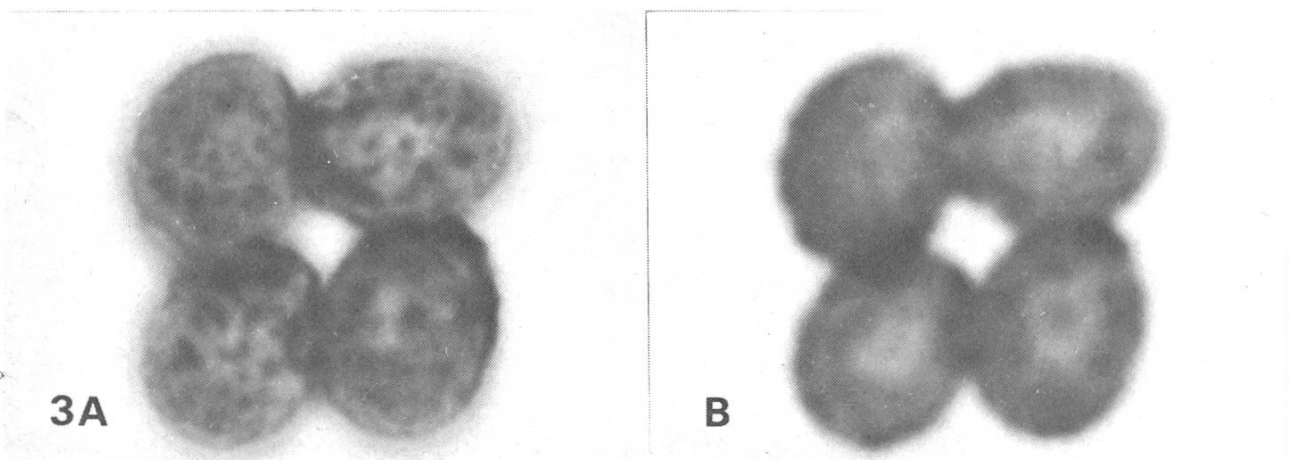
Ich möchte jedem Mikroskopierer raten, für alle seine Objektive das Auflösungsvermögen im roten, «weissen» und blauen Licht zu berechnen und tabellarisch zusammenzustellen. Besonders deutlich werden die Unterschiede, wenn sie prozentual ausgedrückt werden. Eine solche Tabelle erstellen heisst die Grenzen seines Instrumentes kennenlernen.

Es gibt Objektive mit eingebauter Irisblende. Diese erlaubt, die n.A. zu verändern. Wird die Blende zugezogen, so verkleinert sich die n.A. und damit auch das Auflösungsvermögen. Die Figuren 2 a und b und 3 a und b wurden mit einem solchen Objektiv mittlerer Vergrösserung hergestellt. Ich betone, dass die Scharfeinstellung nicht verändert wurde, lediglich die numerische Apertur!

H. Cléménçon, Lausanne



Figuren 2 a und b: Ausschnitt aus der Schale der Kieselalge *Pleurosigma angulatum*, 2400:1. Beide Bilder bei identischer Scharfeinstellung, Bild a jedoch mit voller numerischer Apertur, Bild b bei reduzierter Apertur und damit schlechtem Auflösungsvermögen. Mittelstarkes Objektiv mit eingebauter Irisblende zur Einstellung der n. A.



Figuren 3 a und b: Sporen von *Cortinarius brunneus*, 2400:1, Bild a bei voller, Bild b bei reduzierter Apertur, aber identischer Scharfeinstellung. Die Sporen wurden so fotografiert, dass die Oberflächenstrukturen sichtbar werden, nicht der Umriss. Man beachte den grossen Unterschied in der Deutlichkeit der Warzen.