

Neue Möglichkeiten der Pilzfotografie im Mikrobereich

Peter REIL, Hochheim 5, 78662 Bösing, p.reil@web.de

Das Fotografieren ist in den letzten Jahren deutlich einfacher geworden. Die Einführung der Digitaltechnik und guter Automatikprogramme ermöglichen es auch dem weniger mit der Fototechnik Bewanderten ordentliche Bilder zu machen. Dementsprechend weit verbreitet sind auch kompakte Digitalkameras. In beinahe jedem Haushalt lässt sich eine solche Kamera finden.

Logischerweise sind auch viele Pilzfreunde auf eine digitale Kamera umgestiegen. Und einige haben bemerkt, dass sich damit nicht nur Fotos von Pilzfruchtkörpern machen lassen. Mit recht wenig Aufwand kann man auch mikroskopische Fotos herstellen.

Eine normale Kompaktkamera ist zudem für diese Zwecke am Mikroskop deutlich einfacher zu handhaben als eine Spiegelreflex. Deshalb möchte ich mich im Folgenden auf den Gebrauch von sogenannten Kompaktkameras beschränken.

1. Fotografieren durchs Okular

Die einfachste Lösung ist das freihändige Fotografieren durchs Okular. Das Kameraobjektiv wird möglichst nahe ans Okular gebracht, der Bildausschnitt im Kameradisplay kontrolliert und dann ausgelöst. Im Idealfall lässt sich durch Zoomen der Bildausschnitt korrekt einstellen. Die Bilder sind bei kurzen Belichtungszeiten (1/60 Sekunde oder kürzer) auch frei von Verwacklungen. Das ist schon alles und Sie werden staunen, wie leicht sich auf diese primitive Weise Bilder anfertigen lassen.

2. Auswahl einer geeigneten Kamera

Prinzipiell sollte fast jede Digitalkamera geeignet sein. Doch nicht jede Kamera ist in der Lage, tatsächlich das vom Auge durchs Okular Wahrgenommene korrekt abzubilden. Schließlich sind sie nicht in erster Linie für die Nutzung am Mikroskop konstruiert worden. Einige Kameras bringen einfach kein scharfes Bild zustande. Bei anderen sind nur Aufnahmen eines runden Lichtfleckes (alles andere bleibt schwarz) möglich oder es zeigen sich starke Randvignettierungen. Probieren Sie ihre bereits vorhandene Kamera aus, vielleicht haben Sie Glück.

Falls extra für die Mikrofotografie eine Kamera angeschafft werden soll, dann bleibt eigentlich nichts anderes übrig, als die Kamera auf die Verwendung am Mikroskop hin vorher auszuprobieren. In den Herstellerangaben oder der Gebrauchsanweisung werden sie nichts Brauchbares dazu finden. Ein seriöser Fotohändler wird Ihnen vielleicht ein Modell zum Austesten mitgeben, wenn Sie ihm erklären was Sie damit wollen.

Meine Aufnahmen mache ich fast ausschließlich mit einer CANON A520. Die Kamera hat 4 Megapixel, was für unsere Zwecke vollkommen ausreichend ist. Eine höhere Anzahl von Megapixeln anderer Kameramodelle bedeutet nicht zwangsläufig eine Verbesserung der Bildqualität, auch wenn uns das die Kamerawerbung gerne weismachen will. In wenigen Fällen, für die Adaption an meinem Reisemikroskop, nehme ich auch eine NIKON Coolpix 995. Auch wenn beide Modelle nicht mehr hergestellt werden, so sind sie für Mikrofotografie

grafie hervorragend geeignet und lassen sich unschwer – und dazu preisgünstig! – auf dem Gebrauchtmrkt besorgen.

Ein paar Vorteile der CANON A520 (gegenüber der Coolpix) müssen unbedingt genannt werden: Sie kann mit der von CANON mitgelieferten Software Zoombrowser EX direkt mit einem Computer verbunden und von dort sogar ausgelöst werden. Unter Windows XP steht dem Benutzer zusätzlich ein kleines Live-Vorschaubild zur Verfügung. Die Bildaufnahmen werden direkt auf dem Computer gespeichert und können gleich in voller Auflösung betrachtet werden. Dies sind nicht zu unterschätzende Vorteile bei der Bedienung, die ich nicht mehr missen möchte.

3. Feste Adaption einer Digitalen Kompaktkamera

Eine feste Adaption der Kamera am Mikroskop kann sehr sinnvoll sein. Bei längeren Belichtungszeiten wird die Gefahr des Verwackelns damit ausgeschlossen. Als Beispiel soll hier die Adaption der CANON A520 gezeigt werden. Sie gestaltet sich recht einfach. Man braucht dazu nur zwei zusätzliche Teile:

- Einen Filter-Adapter, der an einem Ende einen Bajonettanschluss besitzt. Er wird anstelle des abnehmbaren Kunststoffringes in die vorhandene Öffnung an der Kamera eingesetzt. An seinem vorderen Ende besitzt er ein Filtergewinde mit 52 mm. Der Filter-Adapter ist für ca. 6–20 Euro im Fotozubehör oder über ebay erhältlich.
- Der F-Adapter (klein), der in das vorhandene 52 mm Filtergewinde eingeschraubt wird. Er hat außen drei Rändelschrauben, mit deren Hilfe kann man anschließend die Kamera direkt mit einem Okular des Mikroskops fest verbinden und sauber zentrieren. Der F-Adapter wird wohl kaum beim Fotohändler aufzutreiben sein, kann z. B. aber recht leicht über ebay besorgt werden. Die Kosten hierfür belaufen sich auf ca. 30–40 Euro.

Damit sind Sie schon komplett ausgestattet und haben alles, was Sie für die weitere Mikrofotografie brauchen.

Der Anschluss der NIKON Coolpix 995 gestaltet sich ähnlich einfach. Sie benötigen den gleichen F-Adapter, dazu aber einen anderen Adapterring, einen von 28 auf 52 mm.



Abb. 1: Von links: Okular, F-Adapter, Filter-Adapter, Canon A520.

Mit diesem kann man den F-Adapter und die Kamera direkt über das vorhandene Gewinde am Objektiv der Kamera verschrauben.

Wer ein Mikroskop mit Trinotubus sein eigen nennt, wird die Adaption am Fotoausgang vornehmen und die Kamera dort adaptieren. Dies ist sehr bequem, da man gleichzeitig mit beiden Augen das Mikrobild sehen und, quasi nebenher, fotografieren kann. Bei der Adaption der CANON A520 an den Fotoausgang meines OLYMPUS BH2 wurde ein normales WHK 10X/20 Weitfeld-Okular in den Trinotubus gesteckt und die Adaption mithilfe des F-Adapters wie oben beschrieben vorgenommen. Um Parfokalität (gleichzeitige Scharfstellung) zwischen den Okularen des Binokulars und der Kamera am Fotoausgang zu erreichen, wurde das „Fotookular“ zuvor außen mechanisch bearbeitet. Das am Rand des Okulars vorhandene Gewinde wurde komplett abgefeilt, damit das Okular etwas tiefer in den Tubus rutschen konnte. Für diese Handarbeit wird außer einer Feile und etwas Arbeitszeit nichts benötigt. Das Abfeilen geschieht, mit der nötigen Sorgfalt, ohne Schraubstock oder ähnlichem einfach in der Hand. Für einen versierten Heimwerker stellt das kein Problem dar.

„Meine“ Adaption benutze ich erfolgreich bereits seit einigen Jahren und die Kamera verbleibt dabei immer an Ort und Stelle.

Die Adaption einer Spiegelreflexkamera ist grundsätzlich auch möglich, aber ungleich aufwendiger und deutlich kostspieliger. Interessierte seien auf den Artikel von PIPER (2009b) verwiesen. Viele interessante und qualifizierte Hinweise findet man dazu auch in den Beiträgen des Mikroskopie-Forums im Internet.

4. Das Stacken

Ein bedeutender Nachteil der Mikrofotografie ist, dass man nur eine Schärfentiefebene aufnehmen kann. Von Bedeutung ist dies zum Beispiel beim Fotografieren von ornamentierten Sporen. Entweder kann man bei einer Spore nur den Rand scharf sehen oder Teile der Oberfläche. Eine gleichzeitige Schärfe der ganzen Spore ist nicht sichtbar. Deshalb spielen versierte Mikroskopiker beim Betrachten ständig am Feintrieb hin und her.

Und hier kommt das sogenannte Stacken zum Einsatz. Stacken bedeutet, dass man zunächst verschiedene Bildebenen fotografiert. Diese werden mit Hilfe eines Bildbearbeitungsprogramms übereinandergelegt und das Programm berechnet dann aus den scharfen Bildanteilen ein neues, möglichst überall scharfes Bild. Damit werden dann alle vorher scharfen Ebenen in einem einzigen Bild sichtbar.

In unserem Beispiel sollen die Sporen der Teertrüffel *Tuber mesentericum* (Größe ca. 30–40 × 24–30 µm) dargestellt werden. Diese wurden mit Baumwollblau gefärbt, damit die Ornamente besser zur Geltung kommen. Zunächst nehmen wir mehrere Bilder in verschiedenen Ebenen auf. Dabei wird zwischen den einzelnen Bildaufnahmen lediglich der Objektisch mit dem Feintrieb immer um den Bruchteil einer Drehung nach oben (oder unten) bewegt. Dies sollte möglichst gleichmäßig geschehen, Markierungen am Feintrieb können dafür eine große Hilfe sein. Hier wurden acht Bilder (Abb. 2) des gleichen Objekts in unterschiedlichen Schärfenebenen aufgenommen.

Diese acht Bilder werden einem Stackingprogramm zugeführt und von diesem zu einem Bild verrechnet. Nun sind die Ornamente auf Fläche und Rand gleichzeitig sichtbar. Eigentlich macht das Programm genau das Gleiche wie jemand, der Sporen zeichnet. Aus verschiedenen realen mikroskopischen Bildern wird ein neues zusammengesetzt. Das Ergebnis können wir in Abb. 3 sehen. In unserem Beispiel wurde das Programm Combine zum Stacken benutzt.

Selbstverständlich lassen sich auch deutlich mehr Aufnahmen fertigen und dann vom Programm verarbeiten. Die Bedienung der Stacking-Programme erfordert etwas Einge-

wöhnung und ein wenig Fingerspitzengefühl beim Benutzer. Nicht zufriedenstellende Ergebnisse lassen sich meist durch Einstellen der vielfältigen Parameter deutlich verbessern. Voraussetzung der ganzen Prozedur sind immer gute Präparation der Objekte und saubere Aufnahmen. Ein schnelles Abfotografieren schlechter Präparate und hoffen auf „die Software wird's schon richten“ ist zum Scheitern verurteilt. Aber mit Geduld und Übung wird man immer bessere Resultate erzielen können.

Welches Programm man zum Stacken benutzt ist prinzipiell egal. Jeder Anwender hat hier seinen Favoriten. Je nach Anwendung kann mal das eine, mal das andere, bessere Resultate liefern. Persönlich benutze ich picolay am häufigsten. Es hat nur sehr geringen Speicherbedarf, lässt sich nach Einarbeitung gut bedienen und ist trotzdem vielfältig. Einige der zusätzlichen Möglichkeiten des Programms habe ich bisher noch gar nicht benutzt.

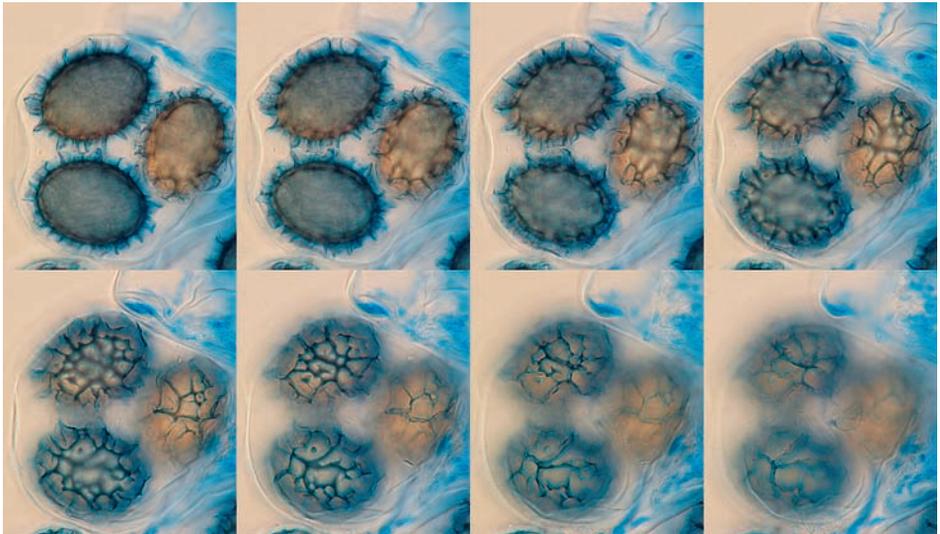


Abb. 2: Acht unterschiedliche Aufnahmen der Sporen von *Tuber mesentericum*.

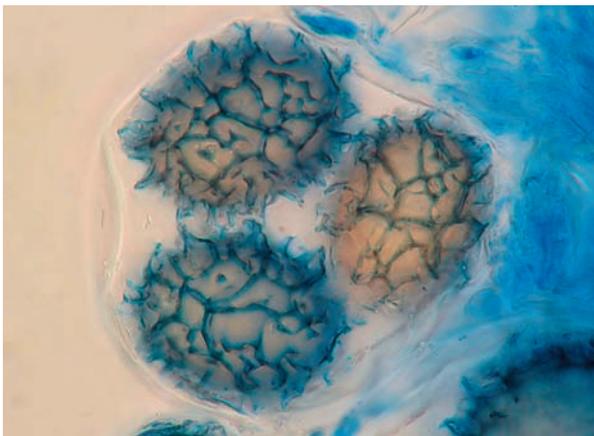


Abb. 3: Fertiges gestacktes Bild.

5. 3D-Bilder „Schieltechnik“

Viele Bildverarbeitungsprogramme bieten zusätzlich ein Schmankerl, das man unbedingt ausprobieren sollte. Mit dem Mikroskop können wir immer nur zweidimensionale Bilder sehen (Ausnahme Stereolupe). Einige Programme sind aber in der Lage, aus vorhandenen Bilderstapeln dreidimensionale Bilder zu fertigen. Vom gestackten Bild bis zum 3D-Bild sind es nur wenige Mausklicks. Dabei wird für das linke und das rechte Auge jeweils ein eigenes Bild erstellt.

Zwei nebeneinanderliegende Bilder (siehe Abb. 4, Sporen der Perigord-Trüffel, erstellt mit picolay) werden betrachtet und unser Gehirn kombiniert daraus ein einziges Bild, das wir dann dreidimensional wahrnehmen. Ich muss zugeben, dass dies beim Betrachter etwas Übung erfordert, aber für die Wahrnehmung des Effekts lohnt sich dies allemal. Dazu gibt es zwei unterschiedliche Möglichkeiten:

Oberes Bildpaar – Kreuzblick: Die beiden Augen schielen auf einen Punkt vor der Bildebene. Am einfachsten ist es, die Bilder mit einem Abstand von ca. 30-40 cm zu betrachten. Zwischen Nase und Bildern einen Finger hochhalten, mit den Augen fixieren und dann den Finger langsam vor oder zurück bewegen. Im Hintergrund entstehen 3 Bilder. Das mittlere erscheint plastisch. Dann Finger wegnehmen und das mittlere Bild betrachten.

Unteres Bildpaar – Parallelblick: Beide Augen schauen parallel in die Ferne. Die Bilder direkt an die Nase halten, dann die Zeitschrift langsam nach hinten bewegen. Die Augen bleiben parallel in die Ferne gerichtet. In einer bestimmten Entfernung entsteht auch hier ein plastisches Bild in der Mitte.

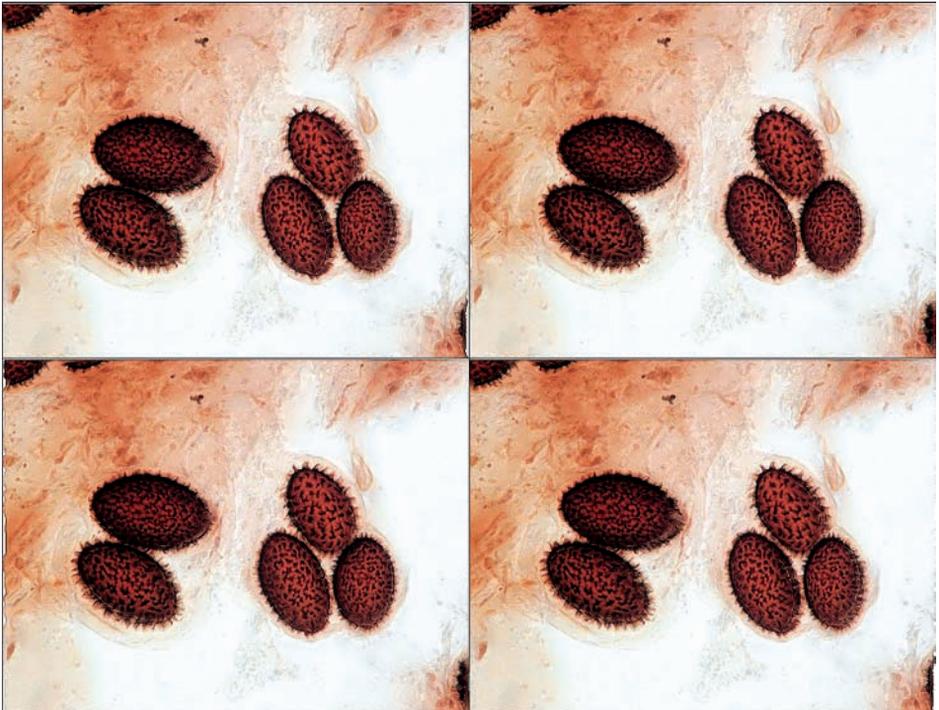


Abb. 4: Sporen von *Tuber melanosporum*, oben für Kreuzblick, unten für Parallelblick.

Nicht jeder ist in der Lage, beide Möglichkeiten durchzuführen. Menschen mit Augenfehlern werden Probleme haben, bei einigen ist dies überhaupt nicht möglich. Im Normalfall und mit Übung klappt das Wahrnehmen der dreidimensionalen Bilder sogar ohne Hilfsmittel und recht schnell. Weitere Hinweise dazu finden sich z. B. auch auf der Homepage von Picolay (www.picolay.de).

Das Faszinierende an der ganzen Sache ist, dass die Bilder echte Stereofotos darstellen. Sie sehen die eigentlich winzigen Sporen (ca. 30-40 x 20-26 µm) tatsächlich dreidimensional. Allein durchs Mikroskop betrachtet fehlt die Dimension der Tiefe. Mit Hilfe der Computersoftware ist man somit in der Lage dreidimensionale Einblicke im Mikrobereich zu erhalten.

6. 3D-Bilder Anaglyphentechnik

Wenn fertige Bilderstapel vorliegen, lassen sich daraus mit wenigen Mausklicks leicht dreidimensionale Bilder in Anaglyphentechnik erzeugen. Dies erfordert beim Betrachter dann kein „Verrenken der Augen“ mehr. Zum Anschauen braucht man dazu eine Anaglyphenbrille mit zwei verschiedenen Farbfolieneinsätzen (rot/cyan). Ein passender Betrachter liegt dieser Ausgabe der SPR bei.

Ohne Brille betrachtet sehen die folgenden Beispielbilder (Abb. 6–10) „verwaschen“ aus, erst mit 3D-Brille kann die Dreidimensionalität wahrgenommen werden.

Wenn man bedenkt, dass die abgebildeten Sporen in der Realität im Größenbereich von ca. 10–40 µm liegen, dann ist es um so erstaunlicher, dass man hier dreidimensionale Bilder erhält.

Eigene Wege bei der Fotografie kleiner Objekte entwickelte Guy MARSON. Er fotografiert Pilzfruchtkörper von Ascomyceten, deren Größe deutlich unter 1 mm liegt und die wir mit bloßem Auge lediglich als Krümel wahrnehmen können.

Dazu benutzt er kein Mikroskop sondern einfach nur seine Nikon Coolpix 4500, an die er, dank des 28 mm Objektivgewindes, diverse Objektive (von Video-Überwachungskameras) schrauben kann. Das Annähern der Pilze zur Kamera erfolgt über eine Mechanik (Eigenbau) und die Kamera kann in 2 Stellungen gekippt werden. Der Winkel, in dem die Stapel aufgenommen werden ist zudem einstellbar.

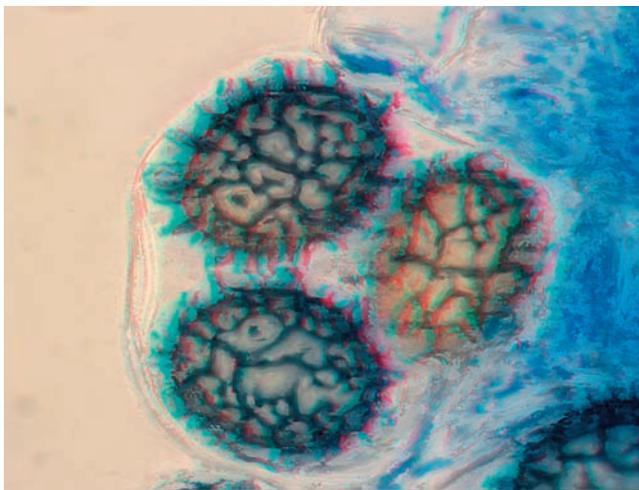


Abb. 5:
Anaglyphenbild der Sporen
von *Tuber mesentericum*.

Abb. 6:
Anaglyphenbild der Sporen eines Erlenmilchlings
Lactarius spec.

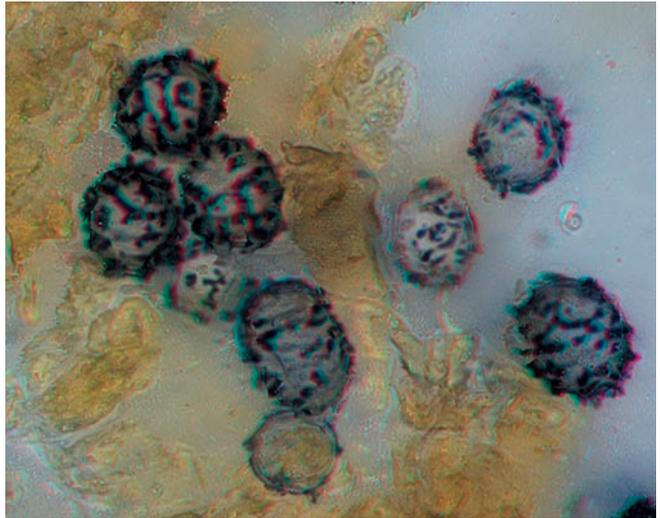
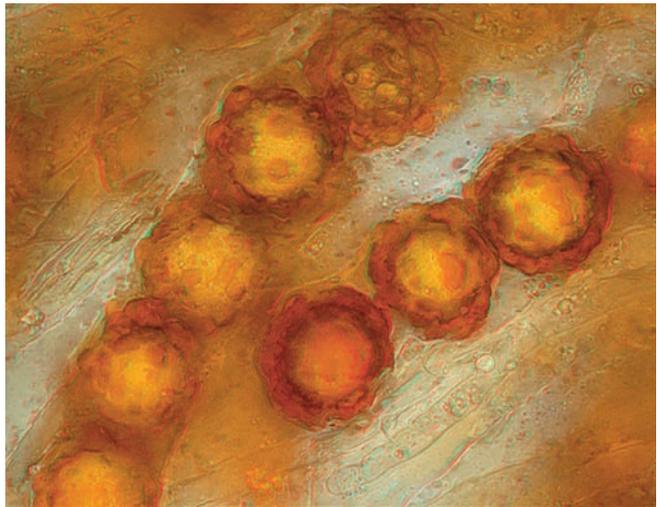


Abb. 7:
Anaglyphenbild der Sporen der Rotbraunen
Rasentrüffel *Hydnotrya*
tulasnei.



Durch die Kippmöglichkeit können zwei voneinander unabhängige Bilderstapel aufgenommen werden. Diese beiden Stapel werden von ihm anschließend mit CombineZP und Stereophotomaker weiter verarbeitet. So entstehen verblüffend scharfe und schöne Anaglyphenbilder von Pilzfruchtkörpern kleiner Ascomyceten.

Eigentlich wäre das Kippen der Kamera um zwei Bilderstapel zu erhalten sogar unnötig. Die Stackingprogramme haben kein Problem damit, auch aus lediglich einem Bilderstapel ein dreidimensionales Bild zu berechnen. Wir werden sehen, ob Guy MARSON zukünftig von seiner Technik abweichen wird.

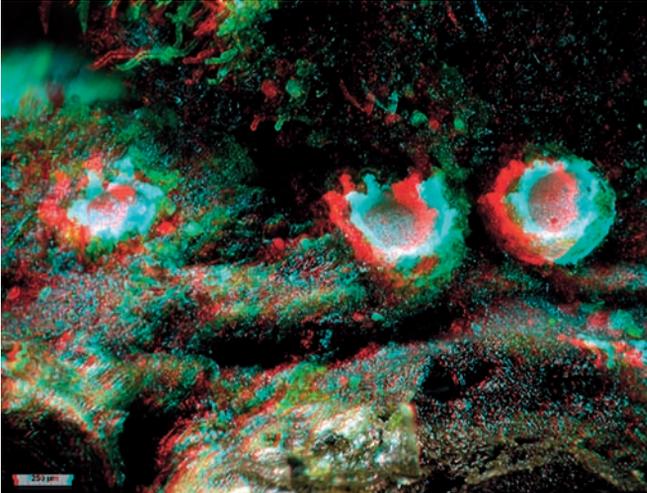


Abb. 8:
Cryptodiscus spec.
Foto Guy MARSON

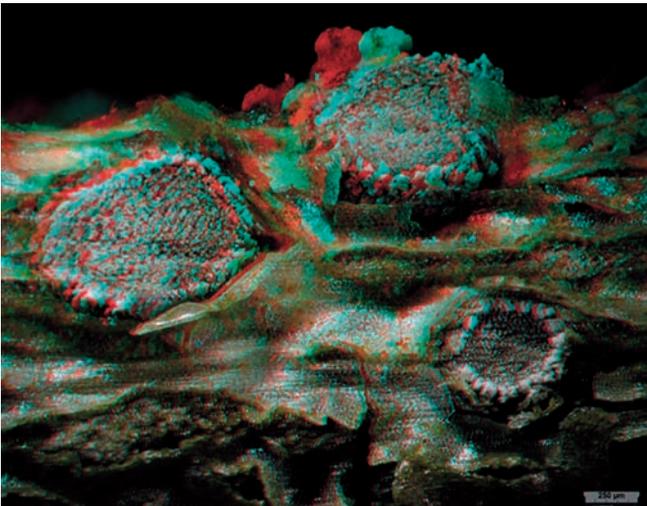


Abb. 9:
Schizoxylon spec.
Foto Guy MARSON

7. Probleme und Ausblicke

An dieser Stelle sollte darauf hingewiesen werden, dass gute Mikrofotos nur erstellt werden können, wenn der Fotograf auch die Mikroskopiertechniken beherrscht. Falsche Einstellungen von Beleuchtung, Blende und Schärfentiefe führen unweigerlich zu Misserfolgen.

Ebenso muss noch einmal betont werden, dass für die erfolgreiche Mikrofotografie ein gutes Mikropräparat vorliegen muss. Dies stellt eine unabdingbare Voraussetzung dar. Unsaubere Präparate ergeben niemals gute Mikrobilder. Was unser Gehirn beim direkten Betrachten durchs Okular einfach wegblendet (weil es uns z. B. nicht wichtig erscheint), stellt das Mikrofoto erbarmungslos dar.

Präparate in denen zu viel Material übereinander liegt, in denen sich Sporen bewegen oder wegschwimmen sind für die Fotografie unbrauchbar. Zuviel Flüssigkeit im Präparat kann leicht am Rande des Deckgläschens mit etwas Löschpapier abgezogen werden. Dadurch legt sich das Deckgläschen dichter an den Objektträger an.

Hervorragend geeignet sind gute Dauerpräparate in denen sich nichts mehr bewegen kann. Die Erstellung derselben ist allerdings eine Wissenschaft für sich.

Präparate mit markanten Strukturen sind geeigneter und erbringen auch bessere Bildergebnisse. Auf Färbungen mit mikroskopischen Reagenzien sollte nicht verzichtet werden. Gerade diese heben manche Strukturen deutlich besser hervor. Dies erleichtert auch die Arbeit mit dem Stackingprogramm.

Die digitale Technik ist sehr dem schnellen Wandel der Zeit unterworfen. Was gestern noch als hochmodern verkauft wurde gilt heute oft schon als „wertlos“. Meine sehr gut funktionierende Kameraadaption der CANON A520 mitsamt Computersteuerung geriet mit der notwendig gewordenen Anschaffung eines neuen Laptops ins Wanken. Das nun vorhandene Windows7 unterstützte die Fernsteuerfunktionen der Kamera nicht mehr. Die Firma CANON hatte kein Interesse, die Software entsprechend zu aktualisieren. Erst durch zusätzliche Installation eines virtuellen Computers mit Windows XP läuft jetzt alles wie vorher. Somit habe ich wieder „ein paar Jahre Ruhe“.

Jedes Jahr werden viele hundert neue Kameramodelle auf den Markt kommen. Jedoch werden wir Mikroskopiker weiterhin auf viel Ausprobieren angewiesen sein, da die Anwendung am Mikroskop für die Hersteller eine wenig lukrative Nische darstellt.

Selbstverständlich gibt es auf dem Markt auch spezielle Mikroskopkameras. Die mir bisher bekannt gewordenen qualitativ guten Modelle sind allerdings richtig teuer (mit Adaption im vierstelligen Bereich). Billige Einsteck-Modelle erreichen bisher nicht das Niveau der Kompaktkameras. Sie zeigen eigentlich immer unerfreuliche Vignettierungen und Farbverschiebungen.

Die 3D-Technik ist momentan stark auf dem Vormarsch. Zwischenzeitlich werden die ersten Monitore und Fernsehgeräte mit 3D-Funktion angeboten. Diese arbeiten nicht mehr mit der Rot-Grün-Technik, sondern mit Polfiltern oder der noch besseren Shuttertechnik. Sollten diese Techniken weitere Verbreitung erfahren, dann wird es sicher sehr bald die entsprechenden Stacking-3D-Computerprogramme geben. Auf eine Brille wird man auch da nicht verzichten können, aber der 3D-Effekt wird sich bestimmt noch einmal deutlich verbessern.

Es soll sogar eine brillenlose Möglichkeit des 3D-Erlebnisses auf den Markt kommen. Für die 3D-Betrachtung müssen ein bestimmter Abstand und ein entsprechender Blickwinkel zum Fernseher eingehalten werden (90 cm und 40 Grad bei einem 20 Zoll-Gerät). Dies dürfte doch ziemliche Hemmnisse für den Kauf darstellen.

8. Dank

Mein Dank gilt dem Mikroskopie-Forum und seinen Teilnehmern. Sie haben durch ihre Beiträge und die hervorragenden Mikrobilder das Interesse an dieser Technik bei mir erst geweckt. Speziell danke ich Herrn CYPIONKA, der jedermann sein Programm picolay unentgeltlich zum Herunterladen zur Verfügung stellt, und Guy MARSON, der mich mit Bildmaterial unterstützte.

9. Literatur/Hinweise

PIPER, Jörg (2007a): Technische Realisation digitaler Mikrofotografie mit handelsüblichen Consumer-Digitalkameras Teil 1: Allgemeine Aspekte, Verwendung von Kompakt- und Bridgekameras. MIKROKOSMOS **96**(2): 111-124.

PIPER, Jörg (2007b): Technische Realisation digitaler Mikrofotografie mit handelsüblichen Consumer-Digitalkameras Teil 2: Digitale Spiegelreflex-Kameras, Elektronenblitz-Fotografie, zukünftige Entwicklungen. MIKROKOSMOS 96(3): 173-182.

Combine: Hier gibt es zwei Versionen, CombineZP und CombineZM. Beide Versionen (in englisch) sind in Bedienung und Ergebnis ähnlich, aber nicht identisch. Ein Testen und der Vergleich bei verschiedenen Anwendungen lohnen sich. Die Programme gibt es kostenlos (Downloadlinks über google verfügbar)

HeliconFocus: Gutes, leicht zu bedienendes Stackingprogramm in deutscher Sprache. Kann für 30 Tage kostenlos getestet werden (www.heliconsoft.com), Vollversion ca. 150 €.

picolay: Kostenlos zum Herunterladen erhältliches Stackingprogramm (in englischer Sprache, Anleitung auch auf deutsch) von www.picolay.de. Der Erfinder des Programms, Herr CYPIONKA, entwickelt das Programm ständig weiter, so dass man immer wieder die aktuellste Version herunterladen kann.

Stereophotomaker: Dies ist ein kostenloses Bildbearbeitungsprogramm für stereoskopisches Bildmaterial (<http://stereo.jp.org/index.html>), das vielfältige Möglichkeiten eröffnet.

Mikroskopie-Forum: Auf www.mikroskopie.de findet sich ein lohnendes Forum, in dem immer wieder sehr hochwertige gestackte Fotos gezeigt werden. Auch Fragen zur Technik kommen zur Sprache und werden qualifiziert beantwortet. Unter **Mikro-Links** kann man zu den oben genannten Programmen gelangen.

Einladung zur Jahrestagung des Vereins der Pilzfreunde Stuttgart e.V. 2011

Freitag 29. Juli (Beginn 16 Uhr)
bis Sonntag 31. August (Ende 18 Uhr)
im Neubau der Hausensteinschule in 78132 Hornberg

Tagungsgebühr: 15.- Euro (Nichtmitglieder 30.- Euro)

Vorherige Anmeldung zwingend erforderlich, da Teilnehmerzahl begrenzt!

Die Veranstaltung ist von der DGfM als Fortbildungsveranstaltung für Pilzsachverständige^{DGfM} anerkannt. Die vollständige Teilnahme berechtigt zur Verlängerung des PSV-Ausweises.

**Verein der Pilzfreunde Stuttgart e.V., Danziger Straße 27, 73262 Reichenbach/Fils,
ernst.dittrich@t-online.de**