

Die Textilmikroskopie

Die praktische Textilmikroskopie kann zur Klärung zahlreicher Probleme herangezogen werden, die bei der Herstellung und Ausrüstung von Textilien auftreten. Durch unsachgemäße Behandlung von Textilien während der Herstellung und des Gebrauchs können Schäden oder Schädigungen auftreten, die sich unterschiedlich auswirken und den Gebrauchswert der Textilien stark beeinträchtigen. Durch eine rein visuelle Betrachtung ist die Ursache eines Schadens meist nicht zu erkennen. Das Textilmikroskop dagegen liefert oft nach nur kurzer Zeit exakte Ergebnisse.

- Identifizierung von Faserstoffen
- Querschnitts- oder Oberflächenanalysen
- Schädigungsnachweise für chemische, mechanische oder thermische Schäden
- Nachweise für mikrobiologische Schäden
- Löse-, Quellungs- und Anfärbereaktionen
- Ursachenanalyse für Färbeunequalitäten, Streifen, Banden, Flecken, Stippen, Faserflug
- Auflagerungen oder Verkrustungen des Fasermaterials
- Ursache von Spannfäden

Das Textilmikroskop

Für die praktische Textilmikroskopie genügt ein leicht zu handhabendes bioculares Lichtmikroskop mit Durch- oder Auflicht mit 100 bis 800-facher Vergrößerung.

Noch einige Worte zu einem verbreiteten Missverständnis bezüglich der Begriffe **Auflösung** und **Vergrößerung**. Es gibt billige Mikroskope, welche für wenig Geld eine sehr hohe Vergrößerung liefern. Derartige Geräte sollen teilweise eine 1000-fache Vergrößerung bieten. Nun muss die Frage gestellt werden, worin sich diese Erzeugnisse von den teuren

Geräten der namhaften Hersteller unterscheiden.

Die Unterschiede liegen beispielsweise darin, dass diese Billigstgeräte trotz hoher nominaler Vergrößerung eine geradezu erbärmliche Auflösung liefern - das erzeugte mikroskopische Bild ist optisch leer, Details werden nicht aufgelöst. Deshalb ist es wichtig, zu wissen, ob Vergrößerung und Auflösung eines Mikroskops in einem sinnvollen Verhältnis zueinander stehen. Nur wenn dieses Verhältnis stimmig ist, wird eine hohe Vergrößerung auch in greifbare Ergebnisse umgesetzt, Objektdetails werden erkennbar. Deshalb ist auf jedem Mikroskop-Objektiv nicht nur dessen Maßstabszahl, sondern auch eine Angabe über dessen Auflösungsvermögen aufgeprägt. Bei dieser Angabe bezüglich des Auflösungsvermögens handelt es sich um die sogenannte **numerische Apertur (n.A.)** des Objektivs.

Das **Auflösungsvermögen** eines Objektivs ist, vereinfacht ausgedrückt, davon abhängig, wie viel Licht von einer Struktur des Präparates in das Objektiv gelangt. Diese Lichtmenge ist nun wiederum abhängig vom sogenannten Öffnungswinkel des entsprechenden Objektivs. Je größer der Öffnungswinkel ist, desto besser löst ein Objektiv Details eines Präparates auf. Dennoch wird nicht der Öffnungswinkel, sondern die numerische Apertur (=Objektivapertur) auf dem Objektiv angegeben. Wie gut ein Objektiv Details auflöst, hängt neben dem Öffnungswinkel auch von der Brechzahl des Mediums zwischen Deckglas und Objektiv ab. Je höher der Wert für die numerische Apertur ist, desto größer ist auch das Auflösungsvermögen eines Objektivs. Befindet sich zwischen Objektiv und Deckglas Luft (Brechzahl ca. 1.0), so berechnet sich das Auflösungsvermögen nur nach dem Sinus des

halben Öffnungswinkels. Der theoretisch erreichbar höchste Wert der numerischen Apertur würde dann genau 1.0 betragen. Hierzu wäre jedoch ein Objektiv mit unendlich großer Frontlinse bei gleichzeitig gegen Null gehendem Arbeitsabstand erforderlich. Aus naheliegenden Gründen kann es ein derartiges Objektiv nicht geben. Die in der Praxis erreichbare numerische Apertur liegt deshalb bei maximal 0.95.

Bei den sogenannten **Immersionsobjektiven** wird zwischen Deckglas und Objektiv ein Immersionsöl aufgebracht, welches einen größeren Brechungsindex aufweist. Dadurch gelangen auch stärker geneigte Lichtstrahlen noch in das Objektiv. Da das Auflösungsvermögen von der durch das Objektiv aufgenommenen "Lichtmenge" abhängt, nimmt mit der numerischen Apertur natürlich auch das Auflösungsvermögen des Objektivs zu. Ölimmersionsojektive können numerische Aperturen bis etwa 1.40 erreichen. Höhere numerische Aperturen sind mit gängigen Lichtmikroskopen nicht zu erreichen.

Die Fähigkeit eines Objektivs, zwei benachbarte Details im Präparat aufzulösen, hängt von dessen numerischer Apertur ab. Die nachfolgende Formel, deren theoretische Ableitung hier nicht wiedergegeben wird, dient der Berechnung des theoretisch möglichen Auflösungsvermögens eines Objektivs aus der numerischen Apertur.

Berechnung der Auflösung eines Objektivs auf der Basis der numerischen Apertur:

$d = \frac{\lambda}{2 * A}$	λ = (Wellenlänge des Lichtes) = 0,55µm sichtbares Licht für welches das menschliche Auge am empfindlichsten ist A = (numerische Apertur des Objektivs) d = Auflösung
-----------------------------	---

Numerischen Apertur des Objektiv	Berechnung	Auflösung des Objektes
0,10	$d = \frac{0,55}{2 \times 0,10}$	= 2,75 µm
0,65	$d = \frac{0,55}{2 \times 0,65}$	= 0,423 µm
1,40	$d = \frac{0,55}{2 \times 1,40}$	= 0,196 µm

Das Beispiel für ein Objektiv mit einer numerischen Apertur von 1.40 zeigt gleichzeitig das mit den Mitteln der Lichtmikroskopie maximal erzielbare Auflösungsvermögen von rund 0.2µm. Dies ist jedoch nur ein unter optimalen Bedingungen erreichbarer Wert. In der Praxis können die oben berechneten Werte nämlich nicht ganz erzielt werden. Das menschliche Auge ist ohne Hilfsmittel in der Lage, Einzelheiten zu unterscheiden, die etwa 0.2 bis 0.3 mm voneinander entfernt liegen. Aus diesen Werten ergibt sich gleichzeitig die mit Lichtmikroskopen erzielbare, sinnvolle Vergrößerung. Diese maximale Vergrößerung liegt, bei der Anwendung eines Immersionsobjektivs mit hoher numerischer Apertur, genau wie das Auflösungsvermögen etwa bei dem Faktor 1000. Deshalb wird auch bei sehr teuren Mikroskopen eine Gesamtvergrößerung von 1000-fach in der Regel nicht überschritten.

Prinzipiell ist es möglich, eine bestimmte mikroskopische **Gesamtvergrößerung** durch unterschiedliche Kombinationen aus Objektiv und Okular zu erreichen. Wer beispielsweise ein Objektiv 40x(n.A. 0,65) und ein Okular 25x kombiniert, erreicht die gleiche Gesamtvergrößerung, wie bei der Kombination Objektiv 100x(n.A. 1,25) und Okular 10x. Dennoch wird sich das mikroskopische Bild beider Kombinationen erheblich unterscheiden. Wie

wir gesehen haben, bestimmt die numerische Apertur eines Objektivs dessen Auflösungsvermögen. Das **Okular** kann das vom Objektiv erzeugte Bild nur nachvergrößern. Details, die schon das Objektiv nicht mehr auflöst, kann auch ein noch so stark vergrößerndes Okular nicht wieder hinzufügen. In der Regel sollte die Gesamtvergrößerung aus Objektiv und Okular nicht über dem 500 bis 1000-fachen der numerischen Apertur des verwendeten Objektivs liegen (sogenannte förderliche Vergrößerung). Ein Objektiv 40x(n.A. 0,65) liefert in der obigen Kombination mit einem Okular 25x zwar eine tausendfache Vergrößerung, das Bild wirkt jedoch "optisch leer", da die förderliche Vergrößerung deutlich überschritten wird.

Besonders für höherauflösende Trockenobjektive ist die Einhaltung der richtigen **Deckglasdicke** sehr wichtig. Erscheint das mikroskopische Bild bei diesen Systemen sehr ungenau, so kann dies daran liegen, dass die Deckglasdicke zu sehr von ihrem Sollwert (0,17 mm) abweicht. Objektive mit geringerem Auflösungsvermögen reagieren dagegen weniger empfindlich auf "schlechte" Deckgläser. Objektive, für welche die Deckglasdicke von 0,17 mm eingehalten werden muss, sind durch eine entsprechende Gravierung gekennzeichnet.

Es wurde gezeigt, dass das Auflösungsvermögen eines Objektivs von dessen numerischer Apertur abhängig ist. Hierbei wurde stillschweigend davon ausgegangen, dass ein vom Präparat ausgehender Lichtkegel in das Objektiv fällt. Ein derartiger Lichtkegel muss jedoch erst erzeugt werden. Dies ist die Aufgabe des **Kondensors**. Genau wie ein Objektiv besitzt ein Kondensor eine numerische Apertur. Diese befindet sich jedoch nicht im Objektraum, sondern im Bildraum des Kondensors. Die numerische

Apertur des Kondensors wird als Beleuchtungsapertur bezeichnet und kann durch die **Aperturblende** stufenlos verstellt werden. Wird die Aperturblende des Kondensors zu stark geschlossen, so kann die numerische Apertur des Objektivs nicht ausgenutzt werden und die Auflösung des mikroskopischen Bildes bleibt unbefriedigend. Ist die Beleuchtungsapertur jedoch größer als die numerische Apertur des Objektivs, so kommt es zu deutlichen, kontrastmindernden Überstrahlungen. In der Praxis wird man meist die Beleuchtungsapertur so einstellen, dass die **Beleuchtungsapertur** etwa $\frac{2}{3}$ der Objektivapertur beträgt. Dies lässt sich durch einen Blick in den Okularstutzen leicht kontrollieren.

Die technischen Daten

Unser trioculares Textilmikroskop kommt aus deutscher qualitativ hochwertiger Fertigung, speziell ausgewählt und konfiguriert für den Einsatz in der Textilindustrie.



Bild 1 - Textilmikroskop für Auf- und Durchlicht

Textilmikroskop	Bestell-Nr. ZB-MTE01
Beleuchtung	Halogen, 12V/50W mit Kollektor, Rückspiegel, Lampenfassung, Auflicht-illuminator, Wärmeschutzfilter
Okulare	WF10x/18, Augenmuscheln Pupillenabstand 13mm
Objektive	EPI A4/0,13 EPI A10/0,30 und mit federndem Präparateschutz EPI A40/0,65 EPI A60/0,85
Kondensor	NA 0,9, Aperturblende und Filterhalter
Dioptrieausgleich	Individuell an beiden Okularstutzen
Triokularer Tubus	70% des Lichtes für die Kamera und 30% für die gleichzeitige visuelle Betrachtung
Fokussierbetrieb	Beidseitiger Fokussierbetrieb mit Arretierung, Höhenverstellung für Fokussierbetrieb
Zubehör	Zubehörsatz, Staubschutzhülle, Ersatzlampe, Handbuch
Anschluss	230 V über Niedervolt-Stecknetzteil, Vorschaltgerät,

Bestellungen bei:

Flexuma | GmbH

Rathausgasse 4, D-89522 Heidenheim

p: +49 7321 95 58 81

f: +49 7321 95 58 79

<http://www.flexuma.de> | info@flexuma.de