

BX51 – der Einzug moderner Lichtmikroskopie ins Kärntner Botanikzentrum

Roland Karl Eberwein

Zusammenfassung

Die Lichtmikroskopie gilt seit mehr als 100 Jahren als das Standardverfahren in der Biologie schlechthin. Trotz des dringenden Bedarfs musste das Kärntner Botanikzentrum bis vor kurzem mit einem Leihmikroskop älterer Bauart das Auslangen finden. Im Jahr 2002 konnte die Basisversion eines – des ersten eigenen – Forschungsmikroskops angeschafft werden. Ausstattung und Einsatzbereich dieses, bereits 2003 durch zusätzliche Objektive, Differenziellen Interferenzkontrast und Auflicht-Fluoreszenz komplettierten, Mikroskops werden kurz vorgestellt.

Zu den herausragenden Erfindungen gehört zweifelsohne das Mikroskop. Es ermöglicht Einblicke in immer kleinere Welten und wurde im 19. Jh. zum wichtigsten Werkzeug vieler Biologen, Mediziner und auch mancher Techniker. „Durch die Erfindung des Mikroskops wurde das Auge nicht bloß befähigt, kleine Dinge groß, das unsichtbar Kleine überhaupt zu sehen; vielmehr war mit dem Gebrauch der Vergrößerungsgläser noch ein ganz anderer Vortheil verbunden; man lernte überhaupt erst wissenschaftlich und genau sehen; indem man das Auge mit einem Vergrößerungsglas bewaffnete, concentrirte sich die Aufmerksamkeit auf bestimmte Punkte des Objectes; das Gesehene war zum Theil undeutlich und immer nur ein kleiner Theil des ganzen Objectes; der Wahrnehmung des Sehnerven mußte sich ein absichtliches und intensives Nachdenken beigesellen, um das mit dem Vergrößerungsglas stückweise beobachtete Object auch dem geistigen Auge in seinem innern Zusammenhange klar zu machen; so wurde erst durch die Bewaffnung mit dem Mikroskop das Auge selbst zu einem wissenschaftlichen

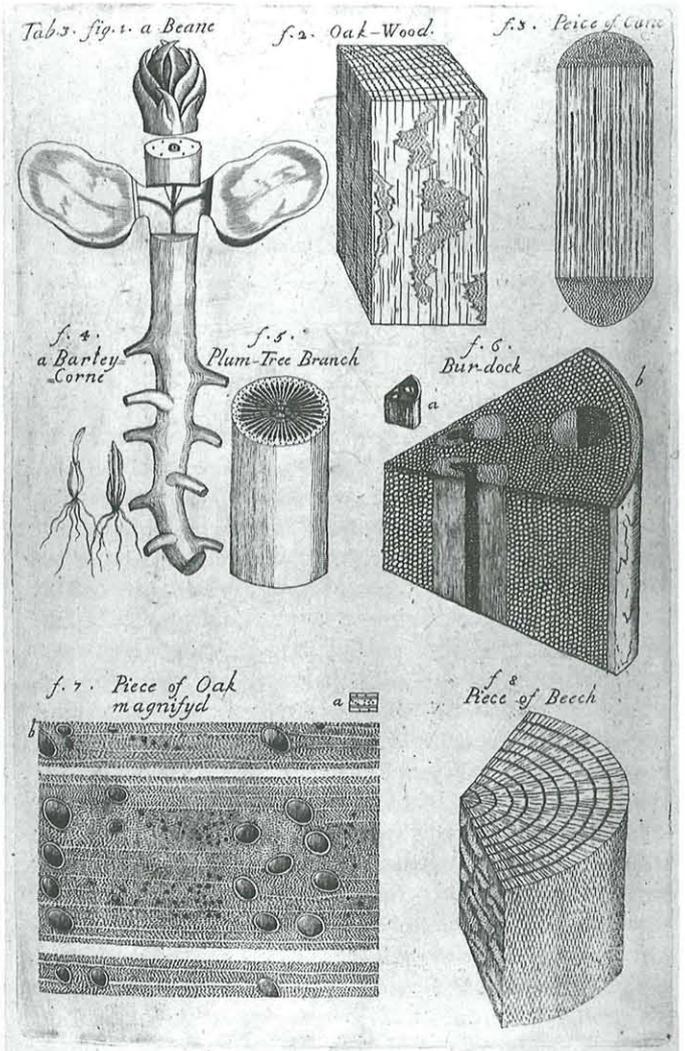
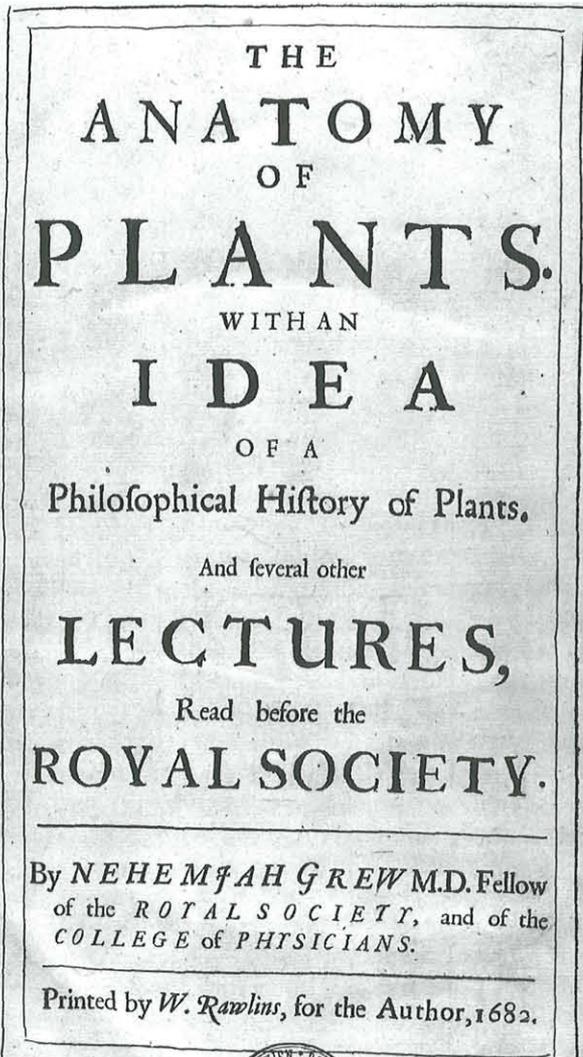


Abb. 1: Titelblatt und Tafel 3 aus der 2. Auflage von Nehemiah Grews berühmter „Anatomy of Plants“ aus dem Jahre 1682. Bemerkenswert ist die relativ genaue Darstellung von anatomischen Details sowie des Verlaufs von Leitbündeln. Aufn. R. K. Eberwein



Abb. 2: Monokulares Mikroskop nach der Bauweise von John Cuff (1708–1772). Das abgebildete Mikroskop zur Durchlichtbeobachtung stammt aus der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts und ist das Glanzstück der Sondersammlung ‚Botanisch-historische Utensilien‘ des Kärntner Botanikzentrums. Aufn. R. K. Eberwein

Instrument, welches nicht mehr mit leichtsinniger Bewegung über die Objecte hineilt, sondern von dem Verstand des Beobachters in strenge Zucht genommen und zu methodischer Arbeit angehalten wurde.“ (Sachs 1875: S. 237). Wer den Übergang von einfachen, vergrößernden Linsen zum echten ‚zusammengesetzten Mikroskop‘ mit einer dem Objekt nahen Linse (Objektiv) und einer das Bild des Objektivs vergrößernden und in der Nähe des Auges befindlichen Linse (Okular) als Erster vollzogen hat, ist nicht mit Sicherheit bekannt. Neben den Niederländern Hans und Zacharias Jansen (ca. 1600) wird z. B. auch Galileo Galilei genannt (Behrens 1883). Sicher ist jedoch, dass bereits frühe Mikroskopiker (ab dem letzten Drittel des 17. Jh.) wie z. B. Grew (1682; Abb. 1), Hooke, Leeuwenhoek oder Malpighi mit primitiven Mikroskopen in Mikro-Sphären vorstießen, deren Kenntnis das naturwissenschaftliche Weltbild grundlegend veränderte (Sachs 1875). Doch konnte Gesehenes in der Anfangsphase der Mikroskopie oft nicht richtig interpretiert werden, weil Bauweise und Qualität der Mikroskope rasch Grenzen aufzeigten. Frühe Mikroskopstative waren z. B. häufig aus Holz oder Elfenbein. Aus diesen Materialien lassen sich keine präzisen fein-

mechanischen Konstruktionen verwirklichen. Natürlich wurden Linsen händisch gefertigt und durch Probieren erhielt man mehr oder weniger brauchbare Ergebnisse. Um ein Verziehen zu verhindern und Abnutzungen hintanzuhalten, verwendete man ab ca. 1750 im Mikroskopbau nur mehr Metalle. Zu dieser Zeit wurde von John Cuff ein Mikroskop mit senkrechtem Tubusträger aus Messing und einem mittels Zahnstange betriebenen Grob- und Feintrieb zur Scharfstellung vorgestellt (vgl. Abb. 2). Dieses Prinzip war so erfolgreich, dass es, gemeinsam mit einem zweiten Typ, dem Dreibeinstativ nach Culpeper, mehr als 100 Jahre den Markt beherrschte. Obwohl die Mikroskopiker des 17. und 18. Jh. beachtliche Erfolge vorweisen konnten und eine große Zahl verschiedener Modelle und Systeme auf dem Markt war, vollzog sich die technische Weiterentwicklung des Mikroskops nur schleppend. Dies änderte sich erst im 19. Jh., als verbesserte physikalische Grundlagen sowie Fertigungstechniken die gezielte Herstellung von Mikroskopteilen ermöglichten und z. B. das mühsame „Pröbeln“, d. h. das Ausprobieren unterschiedlicher Linsenkombinationen zur Entwicklung neuer Optiken, ablöste. Zusätzlich entscheidend für den Aufschwung waren auch der stark erweiterte naturwissenschaftliche Kenntnisstand, der die Zuordnung und Interpretation mikroskopischer Beobachtungen erleichterte, und die große Anzahl wissenschaftlicher Fragestellungen, für deren Lösung leistungsfähige Mikroskope vonnöten waren. Man denke z. B. an Robert Koch, der 1876 mit seiner berühmten Arbeit über den Milzbranderreger eine neue wissenschaftliche Disziplin weithin bekannt machte: die Bakteriologie.

In den folgenden Jahrzehnten verzeichnete die Lichtmikroskopie enorme Fortschritte. Beispielsweise führte Ernst Abbe 1878 das erste Immersionsobjektiv ein, 1886 folgten die von ihm entwickelten apochromatischen Linsen (Linsen mit verbesserter Farbkorrektur), 1893 stellte August Köhler das nach ihm benannte und heute standardmäßig verwendete Beleuchtungssystem vor, 1911 baute Carl Friedrich Wilhelm Reichert das erste Lumineszenzmikroskop (ein Vorläufer der heutigen Fluoreszenzmikroskope), 1938 konstruierte Hans Boegehold den ersten Planapochromaten (Objektiv mit Farbkorrektur und ebenem Bildfeld), 1941 erfand Fritz Zernike den Phasenkontrast (er erhielt dafür den Nobelpreis für Physik) und 1955 folgte der differenzielle Interferenzkontrast von Georges Nomarski (weitere historische Daten bei Kahl 2004). Leider befindet sich aus dieser wichtigen Epoche kein einziges Mikroskop in den Sammlungen des Kärntner Botanikzentrums.

Durch den vermehrten Gebrauch von Elektronenmikroskopen ging das Interesse an der Lichtmikroskopie deutlich zurück, bis die Firma Zeiss 1982 durch den Einsatz der Laser-Technik (Laser-Scanning-Mikroskop) wieder für einen Aufschwung sorgte.

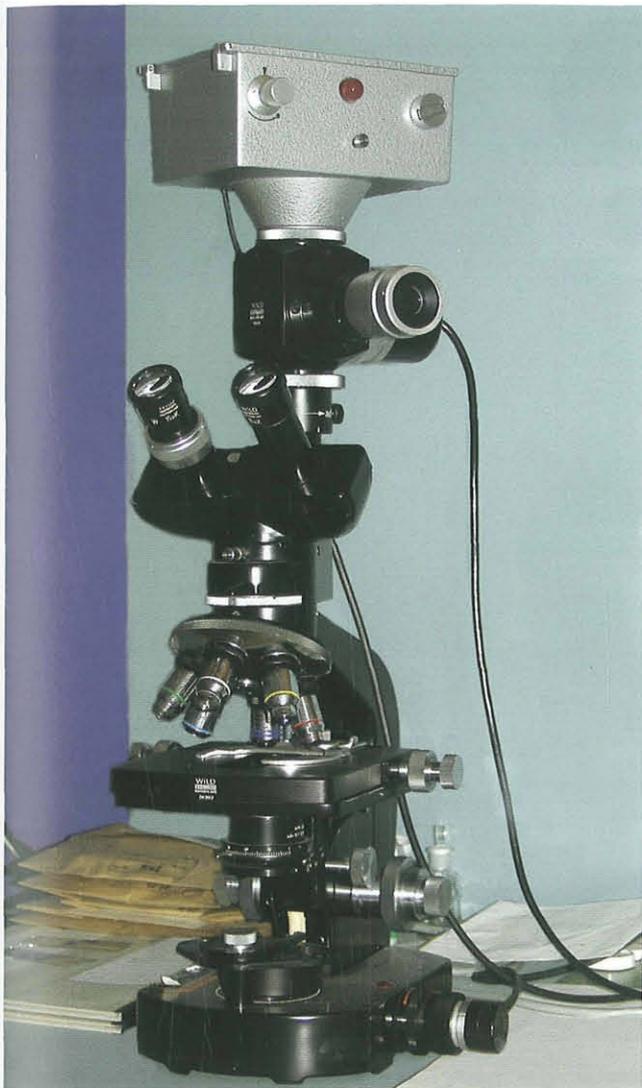


Abb. 3: Forschungsmikroskop M20 der Firma Wild Heerbrugg. Aufn. R. K. Eberwein

Durch ein vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie finanziertes Projekt erhielt die Botanische Abteilung des Landesmuseums Kärnten im Jahr 1988 das legendäre Mikroskop M20 der Firma Wild Heerbrugg als Leihgabe (Abb. 3). Die ersten Mikroskope dieser Baureihe kamen bereits 1954(!) auf den Markt, jedoch wurde dieser Typ weiterentwickelt und ergänzt. Die hervorragende Fertigungsqualität bescherte dem M20 nicht nur eine große Zahl an Fans, sondern begründete auch die lange Lebensdauer.

Es war ein Glück, dass wir die Leihgabe nach Ablauf des Projekts nicht zurückstellen mussten. So konnte das M20 bis zuletzt in Betrieb bleiben. Allerdings häuften sich die Mängel, die nicht mehr behoben werden konnten, und auch die Optik entsprach nicht den heutigen Anforderungen. Besonders gravierend trat dies bei der Bearbeitung mykologischer Proben zu Tage: Für publizierbare Fotos bei höheren Ver-

größerungen mussten wir auf Mikroskope in Graz oder Wien ausweichen. Da allein die Bearbeitung von Mikropilzen die Hälfte der wöchentlichen Nutzungszeit ausmacht, strebten wir die Anschaffung eines neuen Mikroskops mit besserer optischer Ausstattung, moderner Fotoeinrichtung, einem zusätzlichen Kontrastverfahren (Interferenzkontrast nach Nomarski) und einem Auflicht-Fluoreszenzmodul zur verbesserten Diagnose von Gewebeschnitten an.

Aufgrund finanzieller Engpässe beschlossen wir, im Jahr 2002 nur die Grundmodule eines Lichtmikroskops unter den Voraussetzungen anzuschaffen, dass ein bereits voll funktionsfähiges Instrument zur Verfügung stehen muss und bei den geplanten Nachrüstungen keine Teile nutzlos werden dürfen. Die fehlenden Module sollten dann 2003 und 2004 eingekauft werden. Alle renommierten Firmen (Leitz, Nikon, Olympus und Zeiss) legten Angebote vor, die den Anforderungen entsprachen. Sie unterschieden sich jedoch deutlich in der Preisgestaltung und der angebotenen Ausstattung. Wir entschieden uns schließlich für ein Mikroskop aus der Serie BX51 von Olympus. Mehrmaliges, freundliches Entgegenkommen der Firma Olympus und eine großzügige Spende von Herrn Mag. Klaus Krainer (Arge NATURSCHUTZ) ermöglichten bereits 2003 die Komplettierung.

So freuen wir uns, das erste eigene Forschungsmikroskop (Abb. 4) des Kärntner Botanikzentrums kurz vorzustellen.

Der prinzipielle Aufbau ist bei aufrechten Durchlichtmikroskopen annähernd identisch und kann, stark vereinfacht, wie folgt skizziert werden (genauere Darstellungen z. B. bei Patzelt 1950, Michel 1964, Beyer 1973, Gerlach 1985, Nachtigall 1994): Eine im Mikroskopfuß ein- oder angebaute Halogenlampe sendet Lichtstrahlen durch die sich ebenfalls im Mikroskopfuß befindende Kollektorlinse (Sammel linse), von wo aus sie gebündelt zum Kondensator und weiter zum Präparat geleitet werden. Der Kondensator, dessen Aufgabe die optimale Einstellung von Bildkontrast und Auflösung ist, besteht aus einer Irisblende und einem Linsensystem. Unmittelbar darüber befindet sich der Objektisch mit dem zu untersuchenden, mehr oder weniger durchsichtigen Präparat. Licht, welches das Präparat durchstrahlt, gelangt in das Objektiv, das – je nach Bauart – ein mehr oder weniger stark vergrößertes Zwischenbild erzeugt. Dieses Zwischenbild wird, nochmals vergrößert, durch das Okular betrachtet. Um zwischen den verschiedenen Vergrößerungen wechseln zu können, besitzen Mikroskope in der Regel einen drehbaren Objektivrevolver, der in unserem Fall mit sieben Bohrungen zur Aufnahme von Objektiven versehen ist (Abb. 5h). Bei den heute üblichen Mikroskopen handelt es sich um modular aufgebaute Systeme, die eine Erweiterung und oft auch den Anbau weiterer Module ermöglichen. Das Forschungsmikroskop des Kärntner Botanikzentrums

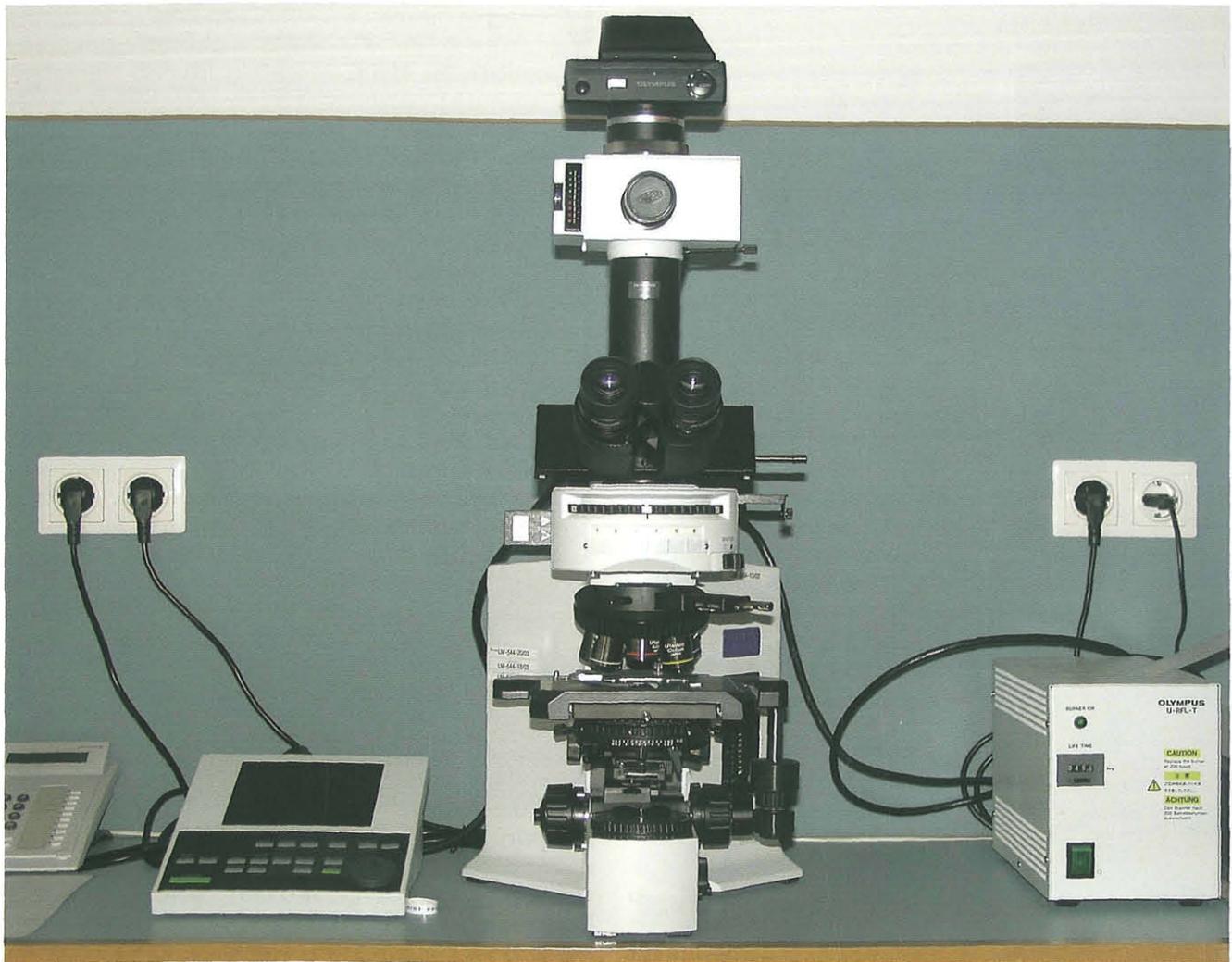


Abb. 4: Forschungsmikroskop BX51 der Firma Olympus. Das abgebildete Mikroskop des Kärntner Botanikzentrums ist zusätzlich mit einer hervorragenden Fotoeinrichtung (links das Steuergerät), Interferenzkontrast und Auflicht-Fluoreszenz (rechts der Transformator zur Versorgung der Quecksilber-Kurzbogenlampe) ausgestattet. Aufn. R. K. Eberwein

besteht aus mehreren Modulen, die Untersuchungen mit verschiedenen Verfahren ermöglichen.

Hellfeld-Mikroskopie

Die Hellfeld-Mikroskopie ist das klassische Mikroskopie-Verfahren. Beim Durchstrahlen des Präparats mit Licht werden, abhängig von der Struktur des Objekts, bestimmte Anteile des sichtbaren Lichtspektrums absorbiert und damit deren Helligkeit verringert. Objekte mit natürlichen Pigmenten oder künstlich gefärbte Präparate, z. B. die anatomischen Schnitte in Abb. 5a–g, liefern kontrastreiche Abbildungen.

Die Hellfeld-Mikroskopie setzen wir für alle anatomischen und morphologischen Untersuchungen sowie für Bestimmungsarbeiten bei Blütenpflanzen, Flechten und Pilzen ein. Dieses weite Verwendungsspektrum erfordert aber auch eine dementsprechend angepasste optische Ausstattung: Objektive mit niedriger Ver-

größerung für anatomische Schnitte und morphologische Präparate, Objektive mit mittlerer Vergrößerung für histologische Präparate und Objektive mit hoher bis sehr hoher Vergrößerung für mykologische Arbeiten und zur Sporenbestimmung. Neue Linsen-Entwicklungen erlauben uns nun, alle Objektive bei gleicher Arbeitshöhe und ohne das bisher notwendige Ausbauen des Kondensors bei niedrigen Vergrößerungen zu verwenden. Abb. 5a–g zeigen den nun möglichen Vergrößerungsbereich, der durch Objektive der höchsten Qualitätsklasse mit den Vergrößerungen 1,25x, 2x, 4x, 10x, 40x, 60x und 100x erreicht wird.

Differenzieller Interferenzkontrast nach Nomarski

Bei ungefärbten, durchsichtigen Objekten stößt die Hellfeld-Mikroskopie rasch an ihre Grenzen. Pilzhyphe, Einzeller und auch viele Sporen werden oft extrem kontrastarm abgebildet. Zur Behebung dieses

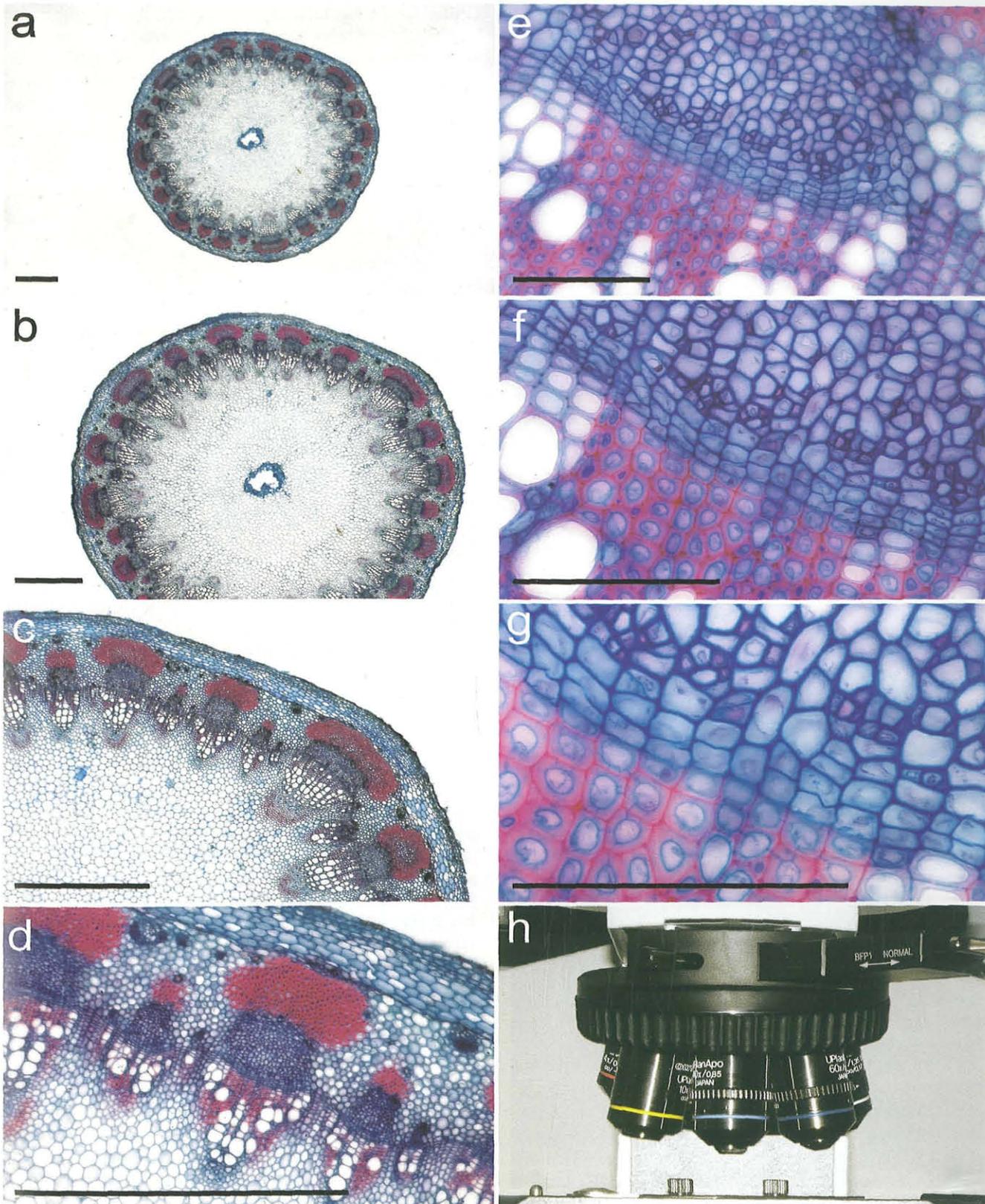


Abb. 5a–g: Mit Safranin und Astrablau gefärbtes Querschnittspräparat eines Stängels von *Centaurea scabiosa*. Aufnahmen mit den Objektiven: a) PlanApo 1,25x, b) PlanApo 2x, c) UPlanApo 4x, d) UPlanApo 10x, e) UPlanApo 40x (trocken, mit Deckglasdickenkorrektur), f) UPlanApo 60x (trocken, mit Deckglasdickenkorrektur) und g) UPlanApo 100x (Ölimmersion und Irisblende). Balken: a–d 1 mm; e–g 0,1 mm. b) Objektivrevolver: Sichtbar sind die Objektive 4x bis 100x, die Objektive 1,25x und 2x sind verdeckt. Aufn. R. K. Eberwein

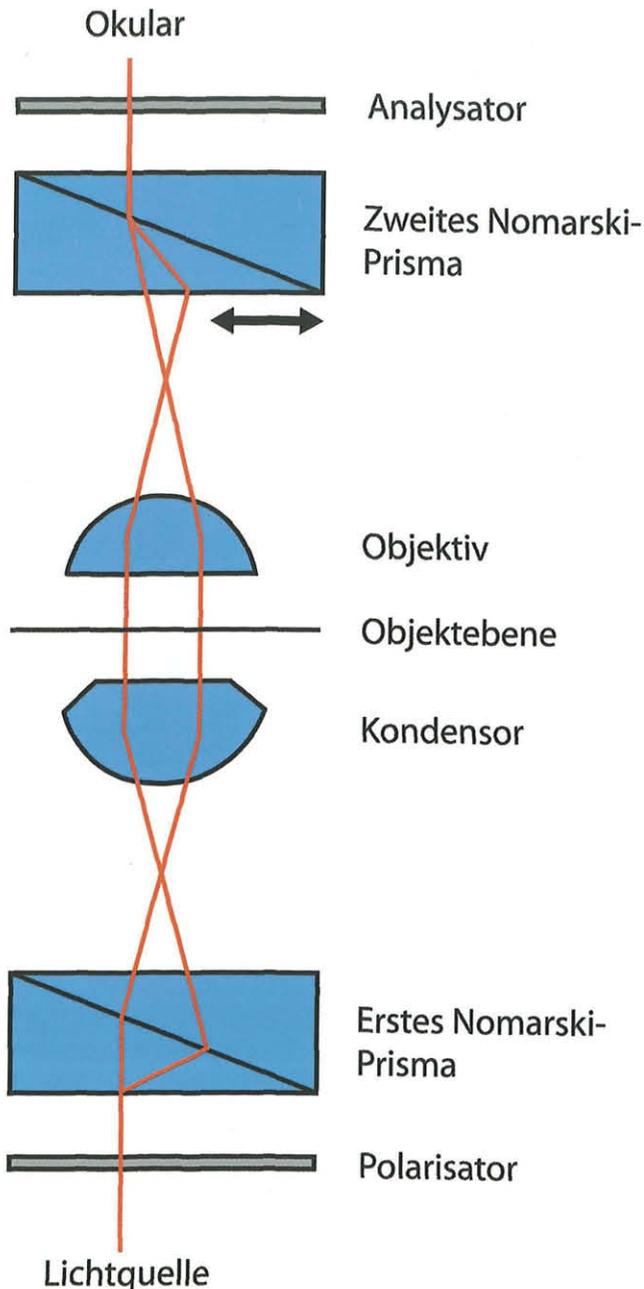


Abb. 6: Stark vereinfachte, schematische Darstellung des Strahlengangs bei Verwendung des Differenziellen Interferenzkontrasts nach Nomarski. Erläuterungen im Text. Skizze: R. K. Eberwein

Mangels wurden Verfahren zur Kontraststeigerung entwickelt, deren bekannteste der Phasenkontrast und der Interferenzkontrast sind. Aufgrund unseres Einsatzbereiches entschieden wir uns für den Differenziellen Interferenzkontrast nach Georges Nomarski. Die theoretischen Grundlagen zum Verständnis des Differenziellen Interferenzkontrasts sind sehr komplex (siehe Beyer 1974). Hier soll nur eine verkürzte und sehr stark vereinfachte Darstellung die wichtigsten Vorgänge illustrieren (siehe Abb. 6): Das Mikroskopierlicht durchläuft zunächst ein Polarisationsfilter

(Polarisator), das Lichtwellen erzeugt, welche nur mehr in einer Ebene schwingen. Dieses nun polarisierte Licht trifft auf ein spezielles Prisma (erstes Nomarski-Prisma), welches aus zwei miteinander verkitteten „keilförmigen“ Teilen besteht. Die auf das Prisma auftreffende Licht-Wellenfront wird nun in zwei Wellenzüge mit senkrecht zueinander orientierten Schwingungsebenen aufgespalten. Zusätzlich erzeugt das Nomarski-Prisma (durch die schräge Kittfläche) einen Gangunterschied zwischen den beiden Wellenzügen. Der nachfolgende Kondensator richtet die beiden Wellenzüge parallel zueinander aus. Sie passieren das Objekt in einem kleinen, unterhalb der Auflösungsgrenze des Mikroskops liegenden Abstand. Die beiden Wellenzüge werden durch ein zweites Nomarski-Prisma wieder zusammengeführt. Dieses Prisma ist senkrecht zur optischen Achse verschiebbar. Dadurch kann der Gangunterschied zwischen den beiden Wellenzügen stufenlos verändert werden. Das Licht durchläuft danach ein zweites Polfilter (Analysator), das in gekreuzter Stellung zum Polarisator orientiert ist. Nach dem Passieren des Analysators kommt es durch den Gangunterschied der zusammengeführten Wellenzüge zu Interferenzerscheinungen. Dieser Gangunterschied ist nicht nur durch die Nomarski-Prismen bedingt (Helligkeit und Farbe des Bildhintergrundes sind durch Verschieben des oberen Prismas variierbar), sondern durch das Präparat selbst, da die beiden getrennten Wellenzüge im Objekt Stellen mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften durchlaufen (reliefartiger Bildkontrast durch Veränderung des Basisgangunterschieds, der durch das erste Nomarski-Prisma erzeugt wird).

Wir verwenden den Differenziellen Interferenzkontrast für alle Untersuchungen von durchsichtigen, schwach kontrastierten Objekten wie z. B. Sporen, Pilzhyphen und Einzellern (v. a. Algen). Besonders naturnah empfundene Ergebnisse lassen sich bei der Fotodokumentation von Algen erzielen, da durch das verschiebbare, zweite Nomarski-Prisma der Gangunterschied so eingestellt werden kann, dass der Hintergrund blau erscheint (Abb. 7).

Polarisationsmikroskopie

Da für den Differenziellen Interferenzkontrast zwei Polfilter notwendig sind und wir beide Filter in drehbarer Ausführung erhalten haben, ergibt sich ein angenehmer Nebeneffekt: Entfernt man die beiden Nomarski-Prismen aus dem Strahlengang, kann in stark eingeschränkter Weise auch Polarisationsmikroskopie betrieben werden. In unseren Arbeitsbereichen treffen wir innerhalb von Zellen z. B. immer wieder auf Kristalle, die sich im Hellfeld schlecht darstellen lassen (Abb. 8a). Die Schwingungsebene von polarisiertem Licht wird beim Durchdringen bestimmter Substanzen (nicht nur bei Kristallen) verdreht. Steht nun der Analysator in Kreuzstellung, sperrt er jegliches direkt vom Polarisator kommende Licht. Nur jene Anteile des

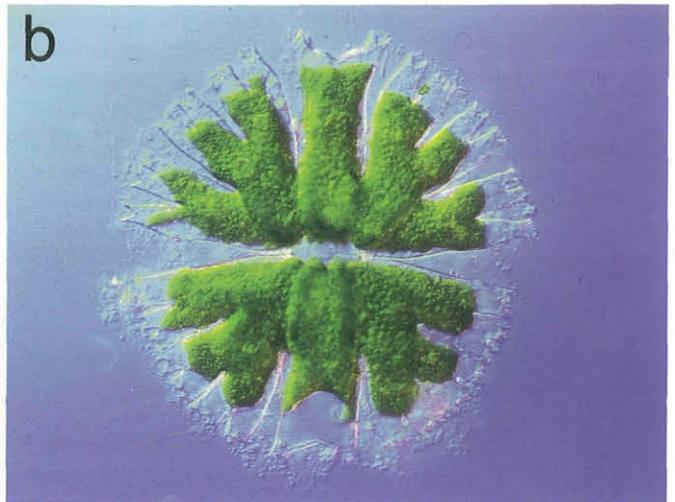
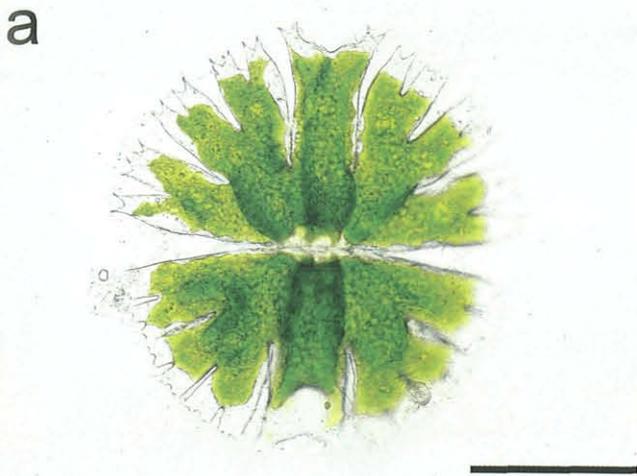


Abb. 7: Eine Zieralge der Gattung *Micrasterias* im Hellfeld (a) und zum Vergleich mit dem Differenziellen Interferenzkontrast nach Nomarski (b) dargestellt. Am reliefartigen Bild auf blauem Hintergrund ist sogar der Zellkern im Zentrum zu erkennen – bei der Aufnahme im Hellfeld ist er nicht zu sehen. Balken: 0,1 mm. Aufn. R. K. Eberwein

Lichts mit verdrehter Schwingungsebene können teilweise oder ganz den Analysator passieren. Man erhält ein helles Bild polarisationsoptisch aktiver Substanzen auf dunklem Hintergrund (Abb. 8b). Mit unserer Ausstattung können wir allerdings keine Drehwinkel messen und damit auch keine Analysen durchführen. Da dies in unseren Arbeitsbereichen nicht notwendig ist, werden wir das Mikroskop in dieser Hinsicht auch nicht ergänzen.

Auflicht-Fluoreszenz

Viele organische Stoffe reagieren bei Bestrahlung mit kurzwelligem, für das menschliche Auge nicht sichtbarem UV-Licht mit der Abgabe von sichtbarem Licht. Dieses Phänomen, Autofluoreszenz genannt, wird in der Fluoreszenzmikroskopie genutzt und oft durch die Verwendung von speziellen Farbstoffen ergänzt (z. B. Abramowitz 1993). Für die Auflicht-Fluoreszenzmikroskopie benötigt man eine sehr helle Lichtquelle mit hohem UV-Anteil, spezielle Filter und einen auf die Filterkombination abgestimmten Strahlteiler (Abb. 9). Zudem müssen auch die Objektive für die Verwendung von kurzwelligem Licht konstruiert sein. Wir verwenden als Lichtquelle eine Quecksilber-Kurzbogenlampe, deren Licht auf ein Anregungsfilter trifft. Dieses Filter lässt nur jenen Teil des kurzwelligen Lichtspektrums passieren, der für die Fluoreszenzanregung benötigt wird. Das kurzwellige Anregungslicht trifft auf einen Strahlteiler, der das Licht durch das Objektiv, welches als Kondensator fungiert und den Strahl bündelt, auf das Präparat reflektiert. Vom Präparat wird längerwelliges (sichtbares) Fluoreszenzlicht in das Objektiv emittiert und zum Strahlteiler weitergeleitet. Der Strahlteiler reflektiert Anteile des Anregungslichts zur Lichtquelle, längerwelliges Fluoreszenzlicht passiert jedoch den Strahlteiler und trifft

auf das Sperrfilter. Dieses Filter eliminiert letzte Reste des für das menschliche Auge extrem schädlichen Anregungslichts. Nur das Fluoreszenzlicht nimmt an der Bildentstehung teil. Das Präparat erscheint in der

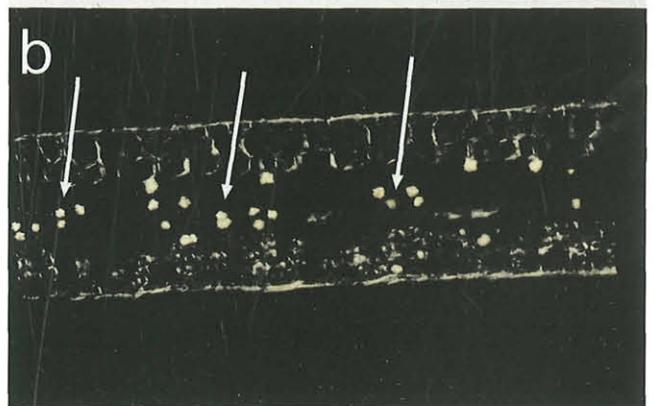


Abb. 8: Querschnitt durch ein Blatt von *Schefflera actinophylla* mit Kristallen im Gewebe. a) Im Hellfeld sind die Kristalle kaum zu sehen (Pfeile). b) Bei Betrachtung mit gekreuzten Polfiltern erscheinen die Kristalle hell (Pfeile) auf dunklem Hintergrund. Balken: 0,5 mm. Aufn. R. K. Eberwein

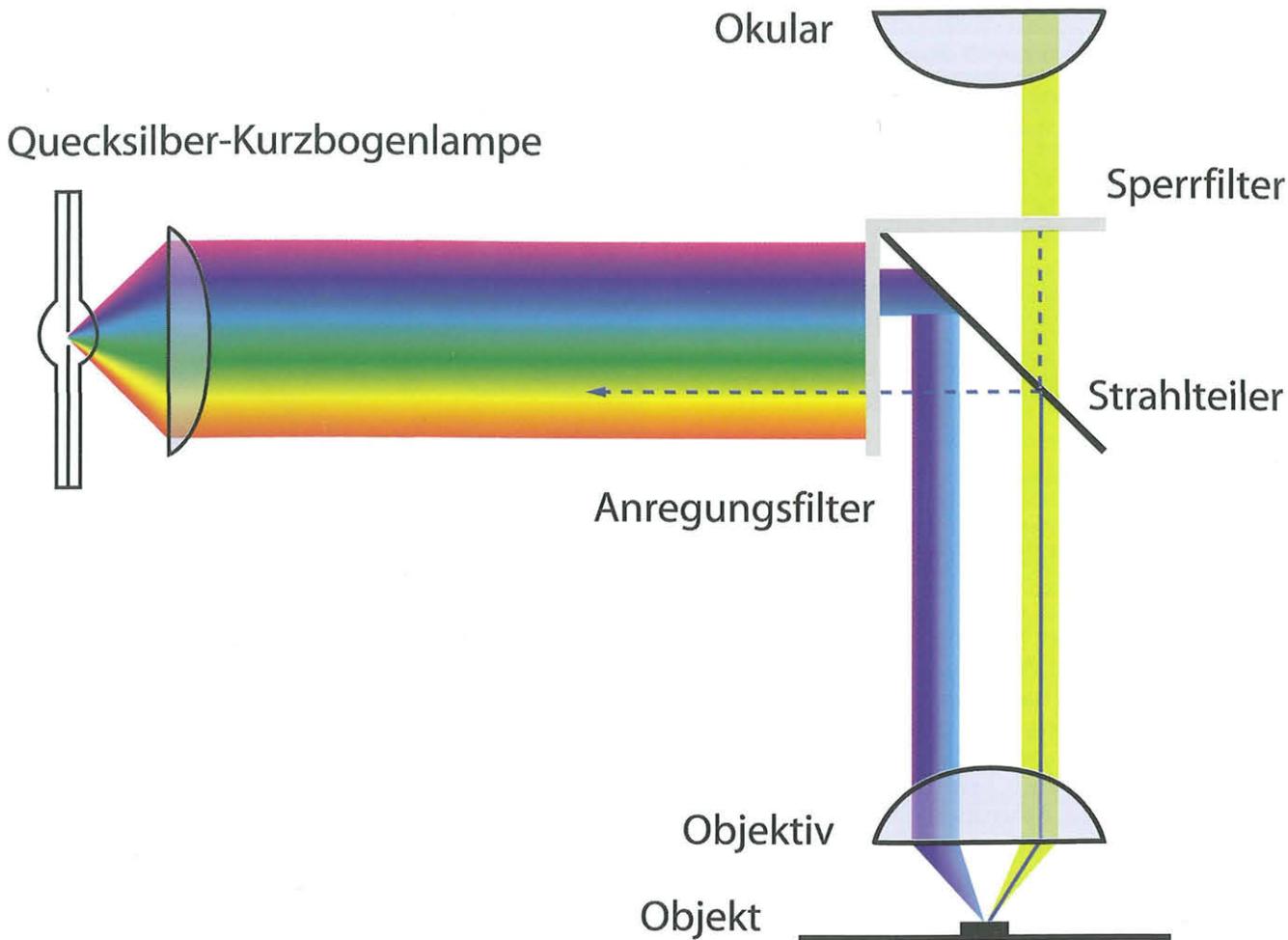


Abb. 9: Stark vereinfachte, schematische Darstellung des Strahlengangs bei Aufsicht-Fluoreszenz. Erläuterungen im Text. Skizze R. K. Eberwein

Farbe des Fluoreszenzlichts auf dunklem Hintergrund (Abb. 10).

Wir verwenden die Fluoreszenzmikroskopie häufig, um verholzte und verkorkte Zellen sowie die Cuticula darzustellen. Färbemethoden zur Unterscheidung verschiedener Gewebe sind in der Regel sehr zeitaufwändig; sämtliche Verfahren zur Herstellung von gefärbten Mikrotomschnitten können wir in Ermangelung der dazu nötigen Gerätschaften gar nicht durchführen. Die Ausstattung des Fluoreszenzmoduls mit Filterblöcken zur UV-, Blau- und Grünlichtanregung ist für ein breites Anwendungsspektrum ausgelegt und ermöglicht uns nun, einige Routinarbeiten (z. B. müssen zur Bestimmung der Schwengel-Arten die Gefäßbündel der Blätter untersucht werden) sehr präzise und vor allem Zeit sparend durchzuführen.

Fotografie

Obwohl derzeit der Trend in Richtung digitale Fotografie geht, haben uns ungeklärte Fragen in Bezug auf die dauerhafte Archivierung digitaler Fotos dazu bewegt, eine Fotoausrüstung für Kleinbild-Rollfilm

anzuschaffen. Sämtliche Techniken der klassischen Mikroskop-Fotografie sind so ausgereift (siehe Olympus Optical Co., Ltd., o. J.), dass digitale Mikroskop-Fotografie in unseren Anwendungsbereichen noch unterlegen ist. Die Firma Olympus bot uns ein Foto-Modul an, das sowohl in der Hellfeld-Mikroskopie als auch bei Interferenzkontrast, Polarisationsmikroskopie und Fluoreszenzmikroskopie erstklassige Aufnahmen liefert. Die Gerätesteuerung ist einfach und die Belichtungsmessung so präzise, dass auch weniger eingefleischte Mikroskop-Fotografen – ohne Reihenbelichtungen zu machen – auf Anhieb publizierfähige Bilder erhalten. Besonders hervorzuheben ist ein Modul zur Messung der Farbtemperatur des Lichts. Dadurch lässt sich die Lampenspannung beim Hellfeld-Mikroskopieren so einstellen, dass beim Fotografieren mit Farbfilm der Hintergrund kaum einen Farbstich aufweist. Die Konstruktionsweise des Mikroskops und die Verwendung erstklassiger optischer Bauteile ergeben brillante Bilder und erlauben, selbst in der Fluoreszenzmikroskopie, die Verwendung von hoch auflösenden Filmen (z. B. Farbdiafilme mit 50 oder 100 ASA).

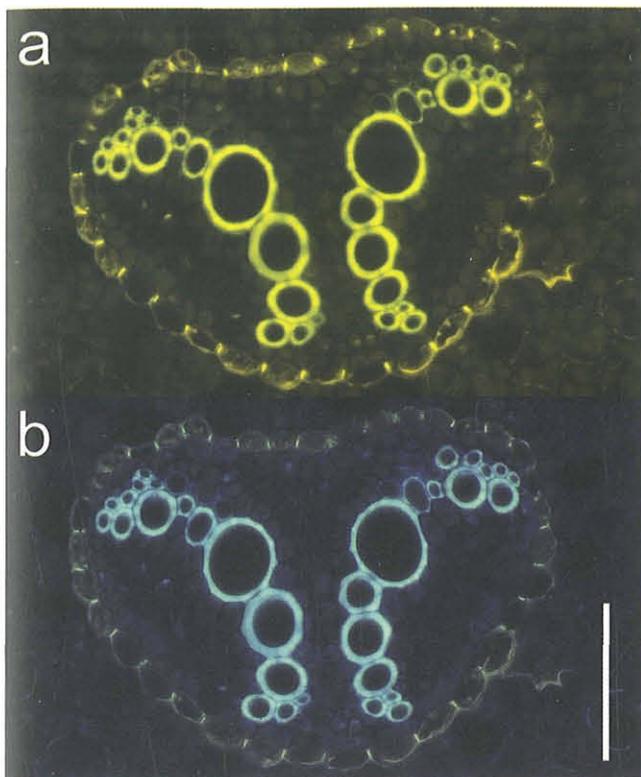


Abb. 10: Schnitt durch einen Blattstiel des Kleefarns *Marsilea quadrifolia*. Autofluoreszenzaufnahmen mit verschiedenen Anregungsfiltern: a) Blaulicht, b) UV. Die verholzten Zellwände der Leitgefäße leuchten gelb bzw. hellblau. Die Leitgefäße werden von einer im Gewebe liegenden Zellreihe umschlossen, der Endodermis. Deren Zellwände sind kaum verholzt, sondern mit einer Kork-Substanz versehen. Im Blaulicht leuchten die verkorkten Wände gelb, gleich wie die verholzten. Bei Anregung mit UV-Licht emittiert Kork jedoch Licht, dessen Farbe vom Hellblau der verholzten Zellwände etwas abweicht und damit eine Unterscheidung ermöglicht. Balken: 0,1 mm. Aufn. R. K. Eberwein

Literatur

Abramowitz, M. (1993): Fluorescence microscopy: the essentials. – Olympus America Inc., Melville NY.

Behrens, W. (1883): Hilfsbuch zur Ausführung mikroskopischer Untersuchungen im botanischen Laboratorium. – Harald Bruhn, Braunschweig.

Beyer, H. [ed.] (1973): Handbuch der Mikroskopie. – VEB Verlag Technik, Berlin.

Beyer, H. (1974): Theorie und Praxis der Interferenzmikroskopie. – Akad. Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.G., Leipzig.

Gerlach, D. (1985): Das Lichtmikroskop: Eine Einführung in Funktion, Handhabung und Spezialverfahren für Mediziner und Biologen. – Georg Thieme, Stuttgart.

Grew, N. (1682): The Anatomy of Plants with an Idea of a Philosophical History of Plants. [2nd ed.] – W. Rawlins, London.

Kahl, H. (2004): Mikroskop-Museum; Geschichte. – <http://www.mikroskop-museum.de/>

Michel, K. (1964): Die Grundzüge der Theorie des Mikroskops in elementarer Darstellung. – Wiss. Verlagsges., Stuttgart.

Nachtigall, W. (1994): Mikroskopieren. Geräte, Objekte, Praxis. – BLV Verlagsgesellschaft, München/Wien/Zürich.

Olympus Optical Co., Ltd. [Hrsg.] (o. J.): How to improve photography through the microscope. – Eigenverlag, Tokyo.

Patzelt, V. (1950): Das Mikroskop und seine Nebenapparate im Dienst der Naturwissenschaften, Medizin und Technik. – Georg Fromme & Co., Wien.

Sachs, J. (1875): Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860. – R. Oldenbourg, München.

Anschrift des Verfassers

Mag. Dr. Roland Karl Eberwein
Kärntner Botanikzentrum
Prof.-Dr.-Kahler-Platz 1
9020 Klagenfurt
roland.eberwein@landesmuseum-ktn.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Rudolfinum- Jahrbuch des Landesmuseums für Kärnten](#)

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: [2003](#)

Autor(en)/Author(s): Eberwein Roland Karl

Artikel/Article: [BX51 - der Einzug moderner Lichtmikroskopie ins Kärntner Botanikzentrum. 343-351](#)